

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 398**

21 Número de solicitud: 201631142

51 Int. Cl.:

F16C 11/12 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

01.09.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.02.2017

71 Solicitantes:

**CONSORCI PER A LA CONSTRUCCIÓ,
EQUIPAMENT I EXPLOTACIÓ DEL LABORATORI
DE LLUM DE SINCROTRÓ (100.0%)**
Ctra. BP 1413 de Cerdanyola del Valles a Sant
Cugat del Valles, Km. 3,3
08290 CERDANYOLA DEL VALLES (Barcelona) ES

72 Inventor/es:

**COLLDEL RAM PEROLIU, Carles y
NICOLAS ROMAN, Josep**

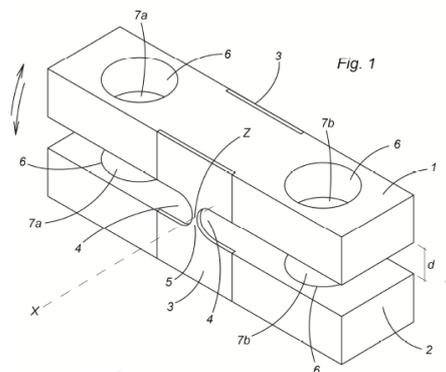
74 Agente/Representante:

COCA TORRENS, Manuela

54 Título: **DISPOSITIVO DE ARTICULACIÓN**

57 Resumen:

Dispositivo de articulación; que comprende una primera parte (1), una segunda parte (2) y una tercera parte (3) de articulación que conecta dichas primera y segunda partes, comprendiendo la tercera parte de articulación una zona (5) deformable elásticamente cuya deformación permite el movimiento relativo de la primera y la segunda partes alrededor de dicha zona deformable elásticamente. La primera parte comprende al menos un primer elemento magnético (7a, 7b) y la segunda parte comprende al menos un segundo elemento magnético (7a, 7b) que interactúan entre sí de modo que dicha interacción crea un par de fuerza resultante alrededor de la zona deformable elásticamente que tiene un sentido contrario a un par de fuerza resultante generado por la fuerza de resistencia a la deformación elástica de dicha zona deformable elásticamente, siendo los valores absolutos de cada par de fuerza resultante esencialmente equivalentes dentro de un intervalo (R) angular de giro de dicha articulación.



DESCRIPCIÓN

5 Dispositivo de articulación.

Objeto de la invención.

La presente invención se refiere a un dispositivo de articulación.

10

Antecedentes de la invención.

15 Son conocidas articulaciones que comprenden un elemento deformable elásticamente que actúa como una articulación entre dos o más partes asociadas a dicho elemento.

Normalmente, el elemento deformable comprende una parte de material debilitada o estrechada para facilitar su deformación por flexión. Esta parte de material debilitada o estrechada constituye el punto o eje de articulación de la articulación.

20

Este tipo de articulaciones permite obtener una rigidez total en todas las dimensiones menos en el eje de articulación. La ausencia de cojinetes y de elementos similares minimiza los rozamientos producidos en la articulación, así como posibles movimientos de oscilación entre las piezas articuladas.

25

Por lo tanto, estas articulaciones resultan especialmente indicadas cuando es necesario obtener movimientos de giro entre varias piezas en intervalos cortos y con los menores rozamientos y con la mayor precisión posibles.

30 No obstante, la deformación del elemento deformable al utilizar estas articulaciones provoca un par derivado de la fuerza de resistencia a la deformación elástica del material que constituye el elemento, que tiende a recuperar su forma original no deformada (posición de reposo). Este par aumenta linealmente con la deformación del elemento, y resulta problemático cuando la articulación se utiliza para llevar a
35 cabo mediciones muy precisas o cuando es necesario llevar a cabo un control muy

preciso a través de la misma, ya que introduce un elemento de distorsión que puede alterar los resultados deseados.

5 Por lo tanto, sería deseable una articulación del tipo descrito anteriormente que, dentro de un intervalo angular de giro determinado de la articulación, permita contrarrestar el par provocado por la fuerza de resistencia a la deformación elástica del elemento deformable. Es decir, sería deseable una articulación en la que la variación de par resultante dentro de dicho intervalo angular de giro es nula.

10 Esto permitirá obtener una articulación que, dentro de un intervalo angular de giro, no produce virtualmente ningún rozamiento o par de giro resultante.

Descripción de la invención.

15 El objetivo de la presente invención es solventar los inconvenientes que presentan los dispositivos conocidos en la técnica, proporcionando un de articulación que comprende una primera parte, una segunda parte y una tercera parte de articulación que conecta dichas primera y segunda partes, comprendiendo la
20 tercera parte de articulación una zona deformable elásticamente cuya deformación permite el movimiento relativo de la primera y la segunda partes alrededor de dicha zona deformable elásticamente, caracterizado por el hecho de que la primera parte comprende al menos un primer elemento magnético y la segunda parte comprende al menos un segundo elemento magnético, estando dispuestos dichos al menos un primer y segundo elementos magnéticos para interactuar entre sí de modo que la
25 interacción de dichos elementos magnéticos crea un par de fuerza resultante alrededor de la zona deformable elásticamente que tiene un sentido contrario a un par de fuerza resultante generado por la fuerza de resistencia a la deformación elástica de la zona deformable elásticamente alrededor de dicha zona deformable elásticamente, siendo los valores absolutos de cada par de fuerza resultante
30 esencialmente equivalentes dentro de un intervalo angular de giro controlado de dicho dispositivo de articulación.

Preferiblemente, la zona deformable elásticamente comprende una parte deformable por flexión de la tercera parte.

35

También preferiblemente, la parte deformable por flexión comprende un estrechamiento de la tercera parte.

5 Ventajosamente, la tercera parte comprende dos cavidades circulares dispuestas simétricamente a cada lado del estrechamiento.

También ventajosamente, la tercera parte comprende dos piezas.

10 Según una realización de la presente invención, el al menos un primer elemento magnético y el al menos un segundo elemento magnético están dispuestos enfrentados entre sí.

Preferiblemente, el al menos un primer elemento magnético y el al menos un segundo elemento magnético están dispuestos en mutua atracción.

