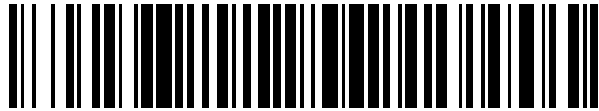


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 823**

51 Int. Cl.:

**F16F 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2011 E 11190633 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2461065**

54 Título: **Dispositivo de articulación en un material con memoria de forma del paquete**

30 Prioridad:

**06.12.2010 FR 1004732**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.09.2013**

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES  
(C.N.E.S.) (100.0%)  
2, Place Maurice Quentin  
75039 Paris Cedex 01, FR**

72 Inventor/es:

**SICRE, JACQUES**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO FACES, José**

**ES 2 423 823 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

Dispositivo de articulación en un material con memoria de forma del paquete

**[0001]** La invención entra dentro del dominio técnico de los elementos de unión entre piezas o componentes en general, su objetivo es permitir un desplazamiento angular entre dichas piezas, en concreto, de las articulaciones en las que al menos una parte de la energía motriz provenga de una articulación motorizada, con memoria de forma, sobre todo durante un cambio de la temperatura de dichos materiales con memoria de forma.

**[0002]** En todo el texto, un material con memoria de forma se referirá a un material que presente un mínimo de dos formas estables en dos temperaturas diferentes, de dichas formas, al menos una corresponde a una forma geométrica particular. La forma de dicho material se modifica por medio de transformación de fase sólida-sólida (llamada austenítica-martensítica por comparación con los aceros), dado que está sometido a una modificación de su entorno, sobre todo cuando se calienta por encima (o se enfría por debajo) de una temperatura, llamada temperatura de transformación, que marca el comienzo de una fluctuación de temperaturas en la que el material se deforma progresivamente pasando de una forma a la otra.

**[0003]** Así, dicho material con memoria de forma puede ser del tipo «un sólo sentido», es decir, que se deforma hacia una forma estable sólo al ser calentado por encima de su temperatura de transformación. Dicho material con memoria de forma también puede ser del tipo «doble sentido», y presentar la misma característica que un material con memoria de forma de «un sólo sentido», pero que se deforma también hacia una forma estable cuando se enfría por debajo de su temperatura de transformación.

**[0004]** Los materiales con memoria de forma más conocidos son los aleaciones metálicas, entre las cuales destacan las aleaciones de níquel-titanio (Ni-Ti).

**[0005]** Conocemos los dispositivos de articulación accionados por un órgano motor hecho de un material con memoria de forma. La electricidad suele ser la fuente de energía más fácil de utilizar, y es la opción más común para calentar los órganos motores de material con memoria de forma por efecto Joule.

**[0006]** Sin embargo, en los dispositivos de articulación conocidos, existe una limitación física que impide la utilización de órganos motores de material con memoria de forma, esto es particularmente cierto en los vehículos que tienen unos recursos energéticos limitados. En dichos casos, a menudo se intenta reducir su masa. Efectivamente, muchas veces es preciso renunciar a usar órganos motores de materiales con memoria de forma por la limitada intensidad de la fuente eléctrica, que no es suficiente para calentar por efecto Joule y así deformar suficientemente el material con memoria de forma. Además, para proporcionar una intensidad de alimentación elevada para calentar suficientemente el material con memoria de forma es necesario utilizar transformadores de potencia, los cuales tienen un coste elevado y añaden volumen y masa al vehículo, y cuya utilización conlleva pérdidas de energía.

**[0007]** Por ese motivo, los órganos motores de materiales con memoria de forma se siguen utilizando muy poco para el beneficio de órganos motores más tradicionales y que consumen menos potencia eléctrica, como los mecanismos de muelles, por ejemplo, sobre todo los espirales, o incluso los de muelles tipo Carpentier.

**[0008]** Los muelles tipo Carpentier, a menudo llamados juntas de Carpentier, presentan la ventaja de cumplir las dos funciones de una articulación motorizada, a saber, la puesta en movimiento del mecanismo, y la guía en rotación. Aseguran, además, el bloqueo en posición desplegada. Por ello, este tipo de dispositivos se ha adoptado en las aplicaciones de dispositivos de articulación para el despliegue único de una estructura, sobre todo en el campo del despliegue de los paneles solares, aerogeneradores desplegables, la apertura de cubiertas, etc., de un satélite (Cf. por ejemplo, EP 0 939 727).

**[0009]** Sin embargo, los muelles de Carpentier que se utilizan solos presentan numerosos inconvenientes. Particularmente, tienen el mismo inconveniente primordial que los muelles, y es que liberan sin control la energía mecánica que almacenan. Esto puede generar choques mecánicos, en concreto, choques que consisten en vibraciones intensas sobre todo al final del despliegue. Estos choques suelen ser nefastos para el mecanismo sobre el que está montada la articulación.

**[0010]** De forma que la liberación de energía mecánica de un muelle comprimido o un muelle de Carpentier es brutal y puede suponer un importante deterioro de los elementos móviles fijados en los extremos de la articulación.

**[0011]** Para poder resistir dicho choque al final del despliegue, estas articulaciones y/o los elementos de las extremidades suelen ser mayores de lo necesario, lo que a su vez provoca caer en un exceso significativo de masa y/o de volumen.

- 5 [0012] De este modo, cuando los sistemas están equipados con articulaciones motorizadas con muelles, muelles de Carpentier o cualquier otro órgano elástico o, en general, otro órgano que almacene una energía que pueda ser susceptible de ser liberada repentinamente, estos tienen mayores probabilidades de resultar dañados durante el despliegue (y/o el pliegue) de dicha articulación. Este es el caso, más en concreto, de aquellos sistemas en los que varios elementos están unidos entre sí en serie por más de una articulación de este tipo (por ejemplo, los diferentes paneles solares de un satélite). De hecho, en este último caso, el despliegue (y/o el pliegue) de la articulación es violento y difícil de controlar, y supone un riesgo de colisión entre los diferentes elementos articulados por dichas articulaciones.
- 10 [0013] Este es el motivo de que estos tipos de motorización sean a menudo remplazados o utilizados en combinación con materiales con memoria de forma, los cuales permiten controlar la velocidad de despliegue, sobre todo en forma de bloques de materiales con memoria de forma, (Cf. por ejemplo, US 7,354,033). La utilización de un bloque de materiales con memoria de forma permite obtener la energía mecánica suficiente, siempre y cuando se calienten lo suficiente. Ahora bien, su calentamiento también acarrea problemas: se necesitan grandes resistencias de calentamiento, el calentamiento por efecto Joule requiere una intensidad elevada, etc. Debido a sus inconvenientes, estos dispositivos no son compatibles con los sistemas autónomos en los que se pretende economizar recursos energéticos, entre ellos, los satélites o las aeronaves.
- 15 [0014] La invención tiene por objetivo paliar esos inconvenientes por medio de un dispositivo de articulación motorizado con un órgano motor que no descarga su energía brutalmente.
- 20 [0015] La invención también pretende que dicho dispositivo de articulación motorizado provoque tan solo un choque mínimo, o ninguno, en el momento final del despliegue, cuando esté en movimiento, y sobre todo, ningún choque mecánico significativo al final del pliegue y el despliegue.
- 25 [0016] La invención además presenta un dispositivo de articulación motorizado que se auto bloquea y que, por tanto, no puede desbloquearse repentinamente en posición de despliegue (y/o plegado).
- 30 [0017] Otro objetivo de la invención es que el dispositivo de articulación tenga una velocidad de despliegue (y/o de pliegue) controlada, sobre todo teniendo en cuenta que está compuesto de un órgano automotriz.
- 35 [0018] En concreto, la invención es un dispositivo de articulación motorizado en el que al menos una parte de la energía mecánica motriz y/o de frenado/amortiguado provenga de la deformación de un material con memoria de forma.
- 40 [0019] Otro objetivo de la invención es proponer que este dispositivo de articulación se componga de al menos un material con memoria de forma, de modo que el rendimiento de la potencia mecánica que este proporciona en relación con la energía necesaria para calentarse sea mejor que el de los órganos motores de materiales con memoria de forma de los dispositivos de articulación conocidos en el estado de la técnica.
- 45 [0020] En concreto, la invención está encaminada a proponer que dicho dispositivo de articulación pueda funcionar con una intensidad de corriente eléctrica débil.
- 50 [0021] Para que esto sea posible, la invención propone un dispositivo de articulación que une dos piezas en las extremidades, y está adaptado para poder ocupar como mínimo una posición plegada y otra desplegada, y que consiste en un dispositivo de material con memoria de forma que une las dos piezas de las extremidades, cuyas características son:
- el dispositivo está hecho de un material con memoria de forma y tiene al menos un conjunto en forma de ramo compuesto de hebras metálicas de un material con memoria de forma con capacidad para conducir la electricidad. Dichos ramos, que estarán colocados lateralmente adyacentes y lateralmente eléctricamente aislados los unos de los otros, tenderán a desformarse en flexión a partir de una temperatura, llamada temperatura de transformación, hacia una forma memorizada,
  - dicha forma memorizada de cada hebra metálica y cada ramo se habrá escogido de tal forma que la deformación en flexión conjunta en de cada hebra hacia la forma memorizada se corresponda a una deformación en flexión del ramo,
  - cada ramo constará de dos terminales de alimentación eléctrica entre las cuales las hebras se disponen en serie adaptadas para poder calentarse por efecto Joule, de forma que la alimentación eléctrica del ramo permite, gracias a un valor de intensidad de la corriente eléctrica que recorra las hebras correspondiente a un calentamiento por encima de su temperatura de transformación, llevar a cabo un esfuerzo de deformación de flexión del ramo.
- 55 [0022] Un dispositivo de articulación de esta invención puede utilizarse en numerosas aplicaciones, y sobre todo para aplicaciones que precisan de un movimiento único de despliegue y de pliegue. Se utiliza sobre todo en estructuras plegadas que se desea desplegar a distancia, por ejemplo, paneles solares de un satélite, que están plegado al enviar el satélite para reducir el volumen a bordo de una lanzadera y que se pretende desplegar en el espacio. Se trata, por tanto, de un uso único de despliegue del dispositivo de articulación.
- 60
- 65

