

436841

P.- 60.080
Docket No.
72-GCD-15

17



Int. Cl. F16D 3/16

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION en ESPAÑA

a nombre de LITTON INDUSTRIES, INC.

entidad norteamericana

establecida en 360 North Crescent Drive, Beverley Hills,
California 90210, Estados Unidos de Amé-
rica

por: "UN METODO DE FABRICAR UNA JUNTA UNIVERSAL DOTADA
DE GOZNES DE FLEXION"

9.10.75

- 1 -

La presente invención se refiere al ramo de las juntas universales y de la fabricación de juntas universales, en particular del tipo útil como suspensión cardánica para el elemento de rotor de un giróscopo suspendido de un árbol o elemento impulsor o de accionamiento.

Una de las aplicaciones de una junta universal para deflexiones o desviaciones de pequeño ángulo es la que se encuentra en el ramo de la fabricación de giróscopos de rotor libre. Un giróscopo de rotor libre, que tiene un elemento de rotor movido en rotación y, concretamente, rotación de gran velocidad en torno a su propio eje geométrico, puede ir montado en una estructura de soporte o sustentación tal que la estructura de sustentación pueda hacerse girar o trasladarse sin aplicar momentos perturbadores al rotor. En un dispositivo de realización práctica, al elemento de rotor se le aplican unos momentos o pares de control para producir una precesión en el elemento de rotor, de manera controlada. Un giróscopo de rotor libre suele incluir unos dispositivos sensores para detectar faltas de alineación angular entre su eje geométrico de giro de rotor y el eje geométrico de su árbol, o bien un eje fijo de envolvente. La señal representativa de la falta de alineación angular así detectada puede usarse entonces, tras una amplificación adecuada, para aplicar



un par o momento de giro a una estructura de sustentación, tal como el elemento cardánico de una plataforma inercial, con el fin de hacer que la estructura de sustentación siga al eje geométrico de giro propio del rotor, anulándose de ese modo la falta de alineación angular. Como alternativa, la falta de alineación angular detectada puede utilizarse para aplicar un momento de giro directamente al elemento de rotor, en lo que se denomina funcionamiento "enjaulado" o "capturado".

10. Una de las maneras de mantener libre el elemento de rotor de un giróscopo de rotor libre es la de apoyarlo o sostenerlo por medio de unos elementos cardánicos vibrantes, como se revela en la patente de EE.UU. número 3.678.764. La suspensión para el elemento de rotor de esa patente tiene unos elementos cardánicos y unas barras de torsión, fabricados por separado, estando los ejes de torsión correspondientes angularmente desalineados o desviados entre sí. En la patente de EE.UU. número 15 3.709.045 se describe también una suspensión bipartita, en la que hay un par de elementos cardánicos cuyos ejes de torsión correspondientes están angularmente desalineados entre sí.

Otras patentes de la técnica ya conocida enseñan el ensamble o montaje, a partir de piezas separadas, 25 de unas suspensiones que tienen un par de elementos cardá-

30 JUN 1975

nicos en alineación paralela. Son ejemplos de patentes que enseñan una unidad de gozne o charnela interior fijada a una unidad de gozne o charnela exterior las patentes de EE.UU. números 3.354.726, 3.585.866, 3.614.894, 5 3.700.289 y 3.700.290. Estas patentes de la técnica ya conocida presentan dos elementos cardánicos desemejantes sujetos a un árbol y a un rotor de manera simétricamente paralela: o sea, los ejes de torsión ligados al árbol (esto es, los ejes cardánicos interiores) de los elementos 10 cardánicos alineados entre sí, y los ejes de torsión ligados al rotor (esto es, los ejes cardánicos exteriores) de los elementos cardánicos, estén alineados entre sí. Tal como se usan en la presente, las frases "eje cardánico interior" y "eje cardánico exterior" han de entenderse en el 15 sentido de designar los ejes de giro definidos por las conexiones de pivote respectivamente ligadas al árbol de accionamiento o al rotor.

En la patente de EE.UU. número 3.700.291 se describe una suspensión de flexión que tiene un solo elemento cardánico. 20

El ensamble de las partes o piezas individuales hasta formar las suspensiones de flexión de la técnica ya conocida exige una precisión extremada y el respeto a unas estrechas tolerancias para fabricar una unidad 25 de suspensión que tenga buenas características de funcio-



namiento. La falta de alineación de uno o más ejes geométricos de una suspensión de flexión usada en un instrumento de precisión como es un giróscopo, será manantial de inexactitudes en el funcionamiento y comportamiento del giróscopo. En general, el ensamble de las piezas individuales, por ejemplo, por medio de soldeo por haz o a fuego, etc., producirá cierta deformación de las piezas durante el ensamble, y/o la desalineación de las piezas unas respecto a otras. Por ejemplo, en las suspensiones de flexión de la técnica ya conocida, es difícil lograr con precisión un ángulo prefijado formado entre unos ejes de flexión correspondientes de varios elementos cardánicos, lo mismo si el ángulo es de cero grados como si es de noventa grados o de otro valor. Además es difícil conseguir el resultado deseado, de que cada uno de los ejes de flexión de los elementos cardánicos corte con precisión a todos los demás en un punto o centro común. Asimismo, es difícil establecer el centro de gravedad de una suspensión precisamente en el centro geométrico de la suspensión, tanto en el sentido radial como en el axial. El fracaso en el logro de estas alineaciones con alta precisión va en detrimento de las características de funcionamiento y de trabajo, lo que perjudica a la exactitud de comportamiento del instrumento.

Además, la necesaria alineación de precisión

30 JUN 1975

para una suspensión fabricada a partir de piezas separadas exige un equipo de fabricación y ensamble extremadamente elaborado, y requiere un personal adiestrado para realizar las necesarias operaciones de alineación.

5 La presente invención se basa en el reconocimiento de las fuentes de inexactitud, así como de las causas de los extremadamente elevados costes de fabricación asociados al requisito de tener que emplear personal adiestrado, particularmente en relación con el trabajo de ensam-
10 samble o montaje de las juntas universales ya conocidas para uso como suspensiones cardánicas en los giróscopos. Específicamente, y como uno de los conceptos básicos, se insistió en el reconocimiento de que se aumentaría la precisión, y podrían eliminarse las complicaciones propias de
15 un trabajo de ensamble a partir de varias piezas, si se fabricase una junta universal partiendo de una sola pieza bruta en forma de cuerpo sólido de material que, a todo fin práctico, debe ser un bloque de metal. Así, se admitió que, si todas las piezas que antes se fabricaban por separado
20 fuesen obtenidas por mecanización de un solo cuerpo metálico individual como éste, de manera que podría compararse con el procedimiento de "tallar" las partes componentes, de manera análoga al trabajo de un escultor en su actividad artística, y tal que sólo quedasen las uniones o
25 conexiones en forma de goznes o charnelas de flexión, este



1975

nuevo método eliminaría todas las sucesivas operaciones de ensamble que hasta ahora se han creído necesarias.

Como continuación del desarrollo de los conceptos de la invención, se admitió luego que una tecnología conocida ya de por sí, a saber, la denominada en general como de mecanización por descargas eléctricas, o "electroerosión", permitiría poner en práctica el pensamiento de fabricar una junta universal de una sola pieza.

En otra etapa más de desarrollo, se puso en evidencia que, a todo fin práctico, las conexiones cardánicas no podían ser del tipo de apoyos basculantes ni de barras de torsión, sino que tenían que ser goznes de flexión, por cuanto los goznes o charnelas de flexión pueden ser obtenidos por mecanización a partir de un solo elemento metálico, como se ha demostrado ya en el pasado. Ahora bien, con el fin de poner en práctica los conceptos básicos hasta aquí desarrollados, se vió que una condición considerada como deseable desde un punto de vista práctico sería la de que los planos de flexión, que son los planos de simetría de los goznes de flexión, formasen todos el mismo ángulo con el eje geométrico de rotación de la junta universal, eje que, por definición, coincide con el eje geométrico del árbol de rotación rápida y también con el eje geométrico del elemento de rotor, siempre que el instrumento esté en reposo. Recíprocamente, se creía que la orientación



ya conocida de los goznes de flexión, enseñada o propuesta hasta ahora, no permitiría mecanizar o "tallar" los elementos de la junta universal partiendo de un solo cuerpo macizo de metal.

5 Por las ideas hasta aquí expuestas, se habrá visto claramente que los diversos conceptos que intervienen en la junta universal de la invención y el método para fabricarla están íntimamente relacionados entre sí. Resumido brevemente, el presente invento implica la fabricación de una junta universal a partir de un solo bloque metálico que constituye la pieza bruta o elemental sobre la cual se ejecutan unas operaciones de mecanización, siendo estas operaciones de mecanización del tipo comprendido en
10 la tecnología de mecanización conocida por "electroerosión" y efectuándose las operaciones de tal modo que la junta universal resultante tenga unos goznes o charnelas de una orientación concreta y específica, que es aquella orientación que permite el uso de la tecnología específica seleccionada con arreglo a la invención y que, a su vez,
15 permite la manufactura de la junta universal a partir de una sola pieza de metal.
20

 Con arreglo a un amplio aspecto de la invención, se realiza una junta universal para uso como suspensión cardánica de un giróscopo, teniendo la junta universal un elemento giratorio impulsor o de accionamiento, un elemento
25



5 movido o conducido que constituye un elemento de rotor el
cual, durante el funcionamiento, gira con el elemento impul-
sor, por lo menos dos elementos cardánicos intermedios y una
pluralidad de conexiones de giro o articulación, estando cada
10 elemento cardánico intermedio conectado por lo menos por me-
dio de una conexión de giro o articulación al elemento impul-
sor y por lo menos por otra conexión de giro o articulación al
elemento conducido, constituyendo así por lo menos dos siste-
mas cardánicos mecánicamente conectados en paralelo que sopor-
tan al elemento conducido, estando los sistemas cardánicos an-
15 gularmente desviados o desalineados uno respecto al otro, en
la que cada conexión de giro o articulación esté formada por
lo menos por un gozne de flexión que normalmente define un
plano de flexión que incluye un eje geométrico de flexión, y
en la que cada plano de flexión forma normalmente un ángulo
de la misma magnitud con los ejes de rotación normalmente
coincidentes del elemento impulsor y del elemento conducido.
De preferencia, la magnitud del ángulo es de cero grados an-
20 gulares, con lo cual todos los planos de flexión incluyen
normalmente los ejes de rotación coincidentes. Como alterna-
tiva, la magnitud del ángulo puede ser de noventa grados an-
gulares, con lo cual todos los planos de flexión ocupan nor-
malmente un plano común que forma un ángulo de noventa gra-
dos angulares con los ejes de rotación coincidentes.

25 Entre los diversos rasgos característicos de



unas formas concretas y específicas de realización del invento, los rasgos más característicos incluyen el aspecto de que el elemento impulsor, el elemento conducido, los elementos cardánicos y los goznes de flexión que los conectan entre sí forman parte de una sola pieza enteriza de material, de la cual se han obtenido por mecanización.

Con arreglo a un aspecto diferente, la invención reside en el uso de la tecnología de mecanización por electroerosión o descargas eléctricas para fabricar, partiendo de un solo bloque macizo de metal, una junta universal dotada de goznes de flexión que conectan entre sí cada uno de por lo menos dos elementos de Cardan con un elemento conducido y con un elemento impulsor o de accionamiento.