15

Según una realización de la invención, el al menos un primer elemento magnético comprende dos imanes dispuestos en la primera parte y dispuestos cada uno en un lado opuesto mutuamente con respecto a la zona deformable, y el al menos un segundo elemento magnético comprende dos imanes dispuestos en la segunda parte y dispuestos cada uno en una posición correspondiente con respecto a cada imán del primer elemento magnético.

20

Gracias a las características descritas, la presente invención permite obtener una articulación que, gracias al uso de los elementos magnéticos descritos, presenta un intervalo angular de giro en el que el par resultante producido por dicha articulación es nominalmente cero. Es decir, el uso de elementos magnéticos configurados y dispuestos de forma adecuada permite contrarrestar el par producido por la deformación elástica del material que constituye la articulación en un intervalo angular de giro de dicha articulación, obteniéndose por lo tanto una articulación con rozamiento y par cero.

30

Una articulación de este tipo resultará especialmente indicada para su aplicación en dispositivos o experimentos en los que se requieren mínimos rozamientos o pares derivados del uso de la articulación, así como en dispositivos con articulaciones con sollicitaciones estáticas.

35

Descripción de las figuras.

Con el fin de facilitar la descripción de cuanto se ha expuesto anteriormente se
5 adjuntan unos dibujos en los que, esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no
limitativo, se representa un caso práctico de realización de la articulación de la
invención, en los cuales:

-la figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de una articulación según la
10 presente invención;

-la figura 2 es una gráfica orientativa en la que se muestra la relación entre los pares
creados por los distintos elementos que forman parte de la articulación de la presente
invención y el ángulo de giro de dicha articulación;

15

-la figura 3 es un diagrama de las fuerzas presentes durante el funcionamiento de la
articulación; y

-la figura 4 es una gráfica como la de la figura 2 de un ejemplo específico de
20 articulación según la invención.

Descripción de una realización preferida.

En la figura 1 se muestra una vista en perspectiva de una realización de un
25 dispositivo de articulación según la presente invención. Esta realización comprende
una primera parte 1 y una segunda parte 2 que comprenden cada una un cuerpo
prismático de planta rectangular.

La primera parte 1 y la segunda parte 2 están unidas entre sí por su parte central
30 mediante un par de piezas 3 unidas a dichas partes 1, 2 en la parte central de sus
caras laterales largas respectivas (solamente una de las piezas 3 es visible en su
totalidad en la figura 1).

Cada pieza 3 consiste en una placa con un contorno rectangular dispuesta en un
35 plano perpendicular con respecto a las superficies superior e inferior de las partes 1,

2 y paralelo con respecto a las caras laterales largas de dichas partes 1, 2.

5 Cada placa 3 comprende dos cavidades 4 que se extienden a modo de canal desde su perímetro exterior hacia la parte central de la placa a lo largo de un mismo eje longitudinal y que finalizan en una pared semicircular, conformando dichas cavidades 4 un estrechamiento 5 dispuesto entre las mismas cuya sección transversal tiene una dimensión mínima en su zona central Z. El estrechamiento 5 está situado en la parte central de la placa 3 y tiene forma de reloj de arena.

10 Las dos placas 3 están dispuestas al mismo nivel a lo largo del eje longitudinal de las partes 1 y 2, y están separadas por una distancia aproximadamente equivalente a la anchura de cada parte 1 y 2. Los puntos centrales de las dos zonas centrales Z de cada estrechamiento 5 están dispuestos a lo largo de un eje X que es perpendicular con respecto a los planos en los que están dispuestas las placas 3.

15

Las dos placas 3 estarán realizadas preferiblemente en un material con una elasticidad y resistencia adecuadas, por ejemplo, aluminio o acero.

20 De esta manera, mediante la disposición descrita, se obtiene una articulación en la que la primera parte 1 y la segunda parte 2 están articuladas entre sí a través de las dos piezas 3. De forma más específica, considerando, por ejemplo, que la segunda parte 2 es una parte fija, la primera parte 1 puede oscilar con respecto a la segunda parte 2 (ver flechas en la figura) alrededor del punto central de la zona central Z de cada estrechamiento 5 de cada pieza 3, es decir, alrededor del eje X.

25

El estrechamiento 5 de cada pieza 3 constituye una zona debilitada de menor sección transversal de la placa 3, de modo que cualquier deformación a flexión de dicha placa 3 se producirá en dicho estrechamiento 5, de forma más específica, en la zona central Z del estrechamiento, que es la parte del estrechamiento 5 que tiene una sección transversal más pequeña. Por lo tanto, los dos puntos centrales de la zona central Z de los estrechamientos 5 de cada placa 3 constituyen el eje X de articulación geométrica de la articulación de la presente invención.

30

Esto implica que, cada vez que la primera parte 1 oscila con respecto a la segunda parte 2 alrededor del eje X, el estrechamiento 5 de cada placa 3 se deforma a flexión.

35

Por ejemplo, en la figura 1, si la primera parte 1 oscila en sentido horario con respecto a la segunda parte 2 alrededor del eje X, los dos estrechamientos 5 se deformarán doblándose en el mismo sentido, es decir, la parte superior de cada estrechamiento 5 oscilará en sentido horario con respecto a la parte inferior de cada estrechamiento 5. Esta deformación de cada estrechamiento 5 provocará la aparición de una fuerza de resistencia a la deformación elástica en cada estrechamiento, provocada por la tendencia del material elástico en el que está conformado cada estrechamiento 5 a recuperar su forma original o su posición de reposo (en este caso, la posición mostrada en la figura 1). Esta fuerza de resistencia a la deformación elástica presente en cada estrechamiento 5 provocará la aparición de un par de fuerza que se opondrá al movimiento oscilante de la primera parte 1 en sentido horario, es decir, provocará la aparición de un par de fuerza en sentido anti horario alrededor del eje X.

15

En otras palabras, cada vez que la primera parte 1 oscila alrededor del eje X, es necesario vencer una fuerza de reacción provocada por la deformación elástica de los dos estrechamientos 5, que tiende a devolver la articulación a su posición de reposo o equilibrio (en esta realización, la posición en la que la primera y la segunda partes 1, 2 están dispuestas en paralelo entre sí, mostrada en la figura 1).