- 5 **[0023]** No hay ningún motivo, sin embargo, para que el dispositivo no se pueda reutilizar varias veces, para pliegues y despliegues repetidos, con o sin bloqueo en posición desplegado y/o en posición de plegado; por ejemplo con al menos un ramo de material con memoria de forma de doble sentido, o con al menos dos ramos de material con tecnología de memoria de forma que funcionen alternativamente en sentidos inversos (uno se doble hacia una forma memorizada que fuerce la flexión del segundo, y el segundo vuelva a su forma original hacia una forma memorizada forzando la recuperación del primero).
- 10 **[0024]** Además, el dispositivo de articulación de la invención une dos piezas de extremidad, es decir, que una pieza de extremidad puede estar fijada a cualquiera de las extremidades del dispositivo de articulación. El dispositivo de articulación asegura una articulación entre las dos piezas de extremidad móvil.
- 15 **[0025]** Las piezas de extremidad de esta invención o de los elementos de extremidad en general pueden ser de muchos tipos, por ejemplo, postes, paneles, una cubierta y una estructura principal, etc.
- 20 **[0026]** El ramo de la invención está constituido por al menos dos hebras, es decir, dos elementos filiformes, cada una de las cuales depende de las dos piezas de extremidad de la articulación de la invención. Fabricadas con un método avanzado, estas hebras se realizan a partir de un mismo núcleo de hilo hecho de un material con memoria de forma, que se divide constantemente y se dispone en un cable aislante. Todas las hebras que se forman en dicho hilo presentan, por tanto, la misma sección. Si se utilizan técnicas avanzadas de realización de la invención, el conjunto de hebras de un ramo es en realidad un solo hilo que se repliega muchas veces sobre las extremidades del ramo.
- 25 **[0027]** Las hebras el ramo de la invención presentan la ventaja de tener un núcleo de material con memoria de forma que conduce la electricidad, como es el caso de la mayor parte de aleaciones con memoria de forma. Además, dicho material con memoria de forma presenta una resistividad no-nula y suficiente para ser calentada por efecto de Joule en los entornos para los que el dispositivo de la invención está destinado. Sobre todo, para dispositivos de articulación cuyo objetivo es ser fijados a un sistema espacial, de material con memoria de forma que debe presentar una resistividad no-nula a las temperaturas que se alcanzan en el espacio.
- 30 **[0028]** Es más, las hebras de la invención presentan otra ventaja, el aislamiento eléctrico de su superficie externa lateral. Este aislamiento puede realizarse de varias maneras, por ejemplo, con esmalte, con un cable aislante, o incluso presentando el conjunto de hebras del ramo en un material que aisle de la electricidad.
- 35 **[0029]** Así, podemos escoger la sección de las hebras de un ramo en función de su resistividad, de la intensidad de corriente disponible y de la temperatura de transformación del material con memoria de forma que se utilice. Por otro lado, también podemos elegir un material con memoria de forma en función de su resistividad y de su temperatura de transformación, de forma que los criterios de volumen del dispositivo de articulación de la invención queden satisfechos (número de ramos, número de hebras por ramo, sección de cada ramo, etc.).
- 40 **[0030]** Este aislamiento lateral es necesario. De hecho, las hebras de un ramo como el de la invención se pueden unir mecánicamente, es decir, que están dispuestas una al lado de otra lateralmente, en contacto mecánico entre sí. Las hebras pueden estar unidas de diferentes maneras, así, pueden estar literalmente pegadas las unas a las otras. En otro modo de realización, podrían estar mantenidas en el centro del ramo, por ejemplo, por medio de pinzas, sin dejar por eso de tener una cierta libertad para deslizarse longitudinalmente unas con respecto de las otras para evitar así tensiones longitudinales demasiado elevadas en el momento de una flexión importante.
- 45 **[0031]** Otra ventaja es que el ramo es y no deja de ser un ramo con hebras que se unen, independientemente de la forma geométrica que adopte. Esta disposición en ramo con hebras unidas del material con memoria de forma permite multiplicar la potencia mecánica desarrollada en una magnitud igual al material con memoria de forma. Además, dicha disposición permite igualmente conservar un ramo resistente en el tiempo, y evitar sobre todo que se deshaga después de varios ciclos de pliegue y despliegue.
- 50 **[0032]** Al estar unidas lateralmente, el aislamiento eléctrico lateral de las hebras permite evitar cortocircuitos cuando una corriente eléctrica las recorre.
- 55 **[0033]** De hecho, en esta invención, las hebras de un mismo ramo están conectadas en serie eléctricamente, de forma que la corriente puede recorrer sin problemas todo el largo de una primera hebra antes de propagarse una segunda hebra, y así repetidamente. Dicho ramo opone, por tanto, una resistencia eléctrica de valor sustancial al paso de la corriente equivalente a la suma de las resistencias eléctricas individuales de cada una de las hebras que lo constituyen, como mínimo.
- 60 **[0034]** Así pues, el ramo de la invención está constituido por hebras unidas unas a otras en serie eléctrica y mecánicamente en paralelo las unas a las otras. De este modo, cada hebra puede realizar un trabajo elemental que contribuye al trabajo total del ramo, de hecho, dicho trabajo total se corresponde a la suma de los trabajos elementales de todas las hebras del ramo.
- 65