Con arreglo a otro aspecto más, la invención proporciona un método para fabricar una junta universal dotada de goznes de flexión que conectan entre sí por lo menos dos elementos de Cardan intermedios con un elemento conducido o con un elemento impulsor que tiene un eje geométrico de rotación, comprendiendo dicho método el recurso de practicar, para cada gozne de flexión que se vaya a formar, un par de taladros paralelos contiguos en una pieza bruta, de manera que el material que quede entre los taladros constituya un gozne o charnela de flexión cuyo eje de flexión se



5
10
15
20
25
extienda paralelamente a los dos taladros en el lugar de mínimo espesor del gozne de flexión, comprendiendo dicho método las etapas de preparar una pieza bruta o elemental en forma de bloque macizo de metal, en la cual se practican los pares de taladros, y formar en el bloque de metal unos cortes mediante el uso de la tecnología de mecanización por electroerosión o descargas eléctricas, para así labrar o tallar el elemento impulsor, el elemento conducido y los elementos cardánicos intermedios, formándolos en el bloque de metal como cuerpos distintos y definidos situados en torno al eje de rotación, cuerpos que quedan así separados unos de otros excepto en los goznes de flexión que permanecen conectándolos entre sí.

15
20
25
Como se hará más comprensible a partir de la descripción detallada que se da más adelante, la invención se refiere a una junta universal para desviaciones de pequeño ángulo, que tiene un elemento impulsor giratorio conectado a un elemento conducido, por lo menos por dos sistemas, teniendo cada uno de estos sistemas un elemento cardánico. Así, la invención constituye un desarrollo ulterior de lo que se revela y describe en la patente de EE.UU. número 3.678.764. En lugar de las barras de torsión se prevé una pluralidad de goznes o charnelas de flexión, estando cada elemento cardánico conectado, entre el elemento impulsor y el elemento conducido, por lo menos por dos goz-



nes de flexión, definiendo cada gozne de flexión un eje
de flexión y un eje longitudinal. Cada eje longitudinal
de un gozne de flexión es ortogonal al eje de flexión del
gozne de flexión, y forma también un ángulo de la misma
5 magnitud con respecto a los ejes de rotación de los ele-
mentos impulsor y conducido, siempre que estos elementos
se hallen en la posición de nulo, esto es, con sus ejes
de giro coincidentes, posición también denominada coli-
neal. En la forma de realización preferida, los ejes lon-
10 gitudinales de los goznes de flexión son paralelos entre
sí y respecto a los ejes coincidentes de rotación de los
elementos impulsor y conducido, esto es, cuando la junta
universal está en su posición de nulo.

Unos topes enterizos yuxtapuestos en cada cru-
15 ce de los elementos de Cardan limitan la libertad angular
del elemento impulsor y del elemento conducido, uno res-
pecto a otro, y reducen de ese modo la probabilidad de que
la junta universal sufra daños por manipulación.

La invención llegará a comprenderse mejor a
20 partir de la siguiente descripción detallada de varias de
sus formas de realización, tomada en relación con los di-
bujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de
una de las formas de realización de suspensión por goznes
25 de flexión del presente invento, que conecta un par de ele-



mentos cardánicos a un elemento impulsor y a un elemento
conducido;

- la figura 2 es una vista lateral de una
parte de la realización de la figura 1;

5 - la figura 3 es una vista en despiece orde-
nado de la junta universal de las figuras 1 y 2;

- la figura 4 es una vista parcial en perspec-
tiva de un detalle de la forma de realización de las figu-
ras 1, 2 y 3, y muestra unos topes enterizos yuxtapuestos,
10 situados en el cruce de dos elementos cardánicos;

- la figura 5 es una vista en sección recta de
un giróscopo que lleva incorporada la forma de realización
de las figuras 1 a 4;

15 - la figura 6 es una vista en perspectiva de
los elementos básicos de un giróscopo ideal teórico de la
técnica ya conocida;

- las figuras 7, 8, 9 y 10 son unos diagramas
usados para describir el modo preferido de funcionamiento
de un giróscopo que lleva incorporada la junta universal
20 de la presente invención;

- las figuras 11 y 12 son unas vistas en plan-
ta, tomadas por distintos lados, de una segunda forma de
realización del invento que tiene tres elementos de Car-
dan;

25 - las figuras 11A a 11F inclusive son unas



vistas parciales en sección, tomadas por las líneas lla a 'llf de la figura 11;

5 - la figura 13 es una vista en sección recta de un multisensor construido a base de dos giróscopos, uno de los cuales tiene su centro de masas desplazado, llevando ambos giróscopos incorporada la junta universal de la presente invención;

10 - la figura 14 es una vista en planta, y en parte en sección, de otra forma de realización parcialmente terminada del presente invento;

- la figura 15 es una vista lateral de la forma de realización de la figura 14;

15 - la figura 16 es una vista en planta por uno de los lados de la forma de realización terminada de la junta universal de las figuras 14 y 15;

- la figura 17 es una sección recta tomada por la línea 17-17 de la figura 16;

20 - la figura 18 es una vista en planta por el otro lado de la forma de realización terminada de la junta universal de las figuras 14 y 15;

- la figura 19 es una vista lateral de la forma de realización representada en la figura 16, tomada por la línea 19-19 de la figura 18; y

25 - la figura 20 es una vista lateral de una porción de otra forma más de realización del presente inven-



to.

En la figura 1 se representa, vista en perspectiva, una determinada forma de realización de una junta universal del presente invento, y en ella se ven solamente los elementos básicos de un giróscopo. La junta universal 10 tiene un par de elementos cardánicos 18 y 20, estando el centro de gravedad de cada uno de los elementos cardánicos situado en el centro de suspensión de los elementos cardánicos. La junta universal 10 comprende un elemento impulsor 12 en un árbol 104, que tiene un eje geométrico de rotación 13 de impulsión, y un elemento de rotor conducido 14 que define un eje geométrico 15 de rotación del rotor. Los dos elementos de Cardan 18 y 20, que tienen un centro de suspensión 19 y una pluralidad de goznes o charnelas de flexión, constituyen dos sistemas cardánicos mecánicamente conectados en paralelo, según se describe y explica en la patente de EE.UU. número 3.678.764 arriba citada. El elemento de rotor 14 puede tener una forma esencialmente cilíndrica y, en la práctica, está acomodado dentro de una rueda inercial 106, tal como se indica en la figura. El elemento impulsor 12, el elemento de rotor 14 y los elementos cardánicos 18 y 20 tienen unas superficies extremas esencialmente situadas en el mismo plano. Las superficies laterales, por uno de los lados, del elemento impulsor 12, el elemento de rotor 14, el



elemento de Cardan 18 y el elemento de Cardan-20, están
esencialmente en un mismo plano y se hallan todas en el
plano transversal 21; en tanto que las superficies del la-
do opuesto de cada uno de estos elementos se hallan esen-
5 cialmente en un mismo plano transversal 23 cuando la jun-
ta universal 10 está en su posición de nulo, esto es, cuan-
do no está en uso o no recibe entrada, como se explica más
adelante. Cuando el elemento de rotor 14 está en la posi-
ción de nulo representada en la figura 1, el eje del rotor
10 es "colineal", esto es, coincide, con el eje de impulsión
o accionamiento 13. El elemento impulsor 12 tiene un tala-
dro 22 para recibir el árbol impulsor o de accionamiento
104.

La forma de realización representada en la fi-
15 gura 1 está fabricada con arreglo al método que se descri-
be más adelante, donde se explica la fabricación de la for-
ma de realización preferida representada en las figuras 14
a 19 inclusive. Con arreglo al método, en una pieza bruta
o elemental de material se practican unas ranuras y unos
20 entrantes hasta formar, partiendo de una sola pieza de material,
los elementos 12, 14, 18 y 20 conectados entre sí por medio
de una pluralidad de goznes de flexión formados u obteni-
dos por la operación de practicar unos taladros.

En las figuras 1, 2 y 3 se representa una plu-
25 ralidad de goznes de flexión, que incluye el gozne de fle-



1975

xi3n 24 que define un eje de flexi3n 25 en torno al cual se dobla el3sticamente con docilidad, pero que es r3gido en torno a unos ejes ortogonales a su eje de flexi3n 25. La expresi3n de "docilidad" o "capacidad" el3stica (o el neologismo "compliance") aqu3 utilizados significan la r3c3proca de la rigidez o relaci3n el3stica (fuerza/deformaci3n) de un gozne de flexi3n considerado como un resorte. Los elementos de Cardan 18 y 20 aislan sustancialmente el elemento de rotor 14 respecto de los movimientos angulares del elemento impulsor 12 en torno a unos ejes sensitivos o "sensibles" perpendiculares al eje 13. Los ejes de flexi3n que se describen m3s adelante son los citados ejes sensitivos perpendiculares. Los goznes o charnelas de flexi3n y sus caracter3sticas se describen en un art3culo titulado "How to Design Flexure Hinges" ("C3mo proyectar goznes de flexi3n"), de J. M. Paros y L. Weisbord, publicado en Machine Design, 25 de noviembre de 1.965, p3gs. 151 a 156. Aun cuando los goznes de flexi3n que en la presente se ense1an forman una misma pieza con unos elementos card3nicos, un elemento impulsor y un elemento de rotor conducido, se ha de entender expresamente que tales goznes de flexi3n pueden fabricarse por separado, tal como se ense1a en el referido art3culo, y usarse para formar la junta universal, nueva en su g3nero, de la presente invenci3n. Ahora bien, no se prefiere tal fabricaci3n por



separado.

La forma de realización de doble elemento cardánico ilustrada en la figura 1 incluye un total de ocho de tales goznes flexibles para la suspensión del rotor, que es el elemento conducido 14, respecto del elemento conductor o impulsor 12, por medio del elemento cardánico 18 y el elemento cardánico 20. Cada elemento cardánico va conectado al elemento impulsor 12 por medio de un par de goznes de flexión que definen unos ejes de flexión colineales, esto es, un eje geométrico común de flexión, pues los dos ejes coinciden; y al elemento 14 de rotor por medio de otro par de goznes de flexión que definen unos ejes de flexión coincidentes, o colineales. En la mayoría de las formas de realización aquí descritas e ilustradas, los ejes longitudinales de los goznes de flexión son sustancialmente paralelos entre sí y con respecto a los ejes de rotación coincidentes de los elementos impulsor y conducido, cuando la junta universal está en la posición de nulo. La posición de nulo se define más adelante en relación con la descripción de la figura 2.

La geometría del gozne de flexión 24 se ilustra con mayor detalle en la figura 2. Los demás elementos representados en las figuras 1 y 3 se estudian más adelante.

La figura 2 es una vista lateral de una por-



ción recortada de la junta universal 10, que ilustra el gozne de flexión 24 en vista lateral. Hay que hacer notar que, aun cuando en la figura 2 se representan las dos aberturas taladradas 30 y 36 que forman el gozne de flexión 24, y todos los ejes asociados, el gozne de flexión 24 en sí no es visible en esta vista lateral, pues el gozne 24 se halla situado detrás del elemento de rotor conducido 14. El gozne de flexión 24 tiene un eje de flexión 25 que se extiende radialmente a partir del eje de rotación 15 del rotor, y, en unión de él, define un plano de flexión que está orientado verticalmente en la representación de la figura 2. El gozne de flexión 24 tiene también un eje transverso, que es el eje 26, y un eje longitudinal 27, que son ambos perpendiculares al eje de flexión 25. En la posición de nulo de la junta universal 10, ilustrada en la figura 2, el eje 27 es también paralelo al eje de accionamiento 13 y al eje 15 del rotor. La posición de nulo viene definida por la posición de equilibrio que existe en ausencia de todo desplazamiento angular entre los ejes 13 y 15. Los ejes 13 y 15 son, pues, colineales, esto es, coinciden, solamente en la posición de nulo. En el funcionamiento giroscópico, la posición de nulo existiría en respuesta al cese o anulación de las entradas de velocidad angular en torno o respecto a los ejes geométricos sensitivos. Las diversas formas de ejecución se ilustran en los dibujos



representadas en su posición de nulo.