20

Haciendo referencia nuevamente a la figura 1, la primera parte 1 de la articulación comprende dos orificios 6 de sección circular a través de la misma que se extienden perpendicularmente con respecto a las caras superior e inferior de la primera parte 1. Los orificios 6 están dispuestos alineados según un eje longitudinal central de la primera parte 1 y de forma opuesta y simétrica entre sí con respecto al eje intermedio transversal de la primera parte 1 (paralelo con respecto al eje X), a una distancia determinada de dicho eje intermedio.

25

En el interior de cada uno de dichos orificios 6 está fijado un imán 7a, 7b en forma de disco con un contorno que se corresponde con el de las paredes internas circulares del orificio 6. Cada imán 7a, 7b queda colocado en el interior del orificio 6 de modo que una de sus caras (en esta realización, la cara inferior) queda dispuesta en el mismo plano que la cara inferior de la primera parte 1.

30
35

La segunda parte 2 también comprende dos orificios 6 y dos imanes 7a, 7b dispuestos de forma correspondiente según lo descrito previamente en el caso de la primera parte 1, aunque, en este caso, los dos imanes 7a, 7b están colocados con su cara superior dispuesta en el mismo plano que la cara superior de la segunda parte 2.

5

Por lo tanto, en el estado de giro de 0 grados de la articulación mostrado en la figura 1, el imán 7a de la primera parte 1 situado a un lado del eje intermedio transversal central de dicha primera parte 1 queda dispuesto enfrente al imán 7a de la segunda parte 2 dispuesto en el mismo lado del eje intermedio transversal central de dicha segunda parte 2, a una distancia d del mismo, de forma simétrica con respecto a un plano paralelo con respecto a las caras inferior y superior de la primera parte 1 y de la segunda parte 2 y que pasa por el punto central de la zona central Z de cada estrechamiento 5. Asimismo, el imán 7b de la primera parte 1 situado al otro lado del eje intermedio transversal central de dicha primera parte 1 queda dispuesto enfrente al imán 7b de la segunda parte 2 dispuesto en el mismo lado del eje intermedio transversal central de dicha segunda parte 2, a una distancia d del mismo, también de forma simétrica con respecto a un plano paralelo con respecto a las caras inferior y superior de la primera parte 1 y de la segunda parte 2 y que pasa por el punto central de la zona central Z de cada estrechamiento 5.

20

Los imanes 7a, 7b y los imanes 7a, 7b de la primera y de la segunda partes 1, 2 están dispuestos en mutua atracción. Es decir, el imán 7a de la primera parte 1 y el imán 7a de la segunda parte se atraen entre sí, y el imán 7b de la primera parte y el imán 7b de la segunda parte también se atraen entre sí. Asimismo, la fuerza de atracción entre los imanes 7a es equivalente a la fuerza de atracción entre los imanes 7b para una misma distancia de separación entre los imanes correspondientes.

25

La función de estos imanes 7a, 7b se describe a continuación.

30

Cuando la primera parte 1 de la articulación mostrada en la figura 1 oscila en sentido horario, la misma girará alrededor del eje X y los estrechamientos 5 de las placas 3 respectivas se doblarán de forma correspondiente. Esta deformación provocará la aparición de la fuerza de resistencia a la deformación elástica descrita anteriormente, que creará un par de fuerza en sentido opuesto (sentido anti horario) alrededor del eje X.

35

Al mismo tiempo, la oscilación de la primera parte 1 en sentido horario alrededor del eje X hará que los imanes 7b de cada parte 1, 2 se acerquen entre sí y hará que los imanes 7a de cada parte 1,2 se alejen entre sí.

5

Cuanto más gira la primera parte 1 con respecto a la segunda parte 2 alrededor del eje X en sentido horario, mayor es la fuerza de resistencia a la deformación elástica producida en los estrechamientos 5, mayor es la fuerza de atracción entre los dos imanes 7b, que aumenta a medida que los imanes 7b se acercan entre sí, y menor es la fuerza de atracción entre los dos imanes 7a, que disminuye a medida que los imanes 7a se alejan entre sí.

10

Dicho de otro modo, cuanto más gira la primera parte 1 con respecto a la segunda parte 2 alrededor del eje X en sentido horario, aumenta el par de fuerza creado en los estrechamientos 5 (sentido anti horario), aumenta el par de fuerza creado por la atracción de los imanes 7b (sentido horario) y disminuye el par de fuerza creado por la atracción de los imanes 7a (sentido anti horario).

15

Lo anteriormente descrito es igualmente aplicable si la primera parte 1 de la articulación oscila en sentido anti horario, produciéndose los mismos efectos, aunque a la inversa.

20

Se hace referencia a continuación a la gráfica de la figura 2. Esta gráfica muestra la relación entre el ángulo de giro de la articulación, o el ángulo de giro entre la primera parte 1 y la segunda parte 2 (eje horizontal, en grados) y el valor de par creado por los imanes 7a, 7b y por los estrechamientos 5 de las placas 3 (eje vertical, en unidades arbitrarias).

25

De forma específica, las curvas m1 y m2 representan la relación entre el ángulo de giro de la articulación y el par creado por la fuerza de atracción de los imanes 7a y 7b, respectivamente, y la recta S representa la relación entre el ángulo de giro de la articulación y el par creado por la deformación de los estrechamientos 5 de las placas 3.

30

Debe observarse que los estrechamientos 5 se comportan según la ley de Hooke, es decir, la relación entre la fuerza de reacción a la deformación elástica de los

35

estrechamientos 5 y el grado de deformación de los mismos es directamente proporcional.

5 En cambio, la fuerza magnética de atracción entre los imanes 7a y los imanes 7b es inversamente proporcional a una potencia de la distancia que los separa. Una mayor separación entre los imanes 7a y los imanes 7b implica una menor fuerza de atracción, y una menor separación implica una mayor fuerza de atracción.

10 A partir de la gráfica, puede observarse que, dimensionando, configurando y posicionando los imanes 7a, 7b y las placas 3 de forma adecuada, es posible contrarrestar el efecto del par de fuerza resultante provocado por la deformación de los estrechamientos 5 mediante el par de fuerza resultante creado por los imanes 7a, 7b alrededor del eje X. De forma más específica, es posible obtener un intervalo R de giro de la primera parte 1 alrededor de su posición de ángulo de giro 0 (mostrada en
15 la figura 1) en el que la suma de los pares descritos anteriormente es esencialmente nula (ver curva T). En otras palabras, es posible obtener un intervalo R de giro de la articulación en el que la misma se comporta como una articulación que no presenta virtualmente par ni rozamientos.