- 5 [0035] Por tanto, podemos elegir la sección de hebras de un ramo en función de la resistividad y de la temperatura de transformación del material con memoria de forma utilizado. Igualmente, se puede elegir un material con memoria de forma en función de su resistividad y de su temperatura de transformación para satisfacer los criterios de volumen del dispositivo de articulación de la invención (número de ramos, número de hebras por ramo, sección de cada hebra, etc.).
- [0036] El hecho de que las hebras estén dispuestas unidas y conectadas en serie en el seno de un ramo presenta numerosas ventajas.
- 10 [0037] Así, la corriente eléctrica necesaria para calentar las hebras por efecto de Joule es muy inferior a la corriente eléctrica necesaria para calentar por efecto de Joule un volumen de material con memoria de forma «en bloque». Esta característica constituye una ventaja importante en los casos en los que el dispositivo de articulación se utiliza a bordo de sistemas autónomos en los que se pretende ahorrar recursos energéticos o que no están preparados para proporcionar corrientes de una intensidad elevada, por ejemplo, a bordo de vehículos, de sistemas espaciales como los satélites, o de aeronaves.
- 15 [0038] Es más, el ramo de hebras se deforma en bloque, es decir, simultáneamente (ya que las calienta una misma corriente eléctrica), y adopta la misma forma, de modo que tienden hacia una misma forma memorizada que se corresponde con la forma memorizada del ramo que constituyen en conjunto.
- 20 [0039] Las hebras de un mismo ramo ejercen fuerzas mecánicas individuales simultáneamente y en paralelo, el trabajo total de un ramo es, así, la suma de los trabajos individuales de cada hebra.
- [0040] El rendimiento de la energía mecánica desarrollada con la intensidad eléctrica proporcionada se mejora, de esta forma, significativamente.
- 25 [0041] Una ventaja añadida es que cada ramo presenta más de dos hebras.
- [0042] Además, desde el punto de vista eléctrico, varios ramos pueden estar imbricados en el seno de una misma estructura alargada (un mismo accionador mecánico). Esto es, que dos series independientes de hebras conectadas en serie se encuentran eléctricamente y en paralelo en una misma estructura alargada que une dos piezas de extremidad. En la presente invención, un ramo es un ramo en el sentido eléctrico de la palabra: una serie de hebras metálicas conectadas en serie eléctricamente. Se puede agrupar mecánicamente varios ramos en un mismo accionador.
- 30 [0043] Un ramo como el de la invención presenta por tanto una conexión eléctrica a cada una de sus extremidades eléctricas (primera extremidad de la primera hebra y segunda extremidad de la hebra terminal) adaptadas para unir cada ramo de hebras a una alimentación eléctrica externa no descrita en la presente invención.
- 35 [0044] Cada uno de esos ramos puede estar unido eléctricamente a una alimentación eléctrica. Otra opción es que dos, como mínimo, o varios, o el conjunto de los ramos estén unidos eléctricamente en serie.
- 40 [0045] El ramo de la invención es especialmente adecuado para:
- mantener un dispositivo de articulación en una primera posición plegado o desplegado, aunque más frecuentemente en posición de plegado,
  - servir de motor al dispositivo de articulación en pliegue y/o en despliegue de forma controlada,
  - amortiguar los choques antes, durante y después del despliegue (y/o el pliegue) del dispositivo de articulación,
  - bloquear el dispositivo de articulación en una segunda posición (respectivamente desplegada o plegada), sobre todo en la posición de plegado.
- 45
- 50 [0046] En esta invención, el material con memoria de forma tiene la ventaja de ser del tipo un solo sentido, con lo que permanece en la forma memorizada después incluso de haberse enfriado por debajo de su temperatura de transformación.
- 55 [0047] Con un material con tecnología de memoria de forma de un solo sentido podemos fabricar los ramos en número par en oposición de funcionamiento, para posibilitar fases sucesivas de pliegue y despliegue. Para conseguirlo, alimentamos un primer grupo (la mitad del número total) de ramos para el pliegue del dispositivo de articulación, dichos ramos tenderán hacia una forma memorizada doblada y deformarán los otros ramos al mismo tiempo que estos pliegan la articulación. Después, el primer grupo de ramos dejará de recibir alimentación (se enfría), y alimentamos el segundo grupo, que tenderá hacia una forma memorizada desplegada y deformará el primer grupo de ramos al mismo tiempo que despliega la articulación.
- 60
- 65 [0048] Sin embargo, a menudo pretendemos fabricar dispositivos de articulación de un solo uso, es decir, que sólo sirven para realizar un único movimiento de pliegue o despliegue. Este es el caso, por ejemplo, de los dispositivos de articulación que permiten lanzar un satélite con los paneles solares plegados para reducir el

volumen en el momento del lanzamiento y que se despliegan una sola vez, en el momento en el que el satélite se encuentra en el espacio.

**[0049]** Así, en el caso de un dispositivo de articulación de un solo sentido, el conjunto de ramos se deforma de una forma tensada plegada (o desplegada) a una forma memorizada desplegada (o plegada) bajo los efectos de calentamiento, sobre todo de un calentamiento por encima de su temperatura de transformación.

**[0050]** Además, la invención presenta la ventaja de que el dispositivo de articulación consta de una junta de articulación que une mecánicamente las dos piezas de las extremidades, y está adaptada para poder adoptar al menos una posición de plegado y una posición de desplegado.

**[0051]** El dispositivo de articulación de la invención puede contar con dicha junta de articulación, sin que eso sea necesario. De hecho, la junta de articulación de la invención tiene por función asegurar una unión mecánica articulada en dos piezas de las extremidades. Además, la invención tiene en cuenta un dispositivo de articulación que no cuente con ninguna junta de articulación. En cualquier modo de realización, el dispositivo de material con memoria de forma, sobre todo los ramos, garantiza de esta forma dicha función de articulación entre las dos piezas de las extremidades.

**[0052]** La junta de articulación de la invención puede ser de cualquier tipo, siempre que garantice la articulación en flexión y/o en rotación entre una posición plegada y una posición desplegada, como mínimo. Cuenta con la ventaja de estar fabricada con una unión de materiales elásticos en flexión, es decir, con propiedades elásticas intrínsecas o bajo la forma de elementos tan finos que el material se vuelve elástico en flexión. Tiene la capacidad, en concreto, de funcionar como automotor, en segunda posición (desplegada o plegada), es decir, de almacenar una energía antes de su despliegue (o de su pliegue) que este libera para llevar a cabo un despliegue (o un pliegue) de forma autónoma.

**[0053]** Sin embargo, no hay ningún motivo por el que dicha junta de articulación no pueda estar compuesta de un material que no sea elástico. Es posible también, por ejemplo, que esté constituida por elementos mecánicos que formen una unión mecánica en flexión y/o en rotación, por ejemplo, una bisagra, una articulación, un cojinete liso, un rodamiento,...

**[0054]** Además, en el dispositivo de la invención, la junta de articulación une dos piezas de extremidad, es decir, que una pieza de extremidad está fijada a cada una de las extremidades de la junta de articulación. La junta de articulación proporciona la articulación entre estas dos piezas de extremidad móviles, una con respecto a la otra.

**[0055]** Se introduce la ventaja de que cada una de las extremidades longitudinales del ramo de la invención están fijadas respectivamente a una de las dos piezas de extremidad y/o a una de las dos extremidades de la junta de articulación. Así, el ramo puede llevar la junta de la articulación de una posición plegada a otra desplegada, y/o de una posición desplegada a otra desplegada.

**[0056]** El ramo de la invención tiene la capacidad de:

- mantener una junta de articulación en una primera posición plegada o desplegada, sobre todo en una posición de plegado, ya sea la junta automotriz o no,
- acompañar a la junta de articulación, esto es, asegurar las funciones de:
  - motorización si la junta de articulación es pasiva o está bloqueada,
  - control de la velocidad de despliegue (y/o de pliegue) de la junta de articulación, en el caso de que esta sea automotriz, por ejemplo en el caso de una junta de articulación que lleve una pieza elástica (muelle, junta de Carpentier, etc.),
  - amortiguar los choques antes, durante y después del despliegues (y/o el pliegue de la junta de articulación,
  - bloquear la junta de articulación en una segunda posición (respectivamente desplegada o plegada), sobre todo en una posición desplegada.

**[0057]** De hecho, al calentar el ramo de material con memoria de forma de la invención por debajo de su temperatura de transformación, este tiende a deformarse en flexión hacia una forma memorizada que se corresponde con una fluctuación de las temperaturas que se encuentran por encima de la fluctuación de temperaturas a la que este se deforma de una forma hacia otra, y sea cual sea la junta de articulación asociada a este en un dispositivo como el de la invención.

**[0058]** Además, en esta invención se introduce la ventaja de dicha junta de articulación es una junta automotriz a partir de una posición plegada y de auto-bloqueo en posición desplegada, que consta al menos de una cinta, la cual se curva, en la sección derecha transversal hacia una curva de curvatura cóncava en posición desplegada. Cada cinta curva está adaptada para plegarse elásticamente en flexión con tensión elástica de flexión apta para accionar al menos parcialmente el despliegue de dicho dispositivo de articulación.

**[0059]** Una cinta es una porción de material de un grosor mucho menor al resto de las dimensiones. Un ejemplo de cinta curva es la que se describe a continuación, una junta (o muelle) de Carpentier.

5 **[0060]** Una cinta curva como la de la invención es un perfil de sección cóncava vista de un lado, y convexa vista desde el otro. Presenta un eje longitudinal correspondiente a su dirección principal, a lo largo de su dimensión más grande (la longitud), en posición desplegada. Un corte en un plano ortogonal en dicho eje longitudinal, es decir, una sección derecha transversal de la cinta curva, presenta una curvatura que siempre será del mismo signo, sin presentar ningún punto de inflexión.

10 **[0061]** La cinta curva de la invención se pliega en una posición inicial en la que puede almacenar energía mecánica en forma elástica. Así, libera esta energía al desplegarse, de forma que su energía potencial elástica en posición desplegada es inferior a su energía en posición plegada. De modo que presenta una posición estable en posición desplegada e inestable en posición plegada.

15 **[0062]** Además, la curvatura de las cintas curvas en estado desplegado forma un efecto de pliegue que produce una gran resistencia a la rotura del dispositivo de articulación en posición desplegada y, por lo tanto, un bloqueo de la articulación en posición desplegada.