El eje transverso de un gozne de flexión es perpendicular a su eje de flexión, y se halla situado en un plano definido por el eje de flexión y por una cualquiera del infinito número de las líneas que definen la distancia más corta desde un punto situado en una determinada superficie hasta un punto situado en la otra superficie del gozne de flexión. En otros términos, dicha línea se extiende desde un punto situado en una de las superficies del gozne de flexión 24 hasta un punto situado en la otra superficie del gozne de flexión, donde el gozne de flexión tiene un espesor mínimo. El eje longitudinal 27 del gozne de flexión 24 es perpendicular al eje de flexión 25 y al eje transverso 26. Se ha de entender que la expresión "eje longitudinal" de un gozne de flexión aquí usada para describir las formas de realización ilustradas en las figuras 1 a 19 inclusive, quiere significar un eje que satisface también la condición adicional siguiente: El eje longitudinal se halla en el plano de flexión, que es el plano definido por el eje de flexión del gozne de flexión y los ejes coincidentes de rotación de los elementos impulsor y conducido. Por ejemplo, en las figuras 2 y 3, el eje longitudinal 27 no es sino una sola del infinito número de líneas que se hallan en un plano definido por los ejes coincidentes de rotación 13 y 15 y el eje de flexión 25 y,



además, el eje longitudinal 27 se extiende paralelo a los ejes 13 y 15 que, como se recordará, se suponen en reposo y, por tanto, coincidentes, es decir, colineales, durante toda la descripción de la estructura.

5 La ranura cordal 28 es una superficie plana formada por un entrante llano situado en la superficie del elemento de rotor 14, con el fin de facilitar la formación de unas aberturas en la superficie cilíndrica del elemento de rotor 14. El gozne de flexión 24 está formado por las
10 dos aberturas paralelas, o taladros, 30, 36 que tienen unos ejes o líneas de centro 31, 37 contenidos de preferencia en un mismo plano con el eje de flexión 25 y desplazados esencialmente por igual o equidistantes a las distancias iguales 41, 35 del eje longitudinal 27, como se indica en la
15 figura 2. La abertura 30 es uno de estos taladros, con el eje 31 y un radio 33. El eje 31 de taladro está desplazado respecto del eje longitudinal 27, en la distancia de desviación 35. De igual modo, la abertura 36 es el taladro que tiene por eje la línea 37, y un radio 39. El eje 37 de ta-
20 ladro está desviado o separado del eje longitudinal por la distancia de desviación 41. La distancia de desviación 41 es de igual magnitud que la distancia 35, pero de sentido opuesto. Así, el gozne de flexión 24 es, en alzado lateral, una parte escotada o degollada 42 que tiene un espesor mínimo
25 43. La parte escotada 42 tiene una sección recta simétri-



ca en torno al plano de flexión, ya que el plano de flexión incluye los ejes coincidentes 13, 15 y el eje longitudinal 27, y es también simétrica respecto a un plano transversal que pasa por el eje transversal 26. El gozne de flexión 24 se extiende radialmente hacia dentro en una distancia elegida en función de la relación elástica deseada y de la geometría (forma y dimensiones) del diseño. Los aspectos tridimensionales del gozne de flexión 24, los demás goznes de flexión y otros rasgos característicos de la junta universal 10 pueden comprenderse mejor por referencia a la figura 3, que es una vista en despiece ordenado de la junta universal 10.

A los fines de la ilustración, la vista en despiece ordenado de la figura 3 representa los elementos cardánicos 18 y 20 desplazados axialmente en sentidos opuestos a partir del centro 19 de suspensión del elemento impulsor 12 y del elemento rotor 14. Los elementos de Cardan 18 y 20 están fijados cada uno por medio de dos goznes de flexión al elemento impulsor 12, y por dos goznes de flexión al elemento rotor 14. En la figura 3, cada una de las fijaciones entre los elementos cardánicos, el elemento impulsor y el elemento de rotor o conducido se representa quebrada o interrumpida por el lugar más estrecho de los goznes de flexión. Debe sobrentenderse que el dibujo de la figura 3 se destina principalmente a ha-



cer comprender la estructura de la forma de realización que sirve de ejemplo no limitativo de la invención. En realidad, los elementos cardánicos 18 y 20 están físicamente entrelazados e interconectados con los demás elementos de tal modo que no podrían separarse como se ilustra en la figura 3, aun cuando los goznes de flexión estuviesen rotos de la manera indicada. Los elementos cardánicos 18 y 20 son, de preferencia, de forma y tamaño similares: esto es, uno de los elementos de Cardan es imagen especular del otro, y se hallan orientados a 90° uno de otro, respecto a los ejes 13 y 15. En otros términos, la superficie lateral del elemento de cardan 18 que se halla normalmente en el plano transversal 21 es idéntica, pero con un giro de 90°, respecto a la superficie lateral del elemento de Cardan 20 que se halla normalmente en el plano transversal 23. (Los planos transversales 21 y 23 están representados en las figuras 1 y 2).

Considérense ahora los ocho goznes de flexión que constituyen las conexiones de articulación entre el elemento de rotor 14 y los elementos de Cardan 18 y 20, y entre los elementos cardánicos 18 y 20 y el elemento impulsor 12. Cada uno de estos ocho goznes de flexión comprende una parte escotada entre dos aberturas paralelas, como se ha estudiado más arriba con referencia a la figura 2. En la figura 3 puede verse que el gozne de flexión 24 se ex-



5 , tiende en sentido radial hacia dentro por detrás de la
ranura cordal 28, y conecta el elemento de rotor 14 al
elemento de Cardan 20. El gozne de flexión 44 situado en
lugar opuesto tiene un eje de flexión 45 que es colineal,
es decir, coincidente con el eje de flexión 25 y ortogo-
nal respecto a los ejes 13 y 15. El gozne de flexión 44
tiene un eje longitudinal 47 paralelo a los ejes 13 y 15.
Los goznes de flexión 24 y 44 tienen las mismas caracte-
rísticas de docilidad elástica y constituyen una conexión
10 que puede describirse como definidora de un eje cardánico
exterior, pues forman una conexión de gozne de "fijación
al rotor" para el movimiento pivotante o de giro del ele-
mento de Cardan 20 en torno a los ejes colineales, esto
es, coincidentes, 25 y 45. A los fines de la ilustración,
15 los ejes 25, 27, 45 y 47 se representan en la figura 3 tan-
to para la porción de gozne de flexión 24 que forma parte
del elemento de rotor 14 como para la otra porción del goz-
ne de flexión 24, que forma parte integrante del elemento
de Cardan 20. Aun cuando cada uno de los ocho goznes de
20 flexión tiene su eje transversal, en la figura 3 sólo se
ha representado el eje transversal 26 del gozne de flexión
24.

El elemento cardánico 20 está conectado al ele-
mento impulsor 12 por un segundo par de goznes de flexión
25 48 y 52 que tienen unos ejes de flexión colineales y unos



ejes longitudinales paralelos. Los ejes de flexión colineales de los dos goznes que, formando pareja, conectan el elemento de Cardan 20 al elemento impulsor 12 están angularmente desviados o desalineados, adecuadamente en un ángulo de 90° en torno a los ejes de accionamiento 13 y 15, respecto de los ejes colineales 25 y 45. Más en particular, el gozne de flexión 48 tiene un eje de flexión 49 y un eje longitudinal 51. El gozne de flexión 52 tiene un eje de flexión 53 colineal con el eje de flexión 49, y tiene un eje longitudinal 55 paralelo a los ejes longitudinales 51, 27 y 47 y a los ejes coincidentes de rotación o de giro 13 y 15. Los ejes 49 y 53 son coincidentes entre sí y ortogonales a los ejes 25 y 45. Los goznes de flexión 48 y 52 tienen las mismas características de docilidad elástica y constituyen una conexión que puede describirse como definidora de un eje cardánico interior, pues forman una conexión de gozne elástico de "fijación al árbol" para el movimiento pivotante o de giro del elemento de Cardan 20 en torno a los ejes colineales, esto es, coincidentes, 49 y 53.

Por su propio proyecto, el centro de gravedad del elemento cardánico 20 se halla situado en la intersección común 19 de los ejes de flexión 25, 45, 49 y 53. En esta forma de realización, la intersección de los ejes de flexión del elemento cardánico 20 en el centro 19 de



1975

gravidad del elemento cardánico 20 se consigue mediante
diseño de una forma simétrica que tiene su masa igualmen-
te repartida a uno y otro lado de un plano definido por
los ejes de flexión 25, 45, 49 y 53.

5 El elemento de Cardan 18 está igualmente co-
nectado al elemento de rotor 14 por medio de dos goznes
de flexión 56 y 60 que forman pareja, y al elemento impul-
sor 12 por un segundo par de goznes de flexión 64 y 68.
El gozne de flexión 56, que define un eje de flexión 57 y
10 un eje longitudinal 59, es uno de los dos goznes que conec-
tan el elemento cardánico 18 al elemento de rotor 14. El
gozne de flexión 60, que define un eje de flexión 61 y un
eje longitudinal 63, es el otro gozne de flexión que conec-
ta el elemento de Cardan 18 al elemento de rotor 14. Los
15 ejes de flexión 57 y 61 son coincidentes entre sí. Los goz-
nes de flexión 56 y 60 forman una conexión de gozne de fi-
jación al rotor para el movimiento pivotante o de giro del
elemento de Cardan 18 en torno a los ejes coincidentes 57
y 61, que constituyen el eje cardánico exterior.

20 El gozne de flexión 64, que define un eje de
flexión 65 y un eje longitudinal 67, y el gozne de flexión
68 que define un eje de flexión 69 y un eje longitudinal 71,
son los goznes de flexión que conectan el elemento de Car-
dan 18 al elemento impulsor 12. Los ejes de flexión 65 y
25 69 son coincidentes entre sí y están desplazados angular-



5 mente en un ángulo de 90° en torno a los ejes 13 y 15, respecto a los ejes de flexión coincidentes 57 y 61. Los ejes longitudinales 59, 63, 67 y 71 son paralelos entre sí, son paralelos respecto a los ejes longitudinales de los goznes de flexión del elemento de Cardan 20, y son paralelos a los ejes 13 y 15.

10 Los ejes de flexión 25 y 45 son coincidentes, es decir, colineales, con respecto a los ejes de flexión 65 y 69. De igual modo, los ejes de flexión 57 y 61 son colineales con los ejes de flexión 49 y 53.

15 El centro de gravedad del elemento de Cardan 18 se halla también situado en el punto común de intersección de los ejes de flexión 57, 61, 65 y 69. El elemento de Cardan 18 está diseñado de modo que sea imagen especular del elemento de Cardan 20, como se ha dicho más arriba, y por lo tanto tiene esencialmente la misma distribución de masas que el elemento de Cardan 20.

20 Además, los ejes de flexión 25, 45, 49, 53, 57, 61, 65 y 69 cortan todos al eje geométrico de accionamiento 13 de la rotación y al eje de rotación 15 del rotor en un punto común 19, estableciéndose de ese modo un sistema de tres ejes cardánicos de coordenadas, mutuamente ortogonales.

25 Los ejes de flexión coincidentes de cada conexión de gozne de flexión de cada elemento de Cardan son or-



5
10
15
20
25

ogonales a los ejes correspondientes de la conexión de gozne del otro elemento de Cardan. Así, los ejes coincidentes 25 y 45 del elemento de Cardan 20 son ortogonales a los ejes coincidentes 57 y 61 del elemento de Cardan 18, y los ejes 49 y 53 del elemento de Cardan 20 son ortogonales a los ejes 65 y 69 del elemento de Cardan 18. Así, como puede verse, el eje cardánico interior de uno de los sistemas cardánicos forma ángulo recto con el eje cardánico interior del otro sistema, y lo mismo sucede con los ejes cardánicos exteriores, condición ésta que se ha explicado ya en la patente de EE.UU. número 3.678.764. Ahora bien, la presente invención propone unos goznes de flexión, en lugar de unas barras de torsión. Además, la presente invención dispone que los planos de flexión formen todos un ángulo de la misma magnitud con los ejes de rotación de rotor 13, 15. En la orientación de la ilustración de la figura 3, todos estos planos de flexión se extienden verticalmente, ya que el plano de flexión del gozne 24 de la figura 2, por ejemplo, está representado por la línea vertical que representa también los ejes 27, 13 y 15.