20 Es posible seleccionar el tipo y tamaño de imanes 7a, 7b, la distancia d de separación inicial entre los imanes 7a y los imanes 7b, la distancia de separación entre los imanes a lo largo del eje longitudinal de las partes 1 y 2, y el tipo de placas 3 para obtener el intervalo R más adecuado para cada situación.

25 A título de ejemplo, en una articulación que se comporta según la gráfica representada en la figura 2, la selección descrita previamente se ha llevado a cabo de manera que, dentro de un intervalo R de giro aproximado de 4 grados (± 2 grados) alrededor de la posición de equilibrio o de giro 0 grados de la articulación, el valor absoluto del par de fuerza resultante creado por los estrechamientos 5 alrededor del
30 eje X es esencialmente equivalente al valor absoluto del par de fuerza resultante creado por los imanes 7a, 7b. Es decir, en dicho intervalo R, el par resultante de sumar los pares de fuerza creados por los estrechamientos 5 y por los imanes 7a, 7b es esencialmente igual a cero, de modo que la variación de par total a lo largo de dicho intervalo es esencialmente nula (curva T) (la suma de la variación de par
35 creada por los estrechamientos 5 y por los imanes 7a, 7b).

En la presente memoria, se entenderá por valores absolutos de par de fuerza esencialmente equivalentes valores que difieren entre sí una cantidad considerada despreciable por un experto en la técnica, por ejemplo, una cantidad máxima de
5 $\pm 0,005$ N·mm dentro del intervalo R.

Por lo tanto, una articulación que se comporta según la gráfica representada en la figura 2 implica que dicha articulación puede girar sin producir ningún par de fuerza apreciable en un intervalo R aproximado de -2 a 2 grados alrededor de su punto de
10 reposo o de equilibrio de giro 0 grados, es decir, la primera parte 1 puede girar de -2 a 2 grados alrededor del eje X virtualmente sin rozamientos, sin variación de par y sin par.

Tal como se ha mencionado anteriormente, la articulación de la presente invención
15 permite controlar las características del intervalo R. Es posible modificar la amplitud y las características del intervalo R seleccionando el tipo de imanes 7a, 7b y de placas 3 y su posición en la articulación, de manera que la articulación puede presentar un intervalo R diferente. Por ejemplo, para aumentar el par de fuerza producido por los imanes, es posible disminuir la distancia d, aumentar la distancia de separación entre
20 imanes a lo largo del eje longitudinal de las partes 1 y 2 o aumentar el tamaño o intensidad del campo magnético de los imanes. También es posible aumentar el par producido por los estrechamientos 5 seleccionando un material más rígido o aumentando el tamaño de su sección transversal.

25 Estas variaciones permiten modificar las curvas de par de los imanes 7a, 7b y de los estrechamientos 5, de modo que la curva T resultante será diferente y definirá un intervalo R también diferente.

La realización de la invención descrita en la presente memoria ha resultado ser la
30 más ventajosa conocida hasta la fecha.

En primer lugar, la disposición de los imanes 7a, 7b de forma simétrica a cada lado del eje intermedio transversal de la primera y de la segunda partes 1, 2 permite obtener un estado en equilibrio cuando la articulación no ha girado (figura 1), ya que,
35 en esa posición, los imanes 7a y 7b ejercen el mismo par alrededor del eje X y se

anulan mutuamente.

Los imanes 7a, 7b pueden disponerse en una posición distinta en el interior de cada orificio 6 correspondiente para modificar el valor de d.

5

Por otra parte, el hecho de utilizar dos placas 3 con un contorno en forma de reloj de arena permite facilitar la fabricación de la articulación y cambiar fácilmente estas placas 3 si se desea usar estrechamientos 5 con una rigidez diferente, y también permite reducir al máximo la sección transversal total de los estrechamientos 5. Las
10 placas 3 pueden estar unidas a las partes 1 y 2 mediante medios de fijación amovibles, por ejemplo, tornillos.

Aunque, tal como se ha mencionado anteriormente, la realización descrita resulta la más ventajosa conocida hasta la fecha, la presente invención puede incluir
15 realizaciones diferentes. Por ejemplo, sería posible utilizar solamente dos imanes enfrentados entre sí, por ejemplo, solamente los imanes 7a. En este caso, no se obtendría una posición de equilibrio estabilizada como la de la figura 1.

En cuanto a la zona deformable elásticamente de la articulación, la misma también
20 puede presentar configuraciones distintas a las de los estrechamientos 5 de las dos placas 3 de la realización descrita. Por ejemplo, la articulación podría comprender un único cuerpo prismático con el mismo contorno que el de las placas 3 que se extiende a lo largo del eje X entre las dos caras laterales largas de la primera y la segunda partes 1, 2 y que comprende un único estrechamiento longitudinal.

25

Asimismo, aunque la zona deformable elásticamente de la realización (los estrechamientos 5) se deforma a flexión, la misma también podría deformarse de otro modo, por ejemplo, a torsión.

30 El estrechamiento o estrechamientos 5 mostrados en la realización preferida también podrían tener una configuración distinta, por ejemplo, las cavidades 4 podrían tener una forma triangular, en vez de semicircular.

La articulación podría comprender un único cuerpo o pieza, formando parte del
35 mismo cuerpo o pieza la primera y la segunda partes 1, 2 y la zona deformable

elásticamente que, tal como se ha descrito previamente, podría presentar una configuración distinta a la de las dos placas 3. La articulación también podría formar parte integral de un artículo o elemento funcional, tal como, por ejemplo, una bisagra.

5 En cuanto a los elementos magnéticos utilizados en la presente invención, aunque es preferible usar imanes dispuestos en mutua atracción, también sería posible utilizar un imán y otro elemento que puede interactuar con el campo magnético del imán, por ejemplo, un elemento metálico, tal como un elemento ferromagnético (por ejemplo, una aleación de hierro, acero, etc.).

10

Las partes 1 y 2 de la articulación pueden ser fijas o móviles dependiendo del uso deseado. Por ejemplo, la parte 1 puede ser fija y la parte 2 puede ser móvil, o la parte 1 puede ser móvil y la parte 2 puede ser fija. También es posible que ambas partes 1 y 2 sean móviles.