20 **[0063]** Sin embargo, puede ocurrir que una cinta curva, sobre todo de las del tipo junta de Carpentier, se bloquee durante el proceso de despliegue y/o se bloquee en su posición desplegada por efecto de choques externos. Uno o más ramos de la invención presentan así la ventaja de proporcionar una fuerza motriz para pasar los posibles puntos de bloqueo durante el proceso de despliegue de junta de articulación que lleve una de estas cintas curvas. Estos ramos proporcionan también un bloqueo en posición desplegada. De hecho, el material con memoria de forma presenta una forma estable, la cual es memorizada en posición desplegada. En particular, el material con memoria de forma de tipo un solo sentido que haya sido devuelto a su forma memorizada se encuentra en una forma estable independientemente de la temperatura a la que se encuentre.

25 **[0064]** La invención presenta ventajas si es realizada de modo que dicha junta de articulación cuente con tres cintas curvas, de las que dos, situadas lateralmente con respecto a la tercera, presenten una concavidad orientada en el mismo sentido, y contraria a la concavidad de la tercera cinta curva.

30 **[0065]** La orientación de una concavidad puede, por ejemplo, estar representada por el vector suma de los vectores que representan la aceleración de un objeto recorriendo a velocidad lineal constante la sección derecha de una cinta curva del lado cóncavo de la cinta, o, por ejemplo, el vector suma de los vectores normales unitarios en cada punto de la superficie cóncava.

35 **[0066]** Con este modo de realización, la concavidad de dos de las tres cintas curvas se orienta en el mismo sentido, es decir, que obtenemos la posición de la segunda cinta curva por una translación simple de la posición de la primera cinta curva. La concavidad de la tercera cinta curva se orienta en la misma dirección en el sentido contrario, es decir, que obtenemos la posición de la tercera cinta curva por rotación de 180° de una de las dos primeras cintas curvas entorno a su eje longitudinal y de una traslación.

40 **[0067]** Además, las dos primeras cintas se sitúan lateralmente la una de la otra y de la tercera cinta central (las orientaciones de sus concavidades no son colineales, sino paralelas). Esta estructura permite no solamente que se plieguen las tres cintas de forma ortogonal respecto a su eje longitudinal para almacenar energía elástica, sino también servir de guía de la articulación para que se despliegue en una sola dirección fija para evitar toda rotación innecesaria alrededor del eje longitudinal del dispositivo de articulación durante el proceso de despliegue.

45 **[0068]** Además, las tres cintas curvas pueden estar situadas en el mismo plano o no. La ventaja es que al menos dos de las cintas curvas con concavidad orientada en el mismo sentido se sitúan en el mismo plano.

50 **[0069]** Se pueden plantear muchas otras formas de disponer una o varias de las cintas curvas para realizar una junta de articulación como la de la invención. Por ejemplo, las tres cintas curvas pueden disponerse de forma concéntrica entorno a un mismo eje, en cuyo caso sus concavidades se orientarían hacia dicho eje, de forma que formarían una envoltura teórica elipsoidal, en concreto, un cilindro de revolución, entorno a dicho eje.

55 **[0070]** Es más, se puede formar varias cintas a partir de una misma pared apropiada, de forma ondulada en la que practicaríamos aberturas para separar las cintas curvas formadas por las cintas de la pared restante.

60 **[0071]** Otra ventaja de la invención es que, con otro modo de realización, la junta de articulación puede constar de una pared tubular que presente al menos dos aberturas longitudinales que separen un mínimo de dos curvas longitudinales.

**[0072]** La pared tubular presenta forma de tubo en posición completamente desplegada. Este tubo puede presentar diferentes perfiles en un corte derecho transversal, en concreto un perfil elipsoidal y otro circular.

65 **[0073]** La pared tubular permite realizar las cintas curvas de un mismo material y grosor, así como formar cintas curvas fácilmente al formar aberturas longitudinales en dicha pared tubular. Las aberturas practicadas en la pared

son, por tanto, cintas curvas complementarias. Estas aberturas se extienden longitudinalmente con respecto al eje principal del tubo formado por la pared tubular en posición desplegada.

**[0074]** El número de aberturas longitudinales de la pared determina el número de cintas curvas que se formará: habrá tantas cintas curvas como aberturas longitudinales. Como mínimo se practicarán dos aberturas en la pared tubular, o sea que, como mínimo, habrá dos cintas curvas.

**[0075]** En particular, una de las ventajas de la invención es que dicha pared tubular presenta tres aberturas laterales distribuidas uniformemente sobre su diámetro, de forma que las tres cintas curvas longitudinales quedan separadas.

**[0076]** Cuando dicha junta se encuentre en posición plegada, dos o tres cintas curvas de la pared tubular se pliegan estratégicamente en un sentido, mientras que la tercera se pliega en otro.

**[0077]** Además, el dispositivo de articulación de la invención presenta dos ramos fijados en el exterior, y en cada lateral del espacio comprimido en el interior de la envoltura teórica de dicha pared tubular.

**[0078]** Una junta de articulación en forma de pared tubular separa el espacio en dos, entre un espacio, llamado espacio interior, delimitado por la envoltura teórica de la pared tubular, y el resto del espacio, llamado espacio exterior. De manera que los dos ramos de hebras de la invención se encuentran en el exterior de las juntas de articulación.

**[0079]** Los dos ramos están dispuestos en cada uno de los lados de la junta de articulación, lo que supone una ventaja, ya que de esta manera definen, en posición de plegado, un plano de ejes principales de cada uno de los dos ramos en posición desplegada.

**[0080]** El dispositivo de articulación de la invención está estratégicamente plegado de un lado o del otro de dicho plano, de manera que los dos ramos se pliegan con una curvatura similar, evitando así una extensión y/o retracción exageradas uno respecto del otro. En particular, los dos ramos no están montados de manera que en posición de plegado uno presente un radio de curvatura superior al radio de curvatura superior al de la junta de articulación, y el segundo ramo presente un radio de curvatura inferior al radio de curvatura de la junta de articulación.

**[0081]** Esta disposición también supone una ventaja para el dispositivo de la invención que tenga más de dos ramos.

**[0082]** En general, los ramos están fijados a dicha junta de articulación, de modo que no interfieren en el pliegue de las cintas curvas, lo cual supone una ventaja.

**[0083]** Por otra parte, cada ramo del dispositivo de articulación de la invención cuenta con entre 2 y 10.000 hebras conectadas en serie eléctricamente, más comunmente entre 10 y 500 hebras conectadas en serie eléctricamente.

**[0084]** Dicho ramo se extiende longitudinalmente a lo largo de una cinta curva, y está situado mayoritariamente en el espacio comprendido entre la cinta curva y un plano que contiene al menos una de las cuerdas de la cinta curva. En particular, el ramo se encuentra comprendido en su mayor parte en el espacio delimitado por dicha cinta curva y un plano que contiene dos de sus cuerdas más grandes, dichas cuerdas son diferentes. El ramo se encuentra «dentro» de la concavidad formada por una de las cintas curvas.

**[0085]** Esta disposición permite realizar un dispositivo de articulación de la invención más compacto cuando los ramos se encuentran en el exterior de la junta de articulación. El ramo situado en la concavidad de una cinta curva puede entrar en contacto con el anterior.

**[0086]** Además, el número de cintas curvas que llevan un ramo alojado en su concavidad puede variar. Por ejemplo, dos de las tres cintas curvas simétricas pueden presentar un ramo como el de la invención en la concavidad. Igualmente, una misma cinta curva puede presentar más de un ramo alojado en su concavidad.

**[0087]** De esta forma, el dispositivo de articulación de la invención presenta la ventaja de constar de dos ramos, cada uno dispuesto entre una cinta curva y un plano con una cuerda de dicha cinta curva.

**[0088]** El ramo de uno del dispositivos de la invención presenta características que se eligen en función de los diferentes modos de realización y/o de las diferentes aplicaciones del dispositivo de la invención. De hecho, las características técnicas del ramo pueden elegirse por ejemplo en función de: el número de ramos en el dispositivo de articulación, la naturaleza de la junta de articulación (sobre todo basándose en si es automotriz o no), las dimensiones del dispositivo, la potencia de trabajo que debe llevar a cabo cada ramo (motorización o frenado, por ejemplo), las condiciones exteriores de despliegue (y de pliegue) (por ejemplo, en un elemento fluido, en el espacio, a una cierta temperatura,...), etc.



**[0089]** En particular, en un ramo como el de la invención, podemos por ejemplo elegir: el material con memoria de forma, la longitud del ramo, el número de hebras, la sección eficaz de material con memoria de forma de cada hebra, el material aislante entre las hebras, etc.

5 **[0090]** Podemos elegir el material con memoria de forma en función de su resistividad, y lo adaptamos, sobre todo, en función del acoplado mecánico que deseemos obtener en el número de ramos, el número y la longitud de las hebras de un ramo y la sección eficaz de cada hebra.

10 **[0091]** La invención presenta la ventaja de que cada ramo conste de entre 2 y 10.000 hebras conectadas en serie eléctricamente.