En la figura 3 se representan también ocho aberturas roscadas 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84 y 86; de estas aberturas hay cuatro situadas en el elemento de Cardan 18, y las otras cuatro están en el elemento de Cardan 20. Cada una de estas aberturas recibe asociada una de ocho pesas.



ajustables de equilibrar 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85 y 87. El uso de estas pesas de equilibrio o compensación se estudia con mayor detalle más adelante.

5 En la figura 3 se representan dos topes yuxtapuestos 88 y 90, enterizos con los elementos de Cardan 18 y 20, respectivamente. Hay un total de cuatro pares de estos topes enterizos yuxtapuestos, que limitan la libertad de desplazamiento angular del elemento de rotor 14 respecto al elemento impulsor 12. No todos estos topes enterizos son visibles en la ilustración en perspectiva de la figura 3. En otros términos, los topes enterizos limitan la deflexión o desviación en torno a los ejes de flexión de la junta universal. Estos topes enterizos tienen por objeto principal impedir daños a la junta universal durante la fabricación. En cada cruce de los elementos de 15 Cardan 18 y 20 hay un par de topes enterizos yuxtapuestos, uno en uno de los elementos de Cardan y otro en el otro elemento de Cardan, como se ilustra con detalle en la figura 4. Al flexionar el rotor en un ángulo prefijado, los 20 topes tropiezan uno contra otro, impidiendo con ello que se produzca una deflexión excesiva en torno a un eje de flexión. Entre los dos topes enterizos yuxtapuestos de cada pareja existe un hueco o intervalo suficiente para permitir una deflexión del orden de 20 a 30 miliradianes en torno a un eje de flexión correspondiente del gozne. Los 25

topes no necesitarán limitar la deflexión del elemento de rotor 14 cuando éste esté girando porque, en la manera usual de funcionar un giróscopo, el eje propio de rotación rápida del elemento de rotor se mantiene en alineación con el eje de rotación rápida del elemento impulsor por medio de un sistema de servomando (no representado). Los topes enterizos tienen cada uno la forma general de un diente que tocaría al diente opuesto si se alcanzara un ángulo excesivo de deflexión del rotor. En un giróscopo dotado de una junta universal provista de tales topes enterizos, podrían utilizarse otros medios ya conocidos para limitar la deflexión en torno a los ejes de flexión antes de que los topes enterizos llegasen a tropezar entre sí. Por ejemplo, puede usarse una placa de tope usual con el fin de impedir que los topes enterizos estén mor- diéndose entre sí, y para impedir una excesiva deflexión del elemento de rotor durante el funcionamiento del giróscopo. La fabricación de los topes enterizos se estudia más adelante.

Con referencia ahora tanto a la figura 1 como a la figura 5, se ilustra en la figura 5, en sección rec- ta, un giróscopo de rotor libre suspendido por flexión si- milar al descrito en la patente de EE.UU. número 3.678.764, con la salvedad de que la junta universal 10 ha sido puesta en sustitución del sistema de suspensión del giróscopo ya



conocido. El gir6scopo representado en la figura 5 incluye un 6rbol de accionamiento 104, una junta universal 10 y una rueda inercial 106. La junta universal 10 conecta entre s3 el 6rbol de accionamiento 104 y la rueda inercial 106. La rueda inercial 106 puede estar unida al elemento de rotor 14.

El principio de funcionamiento del gir6scopo se basa en el desacoplamiento angular de un rotor gir6sc6pico en rotaci6n sobre su propio eje, tal como la rueda inercial 106, respecto de un 6rbol de accionamiento 104. Para comprender este concepto, consid6rese la conexi6n entre la rueda y el 6rbol como una junta universal sin rozamiento. En una junta universal as3, habr3a un m3nimo de restricci6n o impedimento del movimiento angular entre la rueda y el 6rbol. Adem6s, una junta universal como 6sta da al rotor una gran resistencia al movimiento de traslaci6n respecto al 6rbol en sentidos paralelo y perpendicular al eje geom6trico de rotaci6n.

Cuando el momento de inercia de cada uno de los elementos de Cardan est3 ajustado con arreglo a una ecuaci6n de sinton3a, el rotor en r6pida rotaci6n queda libre para desviarse recorriendo peque6os 6ngulos sin experimentar pares o momentos de reacci6n. As3, se consigue una junta universal esencialmente sin rozamiento. Este concepto se explica con mayor detalle m6s adelante y en la patente



de EE.UU. número 3.678.764. El rotor sintonizado y en seco, es decir, sin fluido alguno, evita todas las desventajas inherentes a los conductores o "rabos" de conexión de energía, inestabilidad de masas, sensibilidad a la radiación, estratificación de fluidos, pivotes de Cardan, etc., comunes a los giróscopos que llevan carga de fluido.

En la figura 1 puede verse que la rueda inercial 106 está fijada al elemento de rotor 14 que, a su vez, va fijado por los goznes de flexión a los dos elementos cardánicos 18 y 20. Los elementos de Cardan 18 y 20 van fijados con unos goznes de flexión al elemento de accionamiento 12. El elemento sensible comprende la rueda inercial 106 y la junta universal 10. Como se ilustra en la figura 5, el árbol 104 puede estar soportado por una caja o envolvente 108, mediante un par de cojinetes 110 o rodamientos de bolas precargados. Los cojinetes de bolas de este instrumento no forman parte del elemento sensible ni, por lo tanto, tienen influencia alguna en el desequilibrio de masas de la rueda inercial 106.

Para detectar el movimiento angular de la envolvente del giróscopo respecto al elemento de rotor se prevén unos dispositivos selectores capacitivos compuestos de una pluralidad de placas 112 que, en cooperación con una pestaña 113 de la rueda inercial 106, forman cuatro pares de con-



5 densadores. Las señales de selección captadas pueden luego anularse por medio de unos dispositivos limitadores de par, en un bucle de servomando (no representado), obteniéndose de ese modo dos ejes de estabilización inercial o mediciones de velocidad angular. Los cuatro selectores, captadores o detectores capacitivos están repartidos equian-

5 gularmente en torno a la pestaña 113, siendo visible sólo uno de ellos en la figura 5.

10 En la figura 5 se representa también una disposición para aplicar un par o momento de corrientes parásitas a la rueda inercial 106. En torno a la rueda inercial 106, por el otro lado de la misma, hay colocada en posición una segunda pestaña conductiva 114. La pestaña 114 entra

15 ajustada en los entrehierros de cuatro electroimanes, dispuestos circunferencialmente de manera simétrica, de los cuales hay sólo uno, a saber, el electroimán 115, visible en la figura 5. Cada uno de estos electroimanes tiene una bobina eléctrica conectada para ser excitada de manera controlable, por ejemplo, por un ordenador o unos medios de

20 servomando (no representados). De estas bobinas de los electroimanes, son visibles en la figura 5 las dos bobinas 116a y 116b. Los electroimanes están sostenidos en un soporte asegurado a la envolvente 108. Cuando se desea aplicar un

25 par o momento a la pestaña 114 de la rueda inercial, en torno a un eje que pasa por el electroimán 115 y por el elec-



troimán situado en la posición diametralmente opuesta, se
excitan estos dos electroimanes. Las corrientes parásitas
inducidas en la pestaña 114 reaccionan con el campo del
flujo, produciendo este par o momento. Cuando se desea
5 aplicar a la pestaña 114 un par o momento referido a un
eje que pase por los otros dos electroimanes, se excitan
estos otros electroimanes.

El aislamiento respecto de los campos magnéti-
cos exteriores viene proporcionado por la envolvente 108,
10 que puede estar hecha de un acero de gran permeabilidad.

El motor activador de la rotación puede ser un
motor síncrono trifásico de histéresis que transmita movi-
miento al árbol 104, la junta universal 10 y la rueda iner-
cial 106, a una velocidad deseada que, de manera usual, se
denominará aquí la frecuencia de rotación N. El motor de
15 rotación comprende unos arrollamientos de estator 117, un
anillo de histéresis 118 y un alma 119.

Las ranuras y los entrantes existentes entre
los dos elementos de Cardan, el elemento impulsor o de ac-
20 cionamiento en el centro y el elemento conducido de forma
de anillo, tal como aparecen en la figura 1 y aparecerían
en la figura 3 de no ser ésta una vista en despiece ordena-
do, se obtienen en producción como se describirá más adelan-
te con mayor detalle, en relación con las figuras 14 a 19
25 inclusive.



5 Considerése ahora el funcionamiento de la junta universal de la presente invención. La comprensión de su funcionamiento puede facilitarse por referencia a un elemento de rotor sintonizado, teóricamente ideal, de un giróscopo.

10 Un giróscopo idealizado para poner de manifiesto el concepto general podría ser un elemento de rotor girando sobre sí mismo en el vacío y sujeto o conectado a un árbol por medio de una junta, de una docilidad elástica infinita, que comprendiese una parte escotada o "degollada" del árbol, tal como se representa esquemáticamente en la figura 6. Una junta como ésta ha de considerarse infinitamente débil a la flexión. Como el árbol escotado se considera de una docilidad elástica (recíproca de la rigidez elástica) infinita, no es capaz de ejercer par o momento alguno sobre el rotor. Es más, si el centro de gravedad del elemento del rotor se halla situado en el centro de sustentación de la junta, no es posible que haya par alguno aplicado al rotor, debido a aceleración o vibración.

15 Suponiendo que el elemento de rotor pudiese hacerse funcionar en el vacío y estuviese magnéticamente apantallado por completo, no existiría fuente alguna de par o momento. Así, el elemento de rotor quedaría libre para girar sobre sí mismo sin perturbación alguna, y no tendría deriva. En otros

20 términos, el eje geométrico del rotor permanecería fijo res-

25



pecto al espacio inercial. El gir6scopo ideal tendr3a una rigidez el6stica cero en cualquier sentido. Por ejemplo, si el elemento de rotor de un gir6scopo perfecto de rotor sintonizado en dos ejes se desplazase angularmente respecto al eje de rotaci3n de su 6rbor impulsor o de accionamiento, el elemento de rotor continuar3a girando sobre s3 mismo en su nueva posici3n sin tendencia alguna a recuperar por s3 solo la alineaci3n con el eje de rotaci3n del 6rbor.

10 La aproximaci3n en la pr6ctica a este gir6scopo ideal presenta varios problemas. Una de las condiciones es la de proveer una junta de una docilidad el6stica esencialmente infinita, que sea tambi3n lo bastante robusta para soportar un rotor venciendo aceleraciones lineales. Sup3ngase que el 6rbor escotado o "degollado" del gir6scopo ideal se sustituye primero por una junta universal de una sola pieza que tenga por lo menos un par de elementos de Cardan pero, por lo dem6s, est3 construida como se ilustra en las figuras 1 y 5. Esto dar3a al elemento de rotor una libertad angular completa, soport6ndolo al mismo tiempo contra la aceleraci3n, esto es, sin libertad en el sentido de traslaci3n. Para evitar toda incertidumbre en los pares o momentos de error, las conexiones de pivote en las juntas universales deben ser esencialmente sin rozamiento o fricci3n. Tales pivotes se consiguen usando para ello unos goznes el6s-



5 ticos de flexión (susceptibles de ceder elásticamente a la flexión) en lugar de los cojinetes usuales. No obstante, el instrumento realizado en la práctica podría todavía presentar pares o momentos de error que harían que un rotor, previamente desplazado respecto del eje de rotación del árbol, volviese a alinearse por sí solo con el eje geométrico del árbol.