15

Gracias a sus características, la articulación de la presente invención puede ser utilizada en aplicaciones que requieren movimientos giratorios con una gran precisión y con rozamientos y pares nulos, por ejemplo, en básculas de precisión y en aparatos de medición de distintos tipos.

20

Análisis.

25 A continuación se realizará un análisis del funcionamiento de la articulación de la presente invención, haciendo referencia asimismo a las figuras 3 y 4.

El par total $T(\theta)$ creado en la articulación viene dado por la siguiente expresión:

$$T(\theta) = M_{F_{m1}} - M_{\theta} + M_{F_{m2}} \quad (1)$$

30

Donde $M_{F_{m1}}$ es el par creado por la fuerza de atracción de los imanes de la izquierda; M_{θ} es el par creado por la zona deformable elásticamente y $M_{F_{m2}}$ es el par creado por la fuerza de atracción de los imanes de la derecha (figura 3).

35 El par ejercido por la zona deformable es proporcional con respecto al ángulo de giro,

y puede expresarse como sigue:

$$M_{\theta} = k_{\theta}\theta \quad (2)$$

- 5 Aunque las fuerzas creadas por los imanes dependen de la posición angular de la articulación, las mismas son de sentido opuesto, y se expresan como sigue:

$$M_{F_{m1}} = F_{m1}D \quad \text{y} \quad M_{F_{m2}} = -F_{m2}D \quad (3 \text{ y } 4)$$

- 10 Esta ecuación puede derivarse de la figura 3.

Para que la ecuación del sistema dependa de una única variable, el ángulo θ , la distancia de separación d_1 entre los imanes 7a y d_2 entre los imanes 7b y, por lo tanto, la ecuación de fuerza de los imanes, deben expresarse en términos de esta variable, de modo que la separación puede expresarse como:

$$d_1 = d_0 - D\sin\theta \quad \text{y} \quad d_2 = d_0 + D\sin\theta \quad (5 \text{ y } 6)$$

- 20 Donde d_0 es el valor inicial de la distancia entre imanes con el que se obtiene la rigidez necesaria para hacer que el sistema auto-compense la variación de pares con el ángulo de giro de la articulación, tal como se describe más adelante.

- 25 La fuerza creada por el sistema de imanes es inversamente proporcional a una potencia de la distancia de separación (d) entre los dos imanes. El exponente preciso depende de la geometría del imán. No obstante, con un imán en forma de disco con un diámetro mucho más grande que la distancia de separación entre los dos imanes, el exponente es cercano a 1. Por lo tanto, es posible expresar la fuerza como:

$$F_m = \frac{F_{max}}{d_0/d_m + 1} \quad (7)$$

F_{max} y d_m son constantes que parametrizan la dependencia de la fuerza con respecto a la distancia.

- 35 F_{max} es la fuerza máxima realizada por los imanes (para una distancia de separación

igual a cero) y d_m es la distancia de separación con la que la fuerza ha disminuido a la mitad del máximo. La expresión solamente es válida para distancias de separación positivas. En tal caso, F_m es positiva según la convención de signos mostrada en la figura 3.

5

Un ejemplo de valores de F_{max} y de d_m son 14,2 N y 0,9 mm, respectivamente, que se corresponden con unos imanes en forma de disco con un diámetro de 8 mm, una altura de 3 mm y una magnetización N45 (fabricados por la empresa Supermagnete).

10

Cada par de imanes tiene un comportamiento opuesto, por lo tanto, el sistema tiene dos fuerzas F_m diferentes (F_{m1} y F_{m2}), que solamente tienen el mismo valor en la posición de giro 0 grados o nominal cero de la articulación (ver figura 3). Combinando los valores descritos con un ejemplo de zona deformable que comprende dos placas 3 de lámina de aluminio con un espesor de 0,5 mm, con un estrechamiento 5 con una anchura de 0,3 mm y con unas cavidades semicirculares 4 con un diámetro de 5 mm, se obtiene una gráfica como la mostrada en la figura 4.

15

En dicha gráfica (los valores del eje x son grados y los del eje y son N·mm) puede observarse que se obtiene un intervalo R de giro o región de estabilidad de la articulación entre aproximadamente -1 grados y +1 grados alrededor de la posición de equilibrio donde el par resultante de la interacción de los imanes y de la deformación de la zona deformable elásticamente es prácticamente igual a cero (del orden de $\pm 0,003$ N·mm).

20

25

Descripción del comportamiento de los imanes como un muelle

Para describir de manera detallada el efecto de estabilización de la articulación obtenido mediante los imanes, vale la pena expresar la fuerza magnética de los imanes en términos de una constante elástica. Esto puede llevarse a cabo en una región pequeña utilizando la expansión de Taylor de la fuerza magnética tal como sigue:

30

$$F_m = \frac{F_{max}}{d_0/d_m+1} + \frac{F_{max}}{d_m(d_0/d_m+1)^2} (d - d_0) \quad (8)$$

35

Esta ecuación puede representarse de manera más compacta como:

$$F_m = F_{m0} + k_m(d - d_0) \quad (9)$$

donde

5

$$y \quad F_{m0}(d_0) = \frac{F_{max}}{d_0/d_m + 1} \quad k_m(d_0) = \frac{F_{max}}{d_m} \frac{1}{(d_0/d_m + 1)^2}$$

k_m tiene unidades de constante elástica y, a diferencia de los sistemas elásticos, la misma adopta valores negativos. Es posible su ajuste seleccionando de forma adecuada el punto d_0 entre y cero.

$$- \frac{F_{max}}{d_m}$$

Compensación de variación de par

Combinando las expresiones (1), (3), (4), (5), (6) y (9), el par final puede expresarse tal como sigue:

15

$$T(\theta) = -2k_m D^2 \sin\theta - k_\theta \theta \quad (12)$$

La expresión solamente tiene dos términos. k_m debe tener valores negativos para que el sistema funcione, tal como se demostrará más adelante.