15 **[0092]** Con un mayor número de hebras se consigue aumentar la resistencia eléctrica, y así obtener un calentamiento más elevado con la misma intensidad de corriente eléctrica. Además, un número muy elevado de hebras permite desarrollar un esfuerzo mucho mayor, dado que cada hebra contribuye al trabajo total desempeñado por el ramo al que pertenece.

**[0093]** Una de las principales ventajas de la invención es que cada ramo lleve entre 10 y 500 hebras conectadas en serie eléctricamente.

20 **[0094]** Además, el dispositivo de articulación de la invención está adaptado de manera que puede fijarse en un satélite, con las juntas de articulación y todos los ramos en posición plegada en el momento del lanzamiento, para ser desplegados después en condiciones de microgravedad en el espacio.

25 **[0095]** De hecho, la invención propone un dispositivo de articulación de dimensiones reducidas, de poco peso, simple y fiable, con el objetivo de un despliegue único y bloqueo en posición desplegada, que amortice los posibles choques y vibraciones antes, durante y después del despliegue, cuya velocidad sería controlada, y que no consuma apenas energía eléctrica, ya que no requiere mucha intensidad eléctrica en relación con la potencia mecánica que desempeña.

30 **[0096]** La invención también se refiere a un dispositivo de articulación caracterizado por la combinación de todas o parte de las características antes mencionadas, o mencionadas a continuación.

35 **[0097]** La invención es también extensible a todo sistema espacial que esté equipado con al menos un dispositivo de articulación caracterizado por la combinación de todas o parte de las características antes mencionadas, o mencionadas a continuación. En particular, la invención es extensible a todo sistema espacial que esté equipado con un dispositivo de articulación de semejantes características con el objetivo de presentar al menos un elemento, por ejemplo, un panel solar fotovoltaico, en posición plegada en el lanzamiento, para ser desplegado y bloqueado en condiciones de microgravedad en el espacio.

40 **[0098]** Otros objetivos, características y ventajas de la invención se aprecian con la lectura de la siguiente descripción de dos modos de realización preferentes que se ponen a título de ejemplo, pero no suponen una limitación, y hacen referencia a las figuras en el anexo, en las cuales:

- 45 - la figura 1a es una vista esquemática de un dispositivo de articulación siguiendo el primer modo de realización conforme a la invención, cuenta con una pared tubular que presenta tres aberturas, y se encuentra en posición de plegado,
- la figura 1b es una vista esquemática de un dispositivo de articulación como el de la invención, conforme a la figura 1a, en posición desplegada,
- 50 - la figura 1c es una vista esquemática de un dispositivo de articulación como el de la invención, con un corte transversal según el plano I-I de la figura 1b,
- la figura 2a es una vista esquemática de el dispositivo de articulación de la invención según un segundo modo de realización conforme a invención, que cuenta con tres cintas curvas, y se encuentra en posición de pliegue,
- la figura 2b es una vista esquemática de un dispositivo de articulación, conforme a la figura 2a, en posición de despliegue,
- 55 - la figura 2c es una vista esquemática de un dispositivo de articulación como el de la invención, con un corte transversal según el plano II-II de la figura 2b,
- la figura 3a es una vista esquemática de un dispositivo de articulación según un tercer modo de realización conforme a la invención que cuenta con dos piezas de extremidad que hacen las veces de junta de articulación del tipo enlace pivotante por sus complementarios, en una posición de pliegue,
- 60 - la figura 3b es una vista esquemática de un dispositivo de articulación como el de la invención, conforme a la figura 3a, en posición de despliegue.

**[0099]** Un dispositivo de articulación según el primer modo de realización presentado en las figuras 1a, 1b y 1c presenta una junta de articulación en forma de pared tubular que une las piezas 31 y 32 en las extremidades, cilíndricas y fijadas ambas en un vástago longitudinal de la junta de articulación.

65

**[0100]** El dispositivo de articulación presenta una dirección 5 principal longitudinal en posición de despliegue (figura 1b). La junta de articulación tubular presenta un sobre teórico cilíndrico de revolución entorno a un eje, el llamado eje longitudinal 5.

5 **[0101]** La junta de articulación presenta tres aberturas que forman tres cintas curvas, 11, 12 y 13, con una curvatura monótona constante en la que la cara cóncava está orientada hacia el eje longitudinal 5. Las aberturas de la pared tubular tienen forma oblonga y están orientadas en el sentido longitudinal, paralelas entre sí. Estas aberturas también tienen idéntica forma y están distribuidas uniformemente entorno al perímetro de la pared tubular, esto es, que se encuentran a 120° unas de otras en relación con el eje longitudinal 5. De esta forma, las  
10 tres cintas curvas, 11, 12 y 13, son idénticas y también están distribuidas uniformemente entorno al perímetro.

**[0102]** En la posición de pliegue representada en la figura 1a, dos cintas curvas, 11 y 12 se repliegan sobre sí mismas hacia su cara interna, es decir, que sus lados cóncavos (que miran hacia el eje longitudinal 5 en posición de pliegue) se vuelven a encontrar de frente en posición de pliegue. La tercera cinta curva, la 13, se repliega sobre sí misma hacia su cara externa, es decir, que su lado convexo (situado hacia el exterior de la pared tubular en posición de despliegue) se encuentra de frente en posición de plegado. No hay ningún motivo por el que no se pueda plegar dicha junta de articulación en otro sentido, en concreto, en el sentido inverso.  
15

**[0103]** En este modo de realización, los dos ramos 21 y 22 son idénticos y están ambos dispuestos en el exterior de la junta de articulación, a un lado y otro de esta. Por lo tanto, están dispuestos simétricamente por una rotación de 180° entorno al eje longitudinal 5.  
20

**[0104]** Cada ramo 21 y 22 está constituido por un único hilo, cuyo núcleo está hecho de un material con memoria de forma que es conductor de la electricidad y presenta un cable aislante de electricidad. En cada ramo 21 y 22, dicho hilo se repliega varias veces sobre sí mismo en las extremidades del ramo, de modo que la forma de un ramo contiene varias hebras idénticas conectadas en serie y lateralmente eléctricamente aisladas las unas de las otras. El número de hebras puede variar por ejemplo entre 10 y 10.000, suele ser más frecuentemente del orden de 20.  
25

**[0105]** Las hebras que forman cada uno de los ramos 21 y 22 están pegadas unas a otras de modo que forman mecánicamente un ramo de una sola pieza. Un solo juego de hebras eléctricamente en serie constituye cada ramo.  
30

**[0106]** Cada uno de los ramos 21 y 22 está fijado mecánicamente a uno de los vástagos de la junta de la articulación por los puntos 41, 42, 43 y 44 de fijación próximos a las extremidades de los ramos longitudinales. Así los ramos pueden acompañar a la junta de articulación en su movimiento de despliegue.  
35

**[0107]** De hecho, el material con memoria de forma utilizado para realizar los ramos 21 y 22 es un material con memoria de forma de un solo sentido en el que la única forma memorizada corresponde a una posición desplegada representada en la figura 1b. Por lo tanto, se deforma anticipadamente en tensión hacia la forma plegada representada en la figura 1a, porque es accionado gracias a una corriente eléctrica que proporciona una alimentación eléctrica externa que no está representada en las figuras, que le permite calentarse por efecto Joule hasta alcanzar su temperatura de transformación por encima de la cual ejerce un trabajo en flexión que tiende a desplegar el dispositivo de articulación de una posición desplegada representada en la figura 1a hacia una posición plegada representada en la figura 1b.  
40  
45

**[0108]** Por ejemplo, se puede utilizar una aleación con memoria de forma de la familia de las aleaciones níquel-titanio con una resistividad comprendida entre  $0,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  y  $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  (en fase austénica y martensínica, respectivamente), cuya fluctuación de temperaturas de transformación oscila entre los 70 y los 90 grados Celsius. En consecuencia, podemos prever un ramo de 20 hebras en aleación Ni-Ti sección 0,63mm por un calentamiento por efecto Joule y una corriente de intensidad de 1 Amperio. Así obtenemos un acoplamiento comprendido entre 0,1 y 30 N.m, sobre todo del orden del 1 N.m.  
50

**[0109]** En este modo de realización en particular, el material de aleación con memoria de forma pasa de una temperatura ambiente a una temperatura de aproximadamente 100°C en pocos minutos (alrededor de 2). Así obtenemos una deformación completa de una primera forma a una forma memorizada en un período de tiempo que suele ir de 1 a 90 minutos, generalmente entre 2 y 10 minutos.  
55

**[0110]** Cada ramo 21 y 22, y, por tanto, cada hebra de cada ramo se deforma bajo tensión hacia la misma forma en pliegue. La posición de los ramos en relación con la junta de articulación determina, de esta manera, el sentido en el que la articulación se podrá plegar, ya sea de un lado o de otro del plano que contiene cada uno de los ramos 21 y 22 en posición de despliegue. De hecho, en los casos en los que el número de cintas curva en una junta de articulación del tipo pared tubular sea impar, como en el ejemplo representado en las figuras 1a, 1b y 1c, existe una importante disimetría entre los dos sentidos en los que la articulación se puede plegar.  
60

**[0111]** Además, cada ramo y, por extensión, cada hebra de cada ramo presenta la misma forma memorizada visiblemente rectilínea, como la que se representa en la figura 1b.  
65

**[0112]** Un dispositivo de articulación que corresponda a un segundo modo de realización representado en las figuras 2a, 2b y 2c presenta una junta de articulación formada por tres cintas curvas, 11, 12 y 13, que unen dos piezas, 31 y 32, en las extremidades en las que se encuentran fijadas.