10 Uno de estos momentos de error no deseados es el que surgiría si la dirección de los ejes geométricos de rotación del elemento de rotor sobre sí mismo y del árbol de accionamiento no coincidiesen estando el giróscopo en la condición de "capturado". Tal desalineación se produciría, por ejemplo, si hubiese una desviación o falta de alineamiento en los selectores usados para detectar la orientación del eje de rotación del rotor. Suponiendo la ausencia de otras fuentes de par o momento sobre el rotor, una desviación o falta de alineamiento en los detectores de un giróscopo capturado daría por resultado una combadura de los goznes de flexión. La combadura de los goznes de flexión produciría a su vez en el elemento de rotor un par o momento tendente a alinear el elemento de rotor con el árbol de accionamiento. Como el elemento de rotor tiene una cantidad de movimiento o impulsión angular, este par produciría el conocido efecto de precesión del eje de rotación del elemento de rotor, en torno a un cono. Este par desarro-

15

20

25



llado por los goznes en flexión es el denominado de rigidez elástica "en fase".

Si los ejes de rotación del elemento de rotor y del árbol de accionamiento no están alineados, cada elemento de Cardan debe vibrar de un lado a otro, acomodándose al movimiento relativo. Como un elemento de Cardan tiene una masa y un momento de inercia finitos, es preciso actuar sobre aquél por medio de pares de fuerzas con el fin de producir este movimiento, y tales pares o momentos se producen en parte por efecto de reacciones sobre el árbol de accionamiento y en parte por efecto de reacciones sobre el elemento de rotor. Los momentos de reacción sobre el elemento de rotor proporcionan un efecto o mecanismo de compensación. Matemáticamente, estos pares o momentos de los elementos de Cardan son idénticos a una relación o rigidez elástica "en fase", de sentido negativo. Pueden ajustarse haciendo que el elemento de rotor efectúe la precesión según un cono, pero en sentido opuesto al de la precesión producida por la acción de combadura de los goznes de flexión. El ajuste de estos índices de rigidez elástica negativa de los elementos de Cardan en el sentido de anular los de rigidez elástica positiva de torsión, a una velocidad particular de rotación del rotor sobre sí mismo, es lo que se conoce como "sintonía" del giróscopo. Las condiciones de sintonía de un giróscopo de rotor libre que



5 tiene un solo elemento cardánico intermedio suspendido entre un rotor y un árbol se describen en un artículo titulado "Dynamically Tuned Free-Rotor Gyroscope" ("Un giróscopo de rotor libre dinámicamente sintonizado"), publicado en la revista Control Engineering, junio de 1964, págs. 67 a 72.

10 La rigidez de este resorte negativo viene determinada por los momentos de inercia de los elementos de Cardan. La expresión general del par viene dada por la rigidez del muelle negativo:

Relación elástica dinámica

$$\text{para cada elemento de Cardan} = N^2(C-A-B),$$

15 donde N es la frecuencia de rotación y A, B y C son los momentos de inercia principales del elemento cardánico respecto a los ejes de flexión y respecto al eje de rotación, respectivamente. La magnitud de la relación elástica efectiva, pues, es proporcional al momento de inercia del elemento cardánico respecto al eje de rotación, menos los momentos de inercia del mismo respecto a los dos ejes de pivote, esto es, de flexión. Si el elemento de Cardan fuese infinitamente delgado, esta expresión se aproximaría a cero, pues la rigidez o relación elástica negativa es proporcional a la altura del elemento de Cardan en la dirección del eje de rotación. En la práctica, las relaciones elásticas positivas de los goznes de flexión individuales se hacen

20

25



5 concordar entre sí, de preferencia, dentro de una exactitud de alrededor del cinco por ciento, y la altura efectiva de cada elemento de Cardan se ajusta, por medio de unos tornillos de ajuste, de manera que la rigidez o relación elástica total sea esencialmente cero.

10 Para un giróscopo en la modalidad de libre (sin captura), una relación elástica neta directa, esto es, en fase, produce en el rotor una nutación (un lento movimiento según un cono) directamente proporcional a la extensión en que el eje geométrico del rotor esté desalineado o desviado respecto del eje de rotación. Por ejemplo, surge una relación elástica en fase si la frecuencia de rotación es distinta de la frecuencia a que esté sintonizada la suspensión cardánica, es decir, si la suspensión no está perfectamente sintonizada. Se desarrolla un par en torno 15 al mismo eje que el desplazamiento inicial, lo que a su vez es causa de que el rotor efectúe una precesión en torno a un eje que forma ángulo recto con el eje de desplazamiento. Como en este resorte no hay disipación de energía, el eje 20 de rotación del rotor sobre sí mismo no vuelve a la posición del eje de rotación del árbol, sino que continúa con su precesión según un cono en torno al eje de rotación del árbol.

25 La magnitud de la relación elástica en fase, en condiciones de desintonía, es:



$$\dot{\theta}/\theta = (\Delta N)/F_m ,$$

5 donde ΔN es la diferencia entre la frecuencia de sintonía y la frecuencia efectiva de rotación, y F_m es un término denominado "factor de calidad", que para un instrumento dado cualquiera es $F_m = HN/K_T$, siendo H la impulsión o cantidad de movimiento angular del rotor, N la frecuencia de rotación y K_T la suma de todas las relaciones elásticas (fuerza/deformación) de la suspensión de gozne.

10 Una resultante neta de relación elástica en fase, debida a desintonía, se elimina ajustando los momentos de inercia de los elementos cardánicos de la manera que se enseña más adelante. La junta universal de la presente invención puede ser realizada en un giróscopo que elimine esencialmente los pares o momentos de error provenientes de la

15 rectificación de vibraciones que aparezcan a una frecuencia igual al doble de la frecuencia de rotación del elemento de rotor. Tales pares de error rectificadas pueden también eliminarse sustancialmente mediante ajuste de los

20 momentos de inercia de los elementos de Cardan. Los cojinetes de bolas utilizados para soportar el árbol producen vibraciones a unos armónicos de la frecuencia de rotación. De no efectuarse ajustes de compensación, los giróscopos de rotor sintonizado rectificarán tales vibraciones al

25 doble de la frecuencia de rotación. Este efecto puede ser



grave, típicamente del orden de 5° por hora y por segundo de arco, de amplitud de la vibración, a una frecuencia doble de la frecuencia de rotación, si no se efectúa compensación alguna.

5 Para comprender este efecto más plenamente, considérese un ejemplo en el que los goznes de flexión a lo largo de uno de los ejes geométricos de un elemento de Cardan sean relativamente rígidos en comparación con los goznes de flexión a lo largo del otro eje del elemento de
10 Cardan. Si el giróscopo está sometido a vibración angular, los goznes deben flexar, esto es, combarse, en una magnitud igual a la amplitud de la vibración, produciendo así un par o momento elástico directo en el elemento de rotor. Normalmente, estos pares o momentos elásticos darán un promedio
15 medio cero a lo largo de cada ciclo de vibración, pero no en el caso de una vibración sincrónica a la frecuencia $2N$, esto es, al doble de la frecuencia de rotación. En el caso más desfavorable, los semiperíodos positivos del desplazamiento angular combarán un gozne de flexión rígido, en tanto
20 que los semiperíodos negativos combarán un gozne de flexión débil, esto es, menos rígido. De ello resulta la aplicación de un par medio neto en el elemento de rotor. Para los goznes de flexión realizados en la práctica, este efecto puede eliminarse prácticamente mediante una cuidadosa concordancia o adaptación de las relaciones de ri-
25



1975

gidez elásticas de los goznes de flexión.

Ahora bien, la relación o rigidez elástica negativa dinámica producida por el movimiento de los elementos de Cardan es fuertemente asimétrica. Para explicar este fenómeno con más detalle, supóngase que a la envolvente del instrumento se le aplica una entrada de velocidad angular. El par transmitido al elemento de rotor en un instante dado cualquiera es función de la posición del elemento de rotor en ese instante. Para un solo elemento de Cardan, puede verse que el elemento de Cardan se ve obligado a seguir la velocidad angular del árbol cuando el eje de flexión ligado al árbol está formando ángulo recto con la dirección de la velocidad angular de entrada, pero no se ve obligado a seguir al árbol cuando éste se halla en línea con esa misma dirección, debido a su poca rigidez, esto es, a su poca resistencia a la flexión o combadura. Esencialmente, pues, el elemento de rotor es atacado alternativamente con fuertes pares o momentos giroscópicos cuando la velocidad angular de entrada actúa transversalmente al eje "duro" del elemento de Cardan, pero no es atacado con fuertes pares giroscópicos cuando la entrada de velocidad angular actúa según el eje "blando". Si es posible encontrar una condición tal que las elevadas velocidades angulares en un determinado sentido aparezcan cuando existe un fuerte acoplamiento giroscópico con el



rotor, pero para las elevadas velocidades angulares en el sentido opuesto los pares transmitidos sean muy débiles, habrá entonces una rectificación neta o resultante en favor del sentido de fuerte acoplamiento. Esta condición

5 existe realmente para las entradas de vibración angular a una frecuencia doble de la frecuencia de rotación, y sólo para esa frecuencia. Ahora bien, el análisis ha demostrado que este efecto de rectificación es anulado por los pares o momentos aplicados al elemento de rotor por un

10 segundo elemento de Cardan adecuadamente adaptado y fijado en ángulo recto con el primero, o bien por unos elementos cardánicos segundo y tercero equiangularmente repartidos en torno al eje de rotación a partir del primer elemento de Cardan y adaptados o puestos en concordancia para anular

15 de modo efectivo los vectores de par de los tres elementos de Cardan, y así sucesivamente para las juntas universales que tengan cuatro o cinco elementos cardánicos.

Teniendo en cuenta estos aspectos, la junta

20 universal de la presente invención tiene por lo menos dos elementos de Cardan mecánicamente conectados en paralelo, cuyas inercias cardánicas están ajustadas para lograr la anulación de las relaciones elásticas y la anulación de pares o momentos debidos a vibraciones en torno a unos ejes

25 de entrada fijos en la caja o envolvente, al doble de la



5 . velocidad de rotación. Cada uno de los elementos de Cardan rectificará una vibración de $2N$, pero sus momentos de rectificación serán iguales y opuestos, siempre y cuando los elementos de Cardan estén cuidadosamente adaptados y puestos en concordancia para conseguir esta característica. La concordancia o adaptación se consigue con las mismas pesas de equilibrio usadas para sintonizar el giróscopo a una relación elástica resultante cero a la frecuencia de funcionamiento.

10 En los párrafos que siguen se reafirman las enseñanzas de la patente de EE.UU. número 3.678.764 y se describen las ecuaciones de movimiento de un giróscopo como éste, las condiciones de sintonía y las condiciones para la supresión sustancial de los errores producidos por la aplicación de momentos o pares a la frecuencia $2N$.

15 En la figura 7 se da un esquema simplificado del rotor 120, el árbol 122 y el elemento de Cardan 124 con unos ejes de coordenadas adecuados para la facilidad del análisis y la simplificación de las ecuaciones. De igual modo, la figura 8 es un esquema simplificado del rotor 120, el árbol 122 y otro elemento de Cardan 126, con unos ejes de coordenadas que simplifican el análisis y dan por resultado unas ecuaciones simplificadas. Los ejes de coordenadas se definen del siguiente modo:

25 En la envolvente de sustentación se define un



juego dextrógiro de ejes de coordenadas ortogonales X, Y, Z (no representado en las figuras 7 y 8).

5 El árbol rotatorio 122 lleva fijado un juego dextrógiro de ejes de coordenadas ortogonales \underline{x} , \underline{y} , \underline{z} , en el que la coordenada \underline{z} coincide con la coordenada Z del juego de coordenadas X, Y, Z fijado en la envolvente. Las coordenadas \underline{x} , \underline{y} giran con el árbol 122 y definen un plano que forma ángulo recto con el eje \underline{z} del árbol de accionamiento.

10 En el elemento de Cardan 124 se define un juego dextrógiro de coordenadas ortogonales \underline{x}_1 , \underline{y}_1 , \underline{z}_1 con el eje \underline{x}_1 coincidente con el eje \underline{x} del árbol 122, como se ilustra en particular en la figura 7.