20

El principio que hace que el par de la articulación se auto-compense consiste en que, a partir de una posición estable (la posición de equilibrio o nominal 0 de las figuras 1 y 3) cualquier giro en el intervalo R de giro de la articulación produce una variación de par auto compensada cuyo valor es cero que hace que sea posible conseguir una nueva posición estable en cualquier posición dentro del intervalo R. La variación de par consiste simplemente en la derivada de la ecuación (12):

25

$$\frac{\partial T(\theta)}{\partial \theta} = -2k_m D^2 \cos\theta - k_\theta \quad (13)$$

30

Esta ecuación derivada es cero cuando la variación del par es despreciable, por lo tanto

$$\frac{\partial T(\theta)}{\partial \theta} = 0$$

35

y, dado que $\cos\theta = 0$ con valores de θ alrededor de cero, se obtiene:

$$k_m = \frac{k_\theta}{-2D^2} \quad (14)$$

- 5 Esta ecuación significa que la rigidez de los imanes debe ser igual a la rigidez de la zona deformable. El signo negativo simplemente muestra que k_m podría tener valores negativos. La constante 2 simplemente muestra que se incluyen dos grupos de imanes, si el sistema estuviese configurado con un grupo de imanes, esta constante no aparecería. Tal como resulta evidente, la distancia D de los imanes al centro de la articulación tiene un papel en la rigidez, ya que la fuerza de los imanes multiplicada por estas distancias es el par ejercido por los grupos de imanes, lo que significa que sería posible ajustar el intervalo R modificando d_0 y D .

15 La distancia entre los imanes 7a y entre los imanes 7b puede ajustarse ajustando la posición del imán unido a las partes 1, 2, es decir, d_0 . El ajuste de d_0 afecta a la fuerza total creada por la articulación.

20 Es posible llegar a la misma conclusión sustituyendo k_m por su expresión explícita en la ecuación (12), pudiéndose encontrar la separación entre imanes que produce dicha condición (ecuación 13):

$$d_m \sqrt{\frac{F_{max} - 2D^2 \cos\theta}{d_m k_\theta}} - d_m = d_0 \quad (15)$$

25 Solamente existe una solución para valores positivos de d_0 , es decir:

$$\frac{F_{max}}{d_m} > \frac{k_\theta}{-2D^2} \quad (16)$$

Intervalo de estabilización

30

La aproximación del sistema de imanes a un muelle es válida dentro de una región o intervalo pequeño alrededor de d_0 , estando dominado el error de la aproximación por el término cuadrático de la serie de Taylor correspondiente.

$$\delta F_m = \frac{F_{max}}{d_m^2 (d_0/d_m + 1)^3} (d - d_0)^2$$

Que, después de algunas manipulaciones, puede escribirse como:

$$\delta F_m = F_m(d_0) \frac{k_m(d_0)}{k_{m,max}} \left(\frac{d - d_0}{d_m} \right)^2$$

- 5 De manera que el error aumenta más rápidamente cuando la fuerza de los imanes está cerca de su máximo y cuando la constante elástica máxima es constante.

El intervalo de validez para un umbral determinado es:

10

$$\delta d = d_m \sqrt{\frac{k_{m,max}}{k_m(d_0)}} \sqrt{\frac{\delta F_m}{F_m(d_0)}}$$

El primer factor es la longitud característica de los imanes. Cuanto más larga, más suave será la disminución del campo. El segundo término es la relación entre la constante elástica y el valor máximo alcanzable mediante los imanes. El mismo indica que, para obtener un intervalo de estabilización amplio, la zona deformable elásticamente debería ser débil en comparación con los imanes. Finalmente, el tercer término consiste simplemente en la relación entre la tolerancia de fuerza y la contribución de fuerza de la zona deformable elásticamente.

20

En resumen, es necesario usar imanes potentes y usar la parte débil de su campo magnético para obtener un intervalo R de estabilización amplio.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de articulación que comprende una primera parte (1), una segunda parte (2) y una tercera parte (3) de articulación que conecta dichas primera (1) y segunda (2) partes, comprendiendo la tercera parte (3) de articulación una zona (5) deformable elásticamente cuya deformación permite el movimiento relativo de la primera (1) y la segunda (2) partes alrededor de dicha zona (5) deformable elásticamente, **caracterizado por el hecho de que** la primera parte (1) comprende al menos un primer elemento magnético (7a, 7b) y la segunda parte (2) comprende al menos un segundo elemento magnético (7a, 7b), estando dispuestos dichos al menos un primer y segundo elementos magnéticos (7a, 7b) para interactuar entre sí de modo que la interacción de dichos elementos magnéticos (7a, 7b) crea un par de fuerza resultante alrededor de la zona (5) deformable elásticamente que tiene un sentido contrario a un par de fuerza resultante generado por la fuerza de resistencia a la deformación elástica de la zona (5) deformable elásticamente alrededor de dicha zona (5) deformable elásticamente, siendo los valores absolutos de cada par de fuerza resultante esencialmente equivalentes dentro de un intervalo (R) angular de giro controlado de dicho dispositivo de articulación.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la zona deformable elásticamente comprende una parte (5) deformable por flexión de la tercera parte (3).
3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado por el hecho de que** la parte deformable por flexión comprende un estrechamiento (5) de la tercera parte (3).
4. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado por el hecho de que** la tercera parte (3) comprende dos cavidades circulares (4) dispuestas simétricamente a cada lado del estrechamiento (5).
5. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la tercera parte comprende dos piezas (3).
6. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el al

menos un primer elemento magnético (7a, 7b) y el al menos un segundo (7a, 7b) elemento magnético están dispuestos enfrentados entre sí.

5 7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el al menos un primer elemento magnético (7a, 7b) y el al menos un segundo elemento magnético (7a, 7b) están dispuestos en mutua atracción.

10 8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado por el hecho de que** el al menos un primer elemento magnético comprende dos imanes (7a, 7b) dispuestos en la primera parte (1) y dispuestos cada uno en un lado opuesto mutuamente con respecto a la zona deformable (5), y el al menos un segundo elemento magnético comprende dos imanes (7a, 7b) dispuestos en la segunda parte (2) y dispuestos cada uno en una posición correspondiente con respecto a cada imán (7a, 7b) del primer elemento magnético.