**[0113]** El dispositivo de articulación presenta una dirección 5 principal longitudinal en posición desplegada (figura 2b) y una simetría con respecto a ese eje longitudinal 5.

**[0114]** Dos cintas curvas, 11 y 12, situadas en el exterior de la junta de articulación están visiblemente en un mismo primer plano P1 y son simétricas respecto a un segundo plano P2 ortogonal respecto al primer plano, que contiene el eje longitudinal 5. Una tercera cinta curva, 13, situada en el centro, presenta un eje de simetría longitudinal paralelo al eje longitudinal 5 que se encuentra en el segundo plano P2. La cinta curva central, 13, puede obtenerse por rotación de 180° y translación de una de las dos cintas curvas externas 11 o 12, de forma que esa concavidad está orientada en la misma dirección pero en un sentido contrario al de las concavidades de las dos cintas curvas externas 11 y 12. Las tres cintas curvas son, por lo tanto, idénticas desde el punto de vista geométrico.

**[0115]** La cinta curva central 13 está visiblemente en un plano P2 paralelo al primer plano P1 en el que se encuentran las dos cintas curvas externas 11 y 12.

**[0116]** Esta disposición de las cintas curvas 11, 12 y 13 permite crear una disimetría de la junta de la articulación, que sólo puede, de esta manera, plegarse en un sentido, de un lado o del otro del plano P1 (o P2).

**[0117]** En la posición de plegado representada en la figura 2a, las dos cintas curvas externas 11 y 12 se repliegan sobre sí mismas hacia su cara interna, es decir, que su lado cóncavo se encuentra de frente en posición plegada. La cinta curva central se repliega sobre sí misma sobre su cara externa, es decir, que su lado convexo se encuentra en oposición en posición de plegado. En posición de plegado, la cinta curva central pasa por entre las dos cintas curvas externas 11 y 12. Así, se observa una distancia lateral suficiente entre cada cinta curva externa 11 y 12 y la cinta central 13. Esta junta de articulación descrita también se puede plegar en el sentido contrario.

**[0118]** Con este modo de realización, los dos ramos idénticos 21 y 22 se colocan en el interior de la junta de articulación. Cada uno de ellos se aloja longitudinalmente en la concavidad de una de las cintas curvas externas 11 y 12. Por lo tanto, son simétricos respecto del plano P2.

**[0119]** Cada ramo 21 y 22 está formado por un único hilo cuyo núcleo está hecho de un material con memoria de forma que conduce la electricidad y que presenta un cable aislante de la electricidad. En cada ramo 21 y 22, dicho hilo se repliega muchas veces sobre sí mismo en las extremidades del ramo, de modo que forma un ramo constituido por muchas hebras idénticas conectadas en serie y lateralmente y eléctricamente aisladas. El número de hebras puede variar por ejemplo entre 10 y 10.000, pero más frecuentemente tendrá alrededor de 20.

**[0120]** Las hebras que forman cada uno de los ramos 21 y 22 están pegadas unas a otras de modo que forman un ramo en bloque, desde el punto de vista mecánico.

**[0121]** Cada uno de los ramos está fijado mecánicamente a cada una de las piezas extremidad, 31 y 32, por los estribos de fijación 45 y 46 para que puedan acompañar la junta de articulación en su movimiento de despliegue.

**[0122]** De hecho, el material con memoria de forma que se utiliza para realizar los ramos 21 y 22 es un material con memoria de forma de un solo sentido, en el que la única forma memorizada se corresponde con una posición desplegada representada en la figura 2b. Así pues, este se ha deformado previamente debido a la tensión hacia su forma plegada, figura 2a, puesto que se acciona gracias a una corriente eléctrica que proviene de una alimentación externa no representada en las figuras, que le permite calentarse por efecto Joule hasta su temperatura de transformación, por encima de la cuál ejerce un trabajo en flexión que tiende a desplegar el dispositivo de articulación, pasando de la posición representada en la figura 2a a la posición desplegada representada en la figura 2b.

**[0123]** Por ejemplo, podemos utilizar una aleación con memoria de forma de la familia de las aleaciones níquel-titanio de resistividad comprendida entre los 0,5.10<sup>-6</sup> Ω.m y los 1,1.10<sup>-6</sup> Ω.m (en fase austénica y marténica, respectivamente), y que tenga una fluctuación de las temperaturas de transformación que oscile entre los 70 a los 90 grados Celsius. Como consecuencia, obtendremos un ramo de 20 hebras de aleación Ni-Ti de sección 0,63 mm por calentamiento por efecto de Joule y corriente de intensidad 1 Amperio. Dicho dispositivo permite obtener un acoplamiento comprendido entre los 0,1 y los 30 N.m., más frecuentemente del orden de 1 N.m. de tamaño.

**[0124]** Con este modo de realización en concreto, el material de aleación con memoria de forma pasa de una temperatura ambiente a una temperatura de aproximadamente 100° en pocos minutos (alrededor de 2). Obtenemos de este modo una deformación completa de una primera forma a una forma memorizada en un período de tiempo que normalmente va de 1 a 90 minutos, con más frecuencia de 2 a 10 minutos en pliegue en el sentido contrario.

**[0125]** Cada ramo, 21 y 22 y, por extensión, cada hebra de cada ramo se ha deformado bajo presión hacia la misma forma plegada.

5 **[0126]** Además, cada ramo y, por extensión, cada hebra de este ramo presenta la misma forma memorizada visiblemente rectilínea como la representada en la figura 2b.

10 **[0127]** Dicho dispositivo de articulación fabricado según un tercer modo de realización está representado en las figuras 3a y 3b, y presenta una junta de articulación con dos piezas de articulación, 14 y 15, que la conforman. Esta junta de articulación hace de unión pivotante entorno al eje de articulación 6.

**[0128]** Además, las dos piezas de articulación, 14 y 15, están unidas respectivamente a dos piezas móviles de extremidad, 31 y 32.

15 **[0129]** El dispositivo de articulación presenta una dirección principal longitudinal 5 en posición desplegada (figura 3b).

20 **[0130]** Con este modo de realización, la junta de articulación compuesta por las piezas de articulación 14 y 15 no es automotriz. Los ramos de material con memoria de forma 21 y 22 son, por lo tanto, los únicos órganos motores para el paso del dispositivo de articulación de una posición de pliegue (figura 3a) a una posición de despliegue (3b).

**[0131]** Los ramos 21 y 22 garantizan de este modo una función de bloqueo de la junta de articulación en posición desplegada.

25 **[0132]** Con este modo de realización, se disponen dos ramos 21 y 22, idénticos entre sí, en el exterior de la junta de articulación, a un lado y a otro de esta última. Por lo tanto, ambos son simétricos respecto a un plano que contiene el eje longitudinal 5.

30 **[0133]** Cada ramo 21 y 22 está formado por un único hilo cuyo núcleo está hecho de un material con memoria de forma que conduce la electricidad y presenta un cable aislante de la electricidad. En cada ramo 21 y 22, dicho hilo se repliega varias veces sobre sí mismo en las extremidades del ramo, así pues, forma un ramo constituido por varias hebras idénticas conectadas en serie y lateralmente eléctricamente aisladas. El número de hebras puede variar, por ejemplo, entre 10 y 10.000, pero con mayor frecuencia tendrá entorno a 20.

35 **[0134]** Las hebras que forman cada uno de los ramos 21 y 22 están pegadas unas a otras, de modo que forman mecánicamente un ramo de una sola pieza. Un único juego de hebras conectadas en serie eléctricamente constituye, pues, cada ramo.

40 **[0135]** Cada ramo 21 y 22 está fijado mecánicamente a las piezas de articulación de la junta de articulación 14 y 15 por dos puntos de fijación, 41 y 42, que se encuentran próximos a los extremos longitudinales de los ramos. Así, los ramos pueden acompañar a la junta de articulación en su movimiento de despliegue.