15 En el elemento de Cardan 126 se define un juego dextrógiro de coordenadas ortogonales x_2 , y_2 , z_2 , como se ilustra en particular en la figura 8, con el eje y_2 coincidente con el eje \underline{y} del árbol 122.

20 En el rotor 120 se define un sistema dextrógiro de coordenadas ortogonales x' , y' , z' , particularmente representado en las figuras 7 y 8, con el eje x' coincidente con el eje x_2 . El eje y' es coincidente con el eje y_1 .

25 Los índices o relaciones de rigidez elástica de los resortes que conectan el árbol 122 y el elemento de Cardan 124 a lo largo de los ejes \underline{x} , \underline{x}_1 se designan con K'_{x1} y K''_{x1} . Los índices o relaciones de rigidez elástica de



los resortes que conectan el árbol 122 y el elemento de Cardan 126 a lo largo de los ejes y_2 , y se designan con K'_{y2} y K''_{y2} . Los índices o relaciones de rigidez elástica de los resortes que conectan el elemento de Cardan 124 al rotor 120 a lo largo del eje y_1 se designan con K'_{y1} y K''_{y1} . Los índices o relaciones de rigidez elástica de los resortes que conectan el elemento de Cardan 126 y el rotor 120 a lo largo del eje x_2 se designan con K'_{x2} y K''_{x2} .

En las ecuaciones que siguen, K_x es la relación elástica positiva total que actúa a lo largo de los ejes x , y K_y es la relación elástica positiva total que actúa a lo largo de los ejes y :

$$\begin{aligned} K_x &= K'_{x1} + K''_{x1} + K'_{x2} + K''_{x2} \\ K_y &= K'_{y1} + K''_{y1} + K'_{y2} + K''_{y2} \end{aligned} \quad (1)$$

El coeficiente de amortiguamiento D_{x1} se define para el elemento de Cardan 124, para su rotación en torno al eje x_1 . El coeficiente de amortiguamiento D_{y1} se define para el elemento de Cardan 124, para su rotación en torno al eje y_1 . De igual modo, para el elemento de Cardan 126 se definen los coeficientes de amortiguamiento D_{x2} y D_{y2} , para su rotación en torno a los ejes x_2 e y_2 , respectivamente. En las ecuaciones que siguen, se supone que los coeficientes de amortiguamiento son cero. El efecto de un coeficiente de amortiguamiento es el de abreviar la constante de tiempo del dispositivo. Por tanto, el valor del



coeficiente de amortiguamiento debe mantenerse lo bastante pequeño para que no afecte al funcionamiento del dispositivo.

5 Los momentos de inercia principales para el elemento de Cardan 124 están definidos como A_1, B_1, C_1 respecto a los ejes x_1, y_1, z_1 , respectivamente. Los momentos de inercia principales para el elemento de Cardan 126 están definidos como B_2, A_2, C_2 respecto a los ejes x_2, y_2, z_2 , respectivamente. Debido a la simetría de los
10 elementos de Cardan 124 y 126 y del rotor 120, los productos de los momentos de inercia son cero.

Los momentos de inercia principales para el rotor 120 vienen definidos como A, B, C respecto a los ejes x', y', z' , respectivamente.

15 Las figuras 9 y 10 son unos diagramas que ilustran la relación existente entre las coordenadas X, Y, Z , fijadas en envolvente, esto es, en la caja y las coordenadas $\underline{x}, \underline{y}, \underline{z}$, fijadas en rotor, con el propósito de explicar la resolución de los ángulos, velocidades angulares y pares o momentos que se aplican, en torno a los ejes X, Y
20 fijos en envolvente, a los ejes del sistema de coordenadas $\underline{x}, \underline{y}, \underline{z}$ fijadas en rotor. La velocidad angular del árbol es la frecuencia de rotación N . Las velocidades angulares aplicadas a la envolvente, esto es, a la caja, perpendiculares al eje Z pueden resolverse en unas componentes $\dot{\phi}_X$ y
25



$\dot{\phi}_Y$ respecto a los ejes X e Y fijos en la caja, respectivamente. Las velocidades angulares $\dot{\phi}_X$ y $\dot{\phi}_Y$ pueden luego resolverse en velocidades angulares respecto a los ejes \underline{x} , \underline{y} , \underline{z} fijos en árbol. De igual modo, el par que actúa sobre los elementos de Cardan (o sobre el rotor) desde la caja o envolvente, respecto a un eje perpendicular al eje Z, puede resolverse en unas componentes M_X y M_Y respecto a los ejes X e Y, respectivamente. Las componentes M_X y M_Y pueden luego resolverse respecto a los ejes \underline{x} e \underline{y} fijos en el árbol.

El eje z' de rotación del rotor 120 no está obligado, en general, a ser coincidente con los ejes \underline{z} y Z. El rotor 120 puede considerarse angularmente desplazado, en relación con el árbol 122, en torno a los ejes \underline{x} e \underline{y} . Los desplazamientos angulares del rotor 120, en relación con el árbol 122, en torno a los ejes \underline{x} e \underline{y} del árbol 122, se designan con los símbolos θ_x y θ_y , respectivamente.

Para las definiciones arriba indicadas, las ecuaciones de movimiento del rotor 120 respecto al árbol 122 son:

$$\begin{aligned}
 & (A + A_1) \ddot{\theta}_x + [K_x + N^2 (C + C_1 - B - B_1)] \theta_x + \\
 & N (C - A - B) \dot{\theta}_y = - (A + A_1) [\dot{\phi}_X \cos Nt + \dot{\phi}_Y \sin Nt] + \\
 & N (C + C_1 + A - B + A_1 - B_1) [\dot{\phi}_X \sin Nt - \dot{\phi}_Y \cos Nt] + \\
 & M_X \cos Nt + M_Y \sin Nt
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 & (B + A_2) \ddot{\theta}_Y + [K_Y + N^2 (C + C_2 - A - B_2)] \theta_Y - \\
 & N (C - A - B) \dot{\theta}_X = \pm (B + A_2) [\ddot{\theta}_X \text{ sen } Nt - \ddot{\theta}_Y \text{ cos } Nt] + \\
 & N (C + C_2 + B - A + A_2 - B_2) [\dot{\theta}_X \text{ cos } Nt + \dot{\theta}_Y \text{ sen } Nt] - \\
 & M_X \text{ sen } Nt + M_Y \text{ cos } Nt
 \end{aligned}$$

5

Como puede verse por estas ecuaciones, si se ajustan las relaciones elásticas y los momentos de inercia, el rotor actúa esencialmente como rotor libre, al propio tiempo que elimina del rotor los pares o momentos de rectificación ocasionados por oscilaciones de frecuencia doble de la de rotación N. Las condiciones generales para tales ajustes son:

10

$$\Delta J = \frac{-\Delta K [J + (A + B - C)]}{K - N^2(A + B - C)} \quad (3)$$

15

para supresión de la rectificación, y

$$J = \frac{K}{N^2} - (A + B - C) \pm (A + B - C) \left(1 + \frac{(\Delta K + N^2 \Delta J)^2}{N^4 (A + B - C)^2} \right)^{1/2} \quad (4)$$

20

para una sintonía perfecta, siendo

$$J = 1/2 [A_2 + B_2 - C_2) + (A_1 + B_1 - C_1)] \quad (5)$$

$$\Delta J = 1/2 [(A_2 + B_2 - C_2) - (A_1 + B_1 - C_1)] \quad (6)$$

25



$$K = 1/2 [K_x + K_y] \quad (7)$$

$$\Delta K = 1/2 [K_x - K_y] \quad (8)$$

5 y N igual a la velocidad angular del árbol 122, en radianes/seg.

Para un instrumento en la práctica,

$$\Delta K/K \ll 1 \text{ y } (A \mp B - C) \gg J \quad (9)$$

10 Por lo tanto, las ecuaciones (3) y (4), con bastante aproximación, se reducen a:

$$\Delta J \approx \Delta K/N^2 \quad (10)$$

y

15
$$J \approx K/N^2 \quad (11)$$

Reordenando las ecuaciones (10) y (11) y sustituyendo las ecuaciones (5), (6), (7) y (8), se obtienen las ecuaciones siguientes:

20
$$(K_x - K_y) \approx N^2 (A_2 + B_2 - C_2 - A_1 - B_1 + C_1) \quad (12)$$

para la supresión de la rectificación de 2N, y

25
$$(K_x + K_y) \approx N^2 (A_1 + A_2 + B_1 + B_2 - C_1 - C_2) \quad (13)$$

Nótese que sumando las ecuaciones (12) y (13) se tiene:



$$K_x = N^2 (A_2 + B_2 - C_2) , \quad (14)$$

y restando las ecuaciones (12) y (13)

$$5 \quad K_y = N^2 (A_1 + B_1 - C_1) \quad (15)$$

Así, para un juego dado de resortes que tengan unas relaciones elásticas compuestas K_x y K_y , según lo definido en la ecuación (1), es posible ajustar los momentos de inercia de los elementos de Cardan mediante unas pesas de equilibrio o compensación, con el fin de lograr las condiciones deseadas tanto de una adecuada sintonía como también de una rectificación nula de la frecuencia $2N$.

15 Al aplicar el análisis que antecede a una forma de realización en la práctica, el rotor 120 puede considerarse como el equivalente dinámico del elemento de rotor 14 y la rueda inercial 106. De igual modo, el árbol 122 puede considerarse como el equivalente dinámico del elemento impulsor 12 y del árbol de accionamiento 104.

20 En el proyecto de la forma de realización de la junta universal de este invento ilustrada en las figuras 1 a 5 inclusive se considera cierto número de parámetros. A los fines del estudio, estos parámetros de proyecto pueden agruparse en los relativos a elecciones de diseño,

25



características de inercia de los elementos múltiples de Cardan, rigidez de los goznes de flexión que conectan los elementos de Cardan al elemento de rotor y al elemento impulsor, y la geometría del sistema de suspensión de los elementos cardánicos y los goznes de flexión.

Una de las elecciones iniciales de diseño o proyecto a efectuar es la selección de un material, del cual se vaya a hacer la junta universal de una sola pieza. El material elegido ha de tener poca histéresis. El uso de un material de poca histéresis contribuirá a reducir al mínimo el amortiguamiento producido por oscilaciones en torno a los ejes de flexión.

Otro punto de elección principal de proyecto, en la fabricación de un giróscopo que utilice la junta universal de la presente invención es el de elegir una velocidad de rotación para el motor que accione al árbol y a la rueda inercial. La selección de la velocidad de rotación está relacionada con diseños específicos para estos elementos rotativos de un giróscopo, y no forma parte del presente invento. A los fines del estudio que sigue, se supondrá que ha sido elegida una velocidad de rotación apropiada para el giróscopo.

También se supondrá que la rueda inercial no tiene desequilibrio de masas ni desequilibrio radial, o bien que es posible ajustarla hasta eliminar sustancialmen-



te estos desequilibrios.

Existen dos parámetros de proyecto, relacionados entre sí, que han de tenerse en cuenta con el fin de lograr una condición de sintonía (esto es, la anulación de las relaciones o rigideces elásticas del sistema de suspensión) y de lograr la anulación de los pares o momentos constantes que actúen sobre el rotor, generados por rectificación de vibraciones del árbol producidas a una frecuencia de esencialmente el doble de la frecuencia de rotación. Las condiciones para conseguir tanto una adecuada sintonía como una rectificación nula de frecuencia $2N$ se exponen en las ecuaciones (14) y (15) dadas más arriba. La satisfacción de las condiciones de las ecuaciones (14) y (15) se logra mediante ajuste de unas pesas de equilibrio que hacen variar los momentos de inercia de los elementos de Cardan. La elección de los mismos momentos de inercia de los elementos de Cardan y de la misma rigidez para los goznes de flexión reduce al mínimo el intervalo de ajuste de equilibrio necesario para lograr las dos condiciones.