15

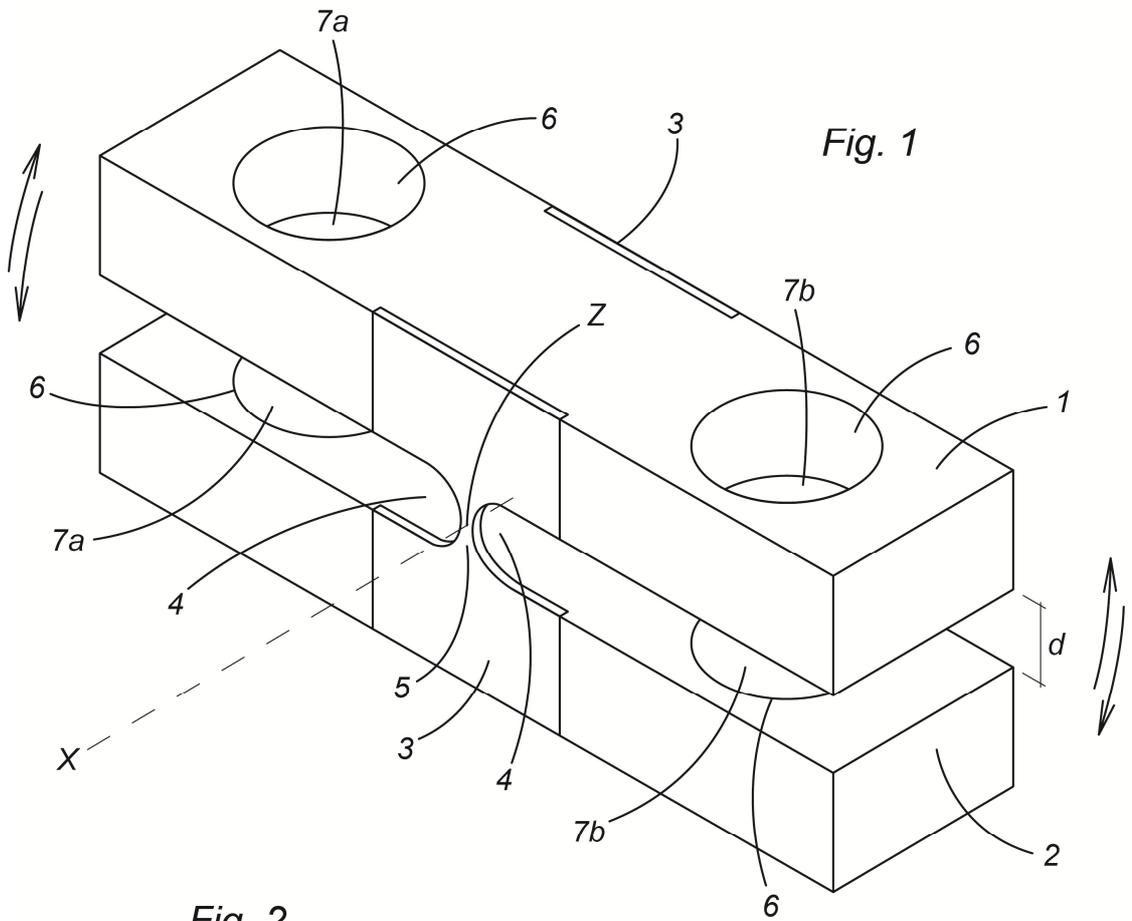


Fig. 1

Fig. 2

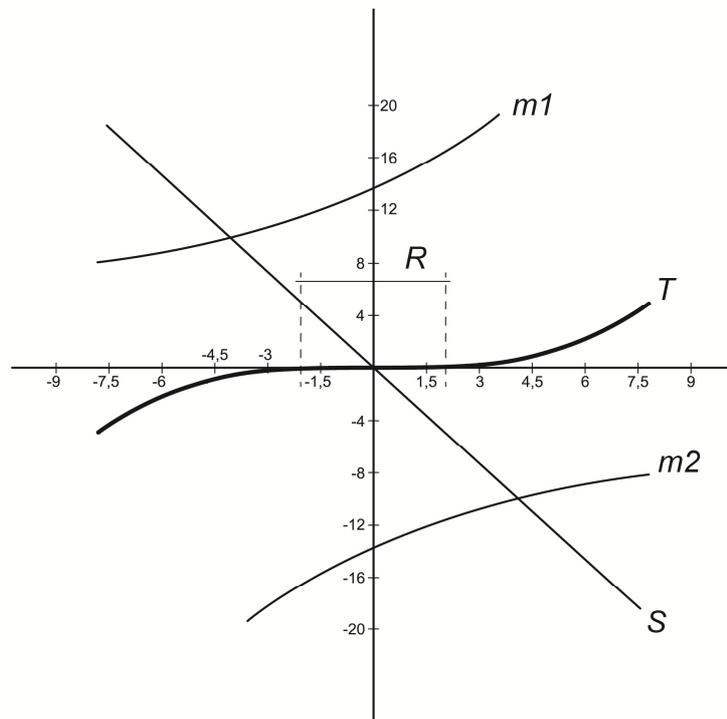


Fig. 3

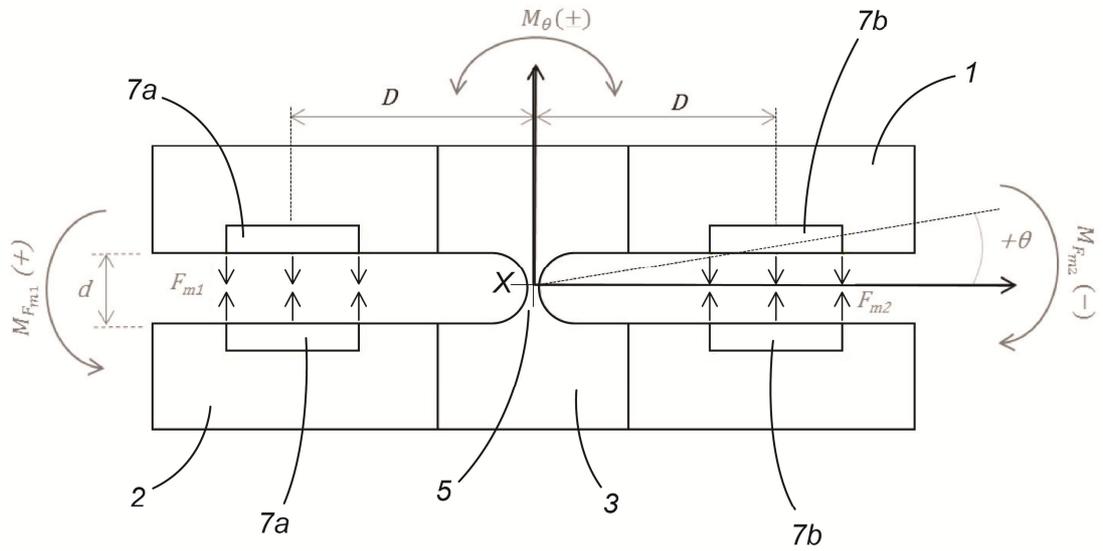
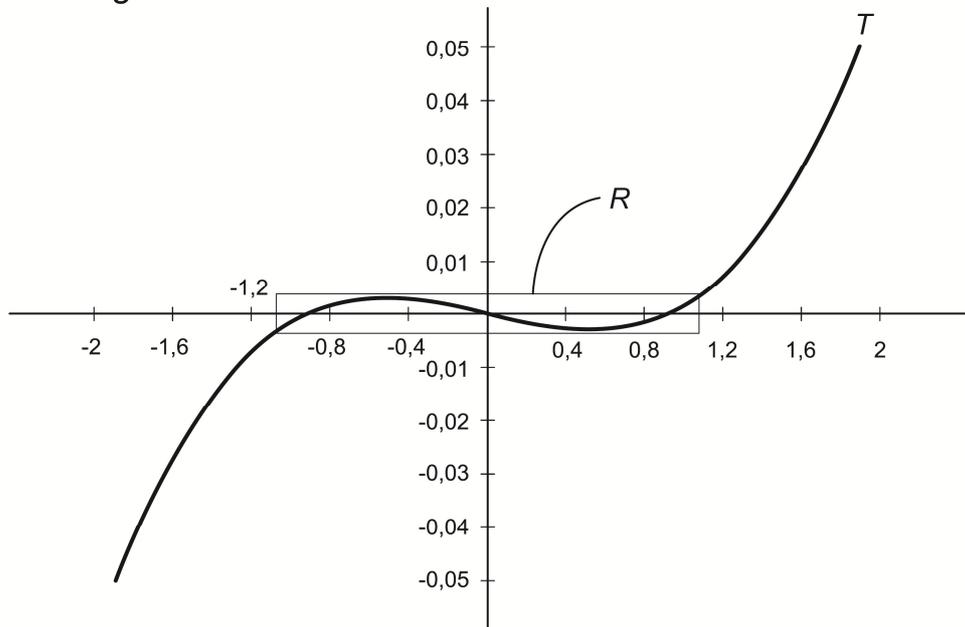


Fig. 4





- ②① N.º solicitud: 201631142
②② Fecha de presentación de la solicitud: 01.09.2016
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **F16C11/12** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	US 2011038021 A1 (ABB INC.) 17/02/2011 Párrafos 2-5, 12-14, 26-38, 50-53; figuras 2, 5d, 10	1-3, 6-8 4
X	US 5169050 A (MONTAGU) 08/12/1992 Resumen; figuras	1, 2, 5
X	GB 1216323 A (SPERRY RAND LTD) 16/12/1970 Página 1, líneas 9-49; figura 1	1, 6
Y	EP 2163930 A1 (ITT MFG ENTREPRISES INC) 17/03/2010 párrafo 12; figura 1	4
A	DE 102006026386 B3 (HEXAGON METROLOGY GMBH) 24/01/2008 figuras 1-3	5
A	US 4405184 A1 (BAHIMAN) 20/09/1983 Columna 2, líneas 21-53; figura 1	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
23.01.2017

Examinador
S. Gómez Fernández

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F16C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.01.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 4, 8	SI
	Reivindicaciones 1-3, 5-7	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-8	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D1	US 2011038021 A1 (ABB INC.)	17.02.2011
D2	US 5169050 A (MONTAGU)	08.12.1992
D3	GB 1216323 A (SPERRY RAND LTD)	16.12.1970
D4	EP 2163930 A1 (ITT MFG ENTREPRISES INC)	17.03.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración*** Reivindicación 1, independiente**

D1 divulga un dispositivo de articulación (véase figura 2) según el preámbulo de esta reivindicación, que comprende una primera parte (204) y una segunda parte (208) interconectadas por una tercera parte (206) de articulación que tiene una zona deformable elásticamente, cuya deformación permite el movimiento relativo de las primera y segunda partes (204,208) alrededor de dicha zona (206) deformable elásticamente. D1 prevé también, en lugar de los medios de compensación convencionales (resorte 202 de