45 **[0136]** De hecho, el material con memoria de forma utilizado para fabricar los ramos 21 y 22 es un material con memoria de forma de un solo sentido que tiene una sola forma memorizada que se corresponde a la posición de despliegue representada en la figura 3b. Por lo tanto, este se deforma previamente bajo tensión hacia su forma plegada representada en la figura 3a, después es accionado gracias a una corriente eléctrica proporcionada por una alimentación eléctrica externa no representada en las figuras que le permite calentarse por efecto Joule hasta una temperatura de transformación por encima de la cual ejerce un trabajo en flexión que tiende a desplegar el dispositivo de articulación, pasando de la posición representada en la figura 3a a la posición representada en la figura 3b.

50 **[0137]** Por ejemplo, podemos utilizar una aleación metálica de la familia de las aleaciones níquel-titanio de resistividad comprendida entre los  $0,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  y los  $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  (en fase austénica y martensítica, respectivamente), cuya fluctuación de temperatura de transformación oscile entre los 70 y los 90 grados Celsius. De este modo, podemos esperar obtener un ramo de 20 hebras de aleación Ni-Ti de sección 63  $\mu m$  para un calentamiento por efecto Joule y una intensidad de corriente de 1 Amperio. Dicho dispositivo permite obtener un acoplamiento comprendido entre los 0.1 y los 30 N.m., con mayor frecuencia, del orden de 1 N.m. de tamaño.

55 **[0138]** Con este modo de realización en concreto, el material de aleación con memoria de forma pasa de una temperatura ambiente a una temperatura de entorno a los 100° en pocos minutos (aproximadamente 2). Obtenemos, de este modo, una deformación completa de una primera forma hacia una forma memorizada en un periodo de tiempo que generalmente va de 1 a 90 minutos, con mayor frecuencia de 2 a 10 minutos.

60 **[0139]** Cada ramo 21 y 22 y, por extensión, cada hebra de cada ramo se ha deformado bajo presión hacia una misma forma plegada.

65

**[0140]** Además, cada ramo y, por extensión, cada hebra de este ramo, presenta notablemente la misma forma memorizada, la forma representada en la figura 3b.

5 **[0141]** La invención puede ser objeto de numerosas variantes, tal como se ha visto en los modos de realización descritos en este documento y representados en las figuras.

**[0142]** En concreto, la invención puede no constar de junta de articulación, ya que la articulación entre dos piezas de extremidad puede llevarse a cabo con ramos de material con memoria de forma.

10 **[0143]** Además, cuando lleva un mínimo de una junta de articulación, la invención se puede usar con todos los tipos y formas de juntas de articulación. Así, es posible usar la junta de articulación añadiendo además otros elementos como las cintas curvas (juntas de Carpentier), o un número o distribución diferentes de dichas cintas curvas.

15 **[0144]** Sobre todo, es posible usar una junta de articulación que no se auto-bloquee en posición desplegada (o plegada), asociada por ejemplo a materiales con memoria de forma de doble sentido, para realizar un dispositivo de articulación capaz de plegarse y desplegarse varias veces.

**[0145]** Además, se puede elegir entre los diferentes materiales con memoria de forma conocidos, en función de sus características propias, para realizar los ramos de hebras metálicas.

20 **[0146]** El dispositivo de articulación de la invención puede así mismo llevar un número diferente de ramos y otra distribución de estos. El número de hebras, su longitud, su sección, el material con memoria de forma utilizado, el aislante, etc. de cada ramo puede adaptarse a las necesidades de cada aplicación del dispositivo de articulación de esta invención.

25 **[0147]** Por último, el ramo de material con memoria de forma puede perfectamente presentar una longitud diferente en posición plegada y en posición desplegada, sobre todo si se realiza con un material con memoria de forma que se retracte o se alargue entre una y otra posición.

30

35

40

45

50

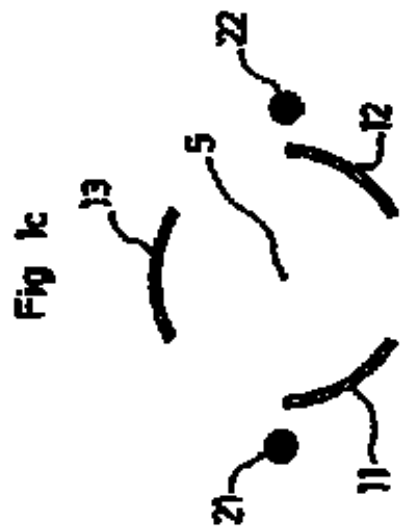
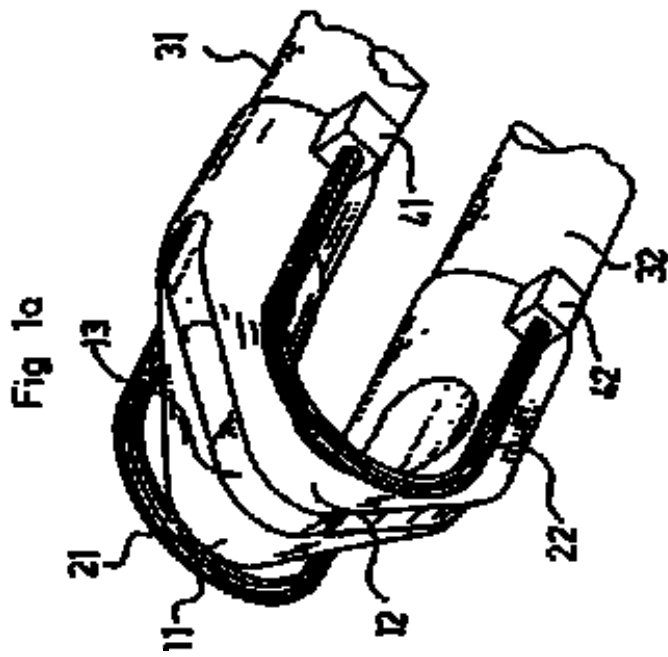
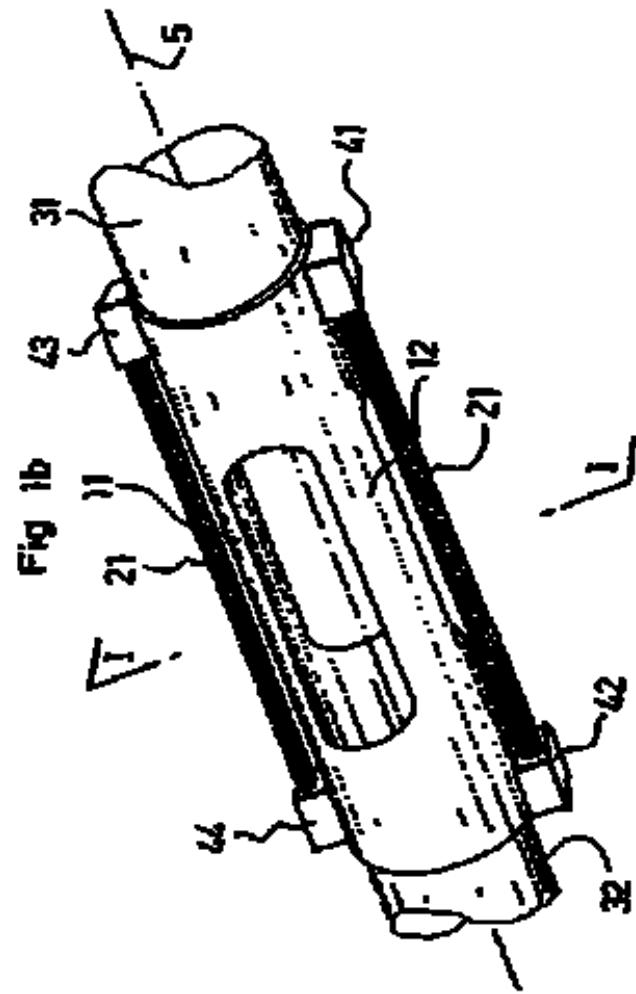
55