Con arreglo a otro parámetro de proyecto, la rigidez radial y la axial de la junta universal son, de preferencia, aproximadamente iguales. La anisoeelasticidad de la suspensión (esto es, la desigualdad sustancial de la rigidez) en las direcciones radial y axial generará en el rotor un par o momento, si hay unas aceleraciones que



actúen simultáneamente a lo largo tanto del eje de rotación como del eje de entrada. Por ejemplo, puede lograrse la isoelasticidad de la suspensión haciendo las secciones en U de los elementos de Cardan 18 y 20, indicados en la figura 3, del espesor apropiado para que la docilidad
5 elástica en sentido axial sea igual a la que haya en el sentido radial.

Con arreglo al parámetro de diseño siguiente, el centro de gravedad de los elementos de Cardan se halla, de preferencia, en el centro de suspensión de la junta universal. Si no se satisface esta condición, la junta universal contribuirá al desequilibrio de masas según el eje de rotación y al desequilibrio radial de la junta universal combinada con el sistema de rueda inercial. Recuérdese que
10 se supuso que la rueda inercial está equilibrada en ambos sentidos, radial y axial. La facilidad de lograr este parámetro de diseño es una de las apreciables ventajas de la junta universal de la presente invención. Como la junta universal de la invención se fabrica de una sola pieza de material, el centro de suspensión puede establecerse con
15 tolerancias muy finas, usando métodos ordinarios de mecanización. En la forma de realización de la junta universal representada en las figuras 1 a 5 inclusive, el centro de gravedad está establecido por un diseño simétrico, y puede
20 ajustarse en la dirección axial por medio de las pesas de
25



equilibrio del sistema cardánico.

Con arreglo a otro parámetro de proyecto, para las formas de realización que tienen dos elementos de Cardan, el eje geométrico de uno de los elementos de Cardan está angularmente desviado, en torno al eje de rotación, en 90° respecto al eje correspondiente del otro elemento de Cardan. Por ejemplo, los ejes de flexión coincidentes 49 y 53 de los goznes de flexión 48 y 52 fijados al rotor en la figura 3, que definen uno de los ejes de flexión (en realidad, el eje cardánico interior) del elemento de Cardan 20, están de preferencia desviados en 90° respecto a los ejes de flexión coincidentes 65 y 69 de los goznes de flexión 64 y 68 fijados al rotor, que definen el eje cardánico interior del elemento de Cardan 18. La facilidad de lograr este parámetro de diseño es también una de las principales ventajas de la junta universal de la invención. Como la junta universal se fabrica a partir de una sola pieza de metal, la desviación angular de los ejes de flexión puede producirse con precisión por métodos de mecanización ordinarios o comunes. La falta de ortogonalidad entre el eje de flexión de uno de los elementos de Cardan respecto al eje de flexión del otro elemento de Cardan produce un efecto conocido con la denominación de cuadratura angular o rotacional, para las vibraciones de una frecuencia doble de la frecuencia de rotación. Este efecto consis-



te en un desplazamiento de polarización o sollicitación que aparece para las vibraciones angulares de frecuencia doble de la frecuencia de rotación que no puedan reducirse por completo a un mínimo mediante solos ajustes de los momentos de inercia. El par o momento se denomina de "cuadratura" porque actúa a 90° respecto al par producido por la falta de ajuste de los momentos de inercia de los elementos cardánicos con arreglo a las ecuaciones (14) y (15). Este par que actúa en cuadratura se debe a la falta de ortogonalidad entre los ejes de fijación de los elementos de Cardan.

Con arreglo a otro parámetro más de proyecto, los ejes de flexión de los elementos cardánicos, de preferencia, se cortarán entre sí. Por ejemplo, los ejes de flexión colineales 49 y 53 cortan a los ejes de flexión colineales 25 y 45. La facilidad de conseguir este parámetro de diseño representa un importante avance o ventaja de la junta universal de la presente invención. El sesgo del eje de flexión, definido como la condición de no existencia de un plano común, daría por resultado una pendularidad del rotor, en torno a uno de los ejes de la junta universal, distinta de la existente en torno al otro eje. Esta separación de ejes haría que apareciese un desplazamiento de polarización o sollicitación para una vibración lineal que actuara a lo largo de los ejes de entrada fijos en la caja, a



una frecuencia doble de la frecuencia de rotación. Es posible anular el efecto adverso del sesgo mediante un ajuste, como se explica, por ejemplo, en la patente de EE.UU. número 3.538.776. Ahora bien, el logro esencialmente completo de este parámetro de diseño, de la junta universal de la presente invención, hace virtualmente innecesarios tales ajustes. De existir algún desplazamiento o deriva de este género en la junta universal de la invención, puede eliminarse mediante un ajuste diferencial de los centros de gravedad de los elementos cardánicos, ajustando para ello la posición de sus pesas de equilibrio. Ahora bien, toda reducción que se consiga en la magnitud del ajuste de pendularidad de los elementos cardánicos que se necesite para anular esta fuente de error es beneficiosa. Para un intervalo dado de ajuste de las pesas de equilibrio en los elementos de Cardan, la reducción de esta necesidad de eliminar la pendularidad de los elementos cardánicos a una frecuencia doble de la frecuencia de rotación significa que queda disponible para otros fines una mayor parte del intervalo de ajuste.

Con arreglo a otro parámetro más de proyecto, los dos ejes de flexión de cada elemento de Cardan son, de preferencia, ortogonales entre sí.

Si no son ortogonales y existe un sesgo, se producirá un desplazamiento de polarización o sollicitación,



Proportional a las aceleraciones continuas o permanentes en sentido radial, ya que se desarrolla un par o momento respecto al mismo eje de la aceleración aplicada. Este efecto se denomina desequilibrio de cuadratura, porque el par procedente de esta fuente de error es ortogonal a un par resultante del desequilibrio de masas. Un giróscopo que tenga un desequilibrio, sea de cuadratura, sea de masas, es sensible a la gravedad o a las aceleraciones que actúen en ángulo recto con respecto al eje de rotación.

También puede producirse un desequilibrio de cuadratura, no sólo por la falta de ortogonalidad entre el eje de flexión de fijación al rotor y el eje de flexión de fijación al árbol de cada elemento de Cardan, sino también por el sesgo, arriba estudiado, en combinación con la falta de ortogonalidad de los ejes correspondientes de los dos elementos de Cardan.

En las figuras 11 y 12 se ilustra una segunda forma de realización del invento, que tiene tres elementos de Cardan. Ahora bien, se sobrentiende que el principio de la invención es general, y el diseño de los elementos de Cardan puede variar ampliamente. Por ejemplo, puede variar la forma de los elementos de Cardan; los elementos de Cardan no necesitan estar conformados simétricamente; los elementos de Cardan pueden cruzarse entre sí o pueden no cruzarse; los elementos de Cardan no necesitan estar reparti-



dos equiangularmente; y los elementos de Cardan no necesitan tener momentos de inercia idénticos.

Las figuras 11 y 12 ilustran tres elementos cardánicos equiangularmente repartidos (esto es, distribuidos) en torno a un eje de rotación de modo que cada elemento de Cardan abarca un ángulo de 90° respecto a dicho eje. La figura 11 es una vista en planta tomada por uno de los lados y que representa principalmente el elemento de rotor de la junta universal, y la figura 12 es una vista en planta por el otro lado y representa también el elemento impulsor de la junta universal.

La junta universal 200 de las figuras 11 y 12 es también una junta universal hecha de una sola pieza, con arreglo a los principios del método de la invención, y comprende: un elemento impulsor 202 de forma esencialmente de estrella, de tres brazos que se extienden radialmente a partir de un cubo común, montado dicho elemento a rotación en torno a un eje geométrico 203; un elemento de rotor 204 que tiene un eje de rotación 205; tres elementos de Cardan idénticos 206, 208 y 210; y seis goznes de flexión que tienen cada uno dos partes, radialmente separadas, que definen un eje común de flexión. El elemento impulsor o de accionamiento 202 tiene un ánima o taladro para recibir un árbol de accionamiento (no representado). La junta universal 200 puede usarse en un giróscopo sintonizado, tal como



el gir6scopo representado en la figura 5. En otros t6r-
minos, la junta universal 10 de las figuras 1, 2 y 3 pue-
de ser sustituida por la forma de realizaci6n de las fi-
guras 11 y 12, en toda aplicaci6n que incluya aquella,
5 m6s arriba estudiada y representada en su incorporaci6n al
gir6scopo sintonizado de la figura 5. La junta universal
200 se fabrica con arreglo al m6todo descrito m6s adelante
en relaci6n con la descripci6n de la forma de realizaci6n
representada en las figuras 14 a 19 inclusive.

10 En la realizaci6n representada en las figuras
11 y 12, los tres elementos card6nicos 206, 208, 210 est6n
conectados, cada uno, al elemento impulsor 202 por uno de
los goznes de flexi6n de una pareja, y al elemento de ro-
tor 204 por el otro gozne de flexi6n de la pareja. Los
15 goznes de flexi6n de la junta universal 200 son del mismo
tipo que los goznes de flexi6n de la junta universal 10,
definiendo cada gozne de flexi6n un eje de flexi6n y un
eje longitudinal. En esta forma de realizaci6n, cada gozne
de flexi6n comprende tambi6n un par de partes escotadas de
20 material. Cada gozne de flexi6n se forma practicando un
par de orificios o taladros paralelos, de manera igual a
la descrita m6s arriba para las primeras formas de ejecu-
ci6n, representadas en las figuras 1 a 5 inclusive. El
gozne de flexi6n formado por el material que queda entre
25 los dos taladros paralelos y contiguos de la pareja se di-

30



vide luego en dos partes radialmente separadas, durante el proceso de fabricación, por medio de un corte practicado con una máquina de electroerosión. Este corte de separación se estudia con mayor detalle más adelante.

5 Los goznes de flexión de la junta universal 10 de la forma de realización de las figuras 1 a 5 inclusive y de otras formas de ejecución del invento pueden formarse practicando unos orificios o taladros paralelos, o mediante el uso de métodos de mecanización por electroerosión o descargas eléctricas, o por otro método apropiado
10 cualquiera. La sección recta de cada orificio no necesita ser un círculo completo si se usan, por ejemplo, métodos de mecanización por electroerosión. De igual modo, la curvatura de cada una de las dos superficies de la parte escotada o degollada de cada gozne no necesita ser la de un
15 cilindro.

El gozne de flexión 212 conecta entre sí el elemento de Cardan 206 y el elemento de rotor 204, en realidad a una parte saliente radialmente hacia dentro de dicho elemento de rotor, a igualdad de lo que sucede con las porciones de conexión de los otros dos elementos de Cardan.
20 El gozne de flexión 212 tiene dos partes radialmente separadas, a saber: los goznes de flexión 212a y 212b. Los goznes de flexión 212a y 212b definen un eje común de flexión
25 213 y unos ejes longitudinales 215a y 215b mutuamente para-



lelos. El eje longitudinal 215a se representa en la figura 11A. Los ejes 215a y 215b son paralelos entre sí y paralelos a los ejes de rotación 203 y 205 cuando la junta universal está en su posición de nulo. Recuérdese que en la posición de nulo no existe desplazamiento angular de ninguno de los elementos cardánicos respecto a su eje de flexión. Los goznes de flexión 212a y 212b tienen cada uno un eje cruzado, denominado también eje transversal, tal como el definido más arriba para el gozne de flexión 24 pero que no se representa en las figuras 11 y 12.

De igual modo, el elemento de Cardan 208 va conectado al elemento de rotor 204 por medio de un gozne de flexión 216 que tiene dos partes, a saber: los goznes de flexión 216a y 216b. Los goznes de flexión 216a y 216b definen un eje común de fricción 217 y unos ejes longitudinales 219a y 219b mutuamente paralelos. Cuando la junta universal está en su posición de nulo, los ejes 219a y 219b son también paralelos a los ejes 203 y 205 de rotación, y a los ejes longitudinales de los otros goznes.