la figura 2) del par de recuperación de dicha tercera parte una vez deformada elásticamente, la disposición de medios de compensación alternativos que comprenden (véase figura 5d) un primer elemento magnético (504) y un segundo elemento magnético (506) que interactúan entre sí creando un par de fuerzas (magnéticas) de sentido contrario al par de fuerzas generado por la deformación elástica de dicha tercera parte, siendo estos medios igualmente aptos para anular el par resultante en un intervalo angular de giro del dispositivo de articulación. Así pues, no se aprecia novedad (art. 6 LP) en esta reivindicación en tanto que sus características técnicas parecen estar íntegramente previstas en D1.

Por otro lado, D2 también parece privar de novedad (art. 6 LP) a esta reivindicación: véase en resumen y figuras la primera parte (14), la segunda parte (19) y la tercera parte de articulación elástica (16); así como el primer elemento magnético (56) y el segundo elemento magnético (50,52) generando un par que contra-resta el par debido a la deformación elástica del tercer elemento (16).

Así mismo, D3 también parece privar de novedad (art. 6 LP) a esta reivindicación: véase primera parte (1), segunda parte (2) y tercera parte elástica (3), así como el primer elemento magnético (29-32) y el segundo elemento magnético (14-17) generando un par que contra-resta el par debido a la deformación elástica (a torsión) del tercer elemento.

*** Reivindicaciones (R) 2, 3, 5, 6 y 7, dependientes**

Tampoco se aprecia novedad (art. 6 LP) en estas reivindicaciones en tanto que sus características técnicas adicionales también parece estar previstas al menos en D1 (R2, R3, R6 y R7; véase figuras 2 y 5d) o D2 (R5; véase piezas 31 y 32).

*** Reivindicaciones (R) 4 y 8, dependientes**

No se aprecia actividad inventiva (art. 8 LP) en estas reivindicaciones en tanto que sus características adicionales ya eran conocidas en el estado de la técnica por D4 (R4; véase figura 1) o se dirigen a una mera variante de D1 (R8) al alcance del experto en la materia.