60

65

## REIVINDICACIONES

- 5 1. El dispositivo de articulación que une dos piezas de extremidad (31,32), adaptado para poder ocupar como mínimo una posición plegada y como mínimo una posición desplegada, que consta de un dispositivo de material con memoria de forma que une las dos piezas de extremidad, y **caracterizado porque**:
- 10 -el dispositivo de material con memoria de forma comprende como mínimo un conjunto en forma de ramo (21, 22) de hebras metálicas de hilo de material con memoria de forma conductor de la electricidad, que se encuentran lateralmente adyacentes y lateral y eléctricamente aisladas. Cada hebra tiende a deformarse en flexión a partir de una temperatura, llamada temperatura de transformación, hacia una forma memorizada,
- 15 -dicha forma memorizada de cada hebra de cada ramo (21, 22) se escoge de tal modo que una deformación conjunta en flexión de cada una de las hebras hacia la forma memorizada corresponde a una deformación en flexión del ramo (21, 22),
- cada ramo (21,22) consta de dos terminales de alimentación eléctrica entre los que las hebras se adaptan en serie eléctricamente para poder calentarse por efecto Joule, de forma que la alimentación eléctrica de dicho ramo (21, 22) permite, a partir de un valor de intensidad de una corriente eléctrica que recorre las hebras correspondiente a su calentamiento por encima de su temperatura de transformación, llevar a cabo un trabajo de deformación en flexión del ramo (21, 22).
- 20 2. El dispositivo de articulación según reivindicación 1, **caracterizado porque** que el material con memoria de forma es del tipo un solo sentido, por lo que conserva su forma memorizada después de enfriarse por debajo de su temperatura de transformación.
- 25 3. El dispositivo de articulación según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** que consta además de una junta de articulación que une mecánicamente las dos piezas de extremidad (31, 32) adaptada para poder ocupar como mínimo una posición de plegado y como mínimo una posición de desplegado.
- 30 4. El dispositivo de articulación según la reivindicación 3, **caracterizado porque** que dicha junta de articulación es una junta automotriz a partir de una posición plegada y se auto-bloquea a partir de un a posición desplegada. Consta de cómo mínimo una cinta, dicha cinta curva (11, 12, 13), en su sección derecha transversal presenta una curvatura cóncava monótona en posición desplegada. Cada cinta curva (11, 12, 13) está adaptada para ser plegada elásticamente en flexión con presiones elásticas de flexión capaces de accionar como mínimo parcialmente el despliegue de dicho dispositivo de articulación.
- 35 5. El dispositivo de articulación según la reivindicación 4, **caracterizado porque** que dicha junta de articulación contiene 3 cintas curvas (11, 12, 13), de las cuales dos están situadas en los laterales de la tercera, y presentan una concavidad orientada en el mismo sentido, y contraria al sentido de la orientación de la concavidad de la tercera cinta curva (13).
- 40 6. El dispositivo de articulación según las reivindicaciones 4 o 5, **caracterizado porque** que dicha junta de articulación comprende una pared tubular que presenta un mínimo de dos aberturas laterales que separan como mínimo dos cintas curvas longitudinales.
- 45 7. El dispositivo de articulación según la reivindicación 6, **caracterizado porque** que dicha pared tubular presenta tres aberturas laterales distribuidas uniformemente entorno a su diámetro, dichas aberturas separan las tres cintas curvas longitudinales (11, 12, 13).
- 50 8. El dispositivo de articulación según las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado porque** que presenta dos ramos (21, 22) fijados en el exterior de cada lado del espacio comprendido en el interior del sobre teórico de dicha pared tubular.
- 55 9. El dispositivo de articulación según las reivindicaciones 4 a 8, **caracterizado porque** que comprende como mínimo un ramo (21, 22) dispuesto cada uno entre una cinta curva (11, 12, 13) y un plano que contiene una cuerda de dicha cinta curva.
- 60 10. El dispositivo de articulación según la reivindicación 9, **caracterizado porque** que consta de dos ramos (21, 22) dispuesto cada uno entre una cinta curva (11, 12, 13) y un plano que contiene una cuerda de dicha cinta curva.
- 65 11. El dispositivo de articulación según las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** que cada ramo (21, 22) consta de entre 2 y 10.000 hebras conectadas en serie eléctricamente, con mayor frecuencia entre 10 y 500 hebras conectadas en serie eléctricamente.
12. Sistema espacial **caracterizado porque** que comprende como mínimo un dispositivo de articulación, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 11, para poder presentar al menos un elemento en posición plegada en el momento del lanzamiento. Cada elemento tiene el objetivo de pasar a posición desplegada bloqueada en el espacio.



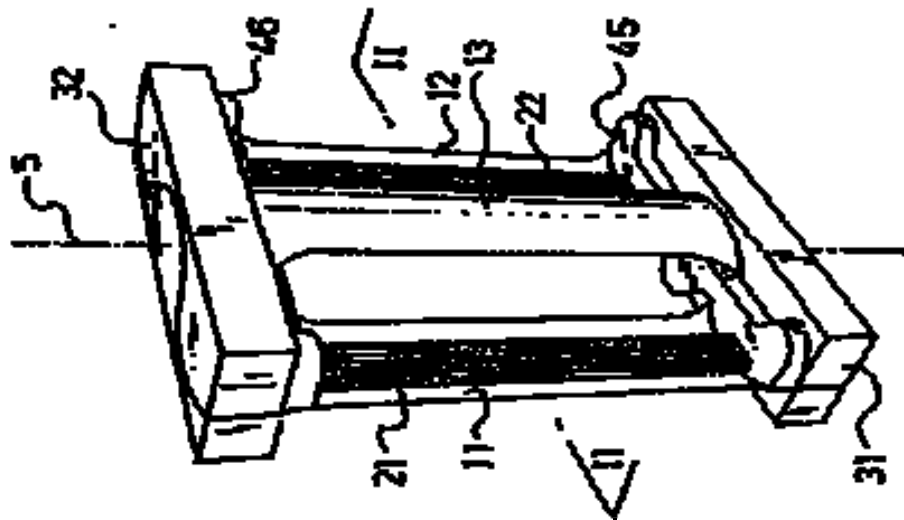
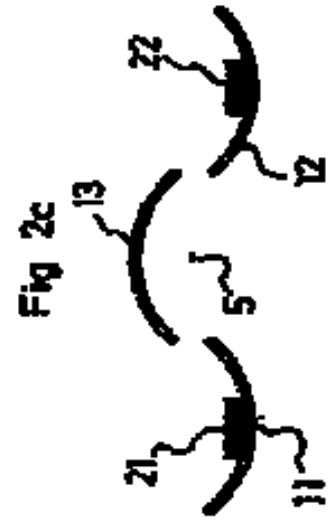
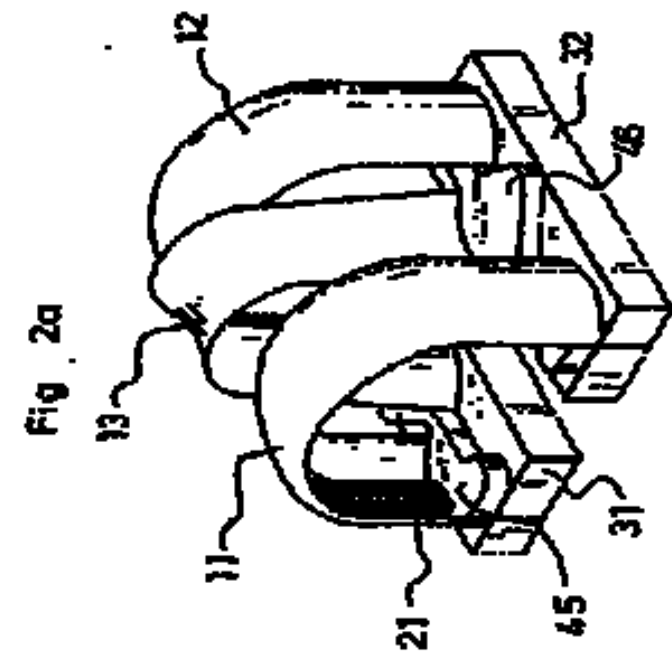




Fig 3a

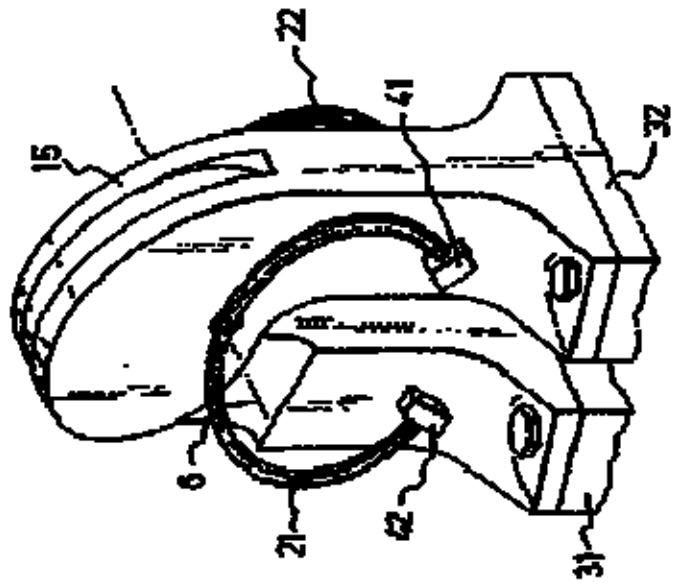


Fig 3b