El gozne de flexión 220 es un tercer gozne de flexión que corresponde al tercer sistema cardánico, pues conecta el elemento de Cardan 210 al elemento de rotor 204. El gozne de flexión 220 tiene también dos partes, a saber: los goznes de flexión 220a y 220b. Los goznes de flexión 220a y 220b definen un eje común de flexión 221 y un par de



ejes longitudinales 223a y 223b mutuamente paralelos.

Cada gozne de flexión de los que conectan un elemento de Cardan al elemento de accionamiento o impulsor 202 está construido de igual manera que el gozne de flexión fijado al rotor para dicho elemento de Cardan, pero desviado en un ángulo de 90° en torno a los ejes de rotación 205 y 203. El elemento impulsor 202 tiene tres brazos equiangularmente repartidos. De estos brazos hay uno conectado a cada uno de los elementos de Cardan, por medio de un gozne de flexión. Por ejemplo, el gozne de flexión 224 conecta el elemento de Cardan 206 a un brazo del elemento impulsor 202, y define un eje de flexión 225 desviado 90° respecto del eje de flexión 213, en torno a los ejes de rotación 203 y 205. El gozne de flexión 224 tiene dos partes, a saber: los goznes de flexión 224a y 224b. Los goznes de flexión 224a y 224b tienen unos ejes longitudinales 227a y 227b, respectivamente, paralelos entre sí y también paralelos a los ejes de rotación 203 y 205 cuando el elemento de rotor está en la posición de nulo.

El gozne de flexión 228 conecta entre sí el elemento impulsor 202 y el elemento de Cardan 208. El gozne de flexión 228 tiene dos partes, a saber: los goznes de flexión 228a y 228b. Los goznes de flexión 228a y 228b definen un eje común de flexión 229 y unos ejes longitudinales paralelos, 231a y 231b respectivamente. Los ejes longitudina-



les 231a y 231b son paralelos a los ejes de rotación 203 y 205, cuando la junta universal se halla en la posición de nulo.

5 El gozne de flexión 232 conecta el elemento de Cardan 210 al elemento de accionamiento o impulsor 202. El gozne de flexión 232 tiene dos partes, a saber: los goznez de flexión 232a y 232b. Los goznes de flexión 232a y 232b definen un eje común de flexión 233 y unos ejes longitudinales 235a y 235b, mutuamente paralelos, respectivamente. Los ejes longitudinales 235a y 235b son paralelos a los ejes de rotación 203 y 205, cuando el elemento de rotor está en la posición de nulo. El eje longitudinal 235a se representa en la figura 11C.

15 Todos los ejes de flexión 213, 217, 221, que definen tres ejes cardánicos exteriores, y 225, 229, 233 que definen tres ejes cardánicos interiores, cortan en un punto común a los ejes de rotación 203 y 205. Todos los ejes longitudinales 215a y 215b, 219a y 219b, 223a y 223b, 227a y 227b, 231a y 231b, y 235a y 235b son paralelos entre sí y paralelos a los ejes de rotación 203 y 205, cuando el elemento de rotor está en la posición de nulo.

20 Considérense ahora otras determinadas características de la forma de realización ilustrada en las figuras 11 y 12. Cada elemento de Cardan tiene practicada una abertura roscada, en la cual se reciben a rosca dos pe-

25



5 ,sas de equilibrio o compensación para ajustar el momento
de inercia del elemento de Cardan. El elemento de Cardan
206 tiene una abertura 238 y, en ella, un par de pesas de
equilibrio 240a y 240b. Cada pesa de equilibrio consiste
10 en un tornillo del mismo tamaño, y capaz de girar en la
abertura roscada, para desplazamiento axial. El elemento de
Cardan 208 tiene una abertura roscada 242 y en ella un par
de pesas de equilibrio 244a y 244b. De igual modo, el ele-
mento de Cardan 210 tiene una abertura roscada 246, y en
15 ella un par de pesas de equilibrio 248a y 248b. El ajuste
de la posición de una de las pesas en cada abertura se lo-
gra por medio de un taladro u orificio de acceso a través
de la otra pesa. Por ejemplo, el acceso a la pesa de equi-
librio 240b se hace posible a través de un taladro que hay
20 en la pesa de equilibrio 240a.

En la forma de ejecución de las figuras 11 y 12,
el elemento impulsor 202, el elemento de rotor 204 y los
elementos de Cardan 206, 208 y 210 tienen cada uno un par
de superficies extremas transversales, desplazadas entre
25 sí en sentido axial. Una de las superficies transversales,
esto es, extremas del elemento impulsor 202, del elemento
de rotor 204, del elemento de Cardan 206, del elemento de
Cardan 208 y del elemento de Cardan 210, se halla en el pla-
no transversal 251, y la otra superficie transversal de ca-
da uno de estos elementos se halla en el plano transversal



253. Los planos transversales 251 y 253 están representados en la figura 11E. En otros términos, no existe desplazamiento axial alguno entre las superficies extremas transversales del elemento impulsor 202, el elemento de rotor 204 y los elementos cardánicos 206, 208 y 210 que dan o se enfrentan hacia un determinado lado, porque ocupan el mismo plano en sentido axial.

Como se apreciará por las figuras 11 y 12, el centro de gravedad de la junta universal 200 está en su centro geométrico, esto es, en el punto común de intersección de los ejes de flexión con los ejes geométricos de rotación. Este punto de intersección de los ejes de flexión con los ejes de rotación se denomina centro de suspensión.

Para una junta universal que tiene tres elementos cardánicos, tal como la ilustrada en las figuras 11 y 12, la separación angular preferida entre los ejes de flexión de los goznes de flexión que conectan cada elemento de Cardan al elemento impulsor es de 120° . Para una junta universal como ésta, la separación angular preferida entre el eje de flexión del gozne de flexión que conecta cada elemento de Cardan específico al elemento impulsor y el eje de flexión del gozne de flexión que conecta el mismo elemento cardánico al elemento de rotor es de 90° . Como consecuencia de estos ángulos preferidos entre ejes



de flexión, los goznes de flexión que conectan cada elemento de Cardan al elemento de rotor tendrían sus ejes de flexión repartidos o separados a 120° en torno a los ejes de rotación del elemento de rotor y del elemento impulsor.

5

Como se describe en lo que antecede, cada gozne de flexión de la forma de realización representada en las figuras 11 y 12 tiene dos partes separadas radialmente. Cada gozne de flexión de esta forma de ejecución de tres elementos de Cardan se forma practicando un par de aberturas paralelas, como arriba se ha dicho, con arreglo al método que se estudia con detalle más adelante y tal como se ilustra, por ejemplo, en las figuras 2 y 11E. Con arreglo a este método se hacen unos cortes de ranura que dan por resultado unos entrantes, con el fin de eliminar una parte o sección central de la porción de material escotada que forma cada gozne de flexión. Esta eliminación de una parte de la porción escotada de material reduce la rigidez torsional del gozne de flexión a una magnitud conveniente. Las dos partes de cada gozne de flexión, que quedan después de practicada o cortada una ranura, están de preferencia radialmente separadas por una distancia lo más grande posible, con el fin de dotar de gran rigidez axial a la junta universal.

10

15

20

25

El funcionamiento de la segunda forma de reali-



zación, ilustrada en las figuras 11 y 12, es análogo al funcionamiento de la primera forma de realización, de las figuras 1 a 5 inclusive, arriba estudiada. Más en particular, un giróscopo que lleve incorporada la forma de realización representada en las figuras 11 y 12 se haría funcionar también, de preferencia, como giróscopo sintonizado, de rotor libre, y se ajustaría preferiblemente para eliminar el error debido a sensibilidad para con las vibraciones de árbol que apareciesen a una frecuencia igual al doble de la frecuencia de rotación. En otros términos, un giróscopo de tres elementos cardánicos se hace funcionar de manera que satisface unas ecuaciones semejantes a las ecuaciones (12) y (13) dadas más arriba. En una junta universal multiscardánica, cada elemento de Cardan produce un momento de error que tiene una magnitud y un sentido. Si los elementos de Cardan son simétricos, las magnitudes de los momentos de error serán esencialmente idénticas. Por lo tanto, la distribución o separación angular de los elementos de Cardan en torno al eje de rotación del rotor puede elegirse y ajustarse de manera que la resultante de todos estos momentos producidos por los elementos cardánicos individuales sea igual a cero. En la patente de EE.UU. número 3.678.764 se describe una junta universal que tiene tres elementos de Cardan. Las características de tal dispositivo se estudian también en una comunicación titulada



5 "Giróscopos dinámicamente sintonizados en sistemas trabaja-
dos", presentada al Grupo Asesor de la Conferencia de In-
vestigación y Desarrollo Aeroespacial sobre componentes y
sistemas de navegación inerciales, celebrada del 2 al 5
de octubre de 1972, y en una comunicación titulada "Teo-
ría de errores de un giróscopo sintonizado, de suspen-
sion elástica multicardánica", publicada en IEEE Trans.
10 on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-9, núm. 3,
Mayo de 1972, debidas ambas comunicaciones a Robert J. G.
Craig. En la forma de ejecución ilustrada en las figuras
11 y 12, los momentos de inercia de los elementos cardá-
nicos están controlados mediante ajuste de la posición
axil de las pesas de equilibrio 240, 244 y 248, o sea ha-
ciendo girar una pesa de equilibrio con el empleo de un
15 destornillador.

En la figura 13 se representa un multisensor
300, para detectar o percibir tanto aceleraciones lineales
como desplazamientos angulares, teniendo el multisensor
dos juntas universales. En los giróscopos descritos más
20 arriba, cada junta universal tiene un elemento de rotor in-
sensible a la aceleración lineal. El elemento de rotor pue-
de hacerse sensible a la aceleración lineal, si así convie-
ne, haciéndolo pendular, es decir, proyectándolo con un
desplazamiento de su centro de masas a uno de los lados
25 del plano de su fijación a su árbol. En las patentes de



EE.UU. números 3.678.764 y 3.382.726 se describen más completamente unos multisensores. El multisensor 300 tiene dos giróscopos, a saber: un giróscopo pendular y otro no pendular, montados ambos en el mismo árbol de accionamiento. El giróscopo pendular tiene una junta universal 10a, idéntica a la junta universal 10 arriba descrita, pero que tiene su centro de gravedad 301 desplazado hasta un punto situado a lo largo del eje geométrico del árbol de accionamiento 302, a cierta distancia del centro de suspensión 303a. El giróscopo no pendular tiene su centro de gravedad situado en el centro de suspensión 303 de la junta universal 10: esto es, el giróscopo no pendular puede tener la junta universal 10 arriba descrita en relación con las figuras 1 a 5 inclusive. El giróscopo pendular mide aceleraciones tanto angulares como lineales. Todos los demás ajustes de las pesas de equilibrio de la junta universal 10a son idénticos a los ajustes de la junta universal 10 arriba descritos. El giróscopo no pendular percibe sólo desplazamientos angulares. La señal que representa desplazamientos sólo angulares se resta de la señal que representa tanto aceleraciones lineales como desplazamientos angulares, obteniéndose con ello una señal que da la medida y es representativa de sólo aceleraciones lineales. El multisensor de la figura 13 lleva incorporadas unas ruedas inerciales, y es en general similar al gi-



5 , róscopto representado en la figura 5, con la salvedad de ser de doble terminación: esto es, tiene dos ruedas inerciales, dos juegos de limitadores de par y dos juegos de selectores o captadores, etc., pero un solo motor de accionamiento.

10 En uno de los extremos de un multisensor puede obtenerse un giróscopo pendular, de modo sencillo, mediante ajuste de las posiciones de las pesas del rotor en la rueda inercial (no representada) y ajustando, hasta
15 cierto punto, la posición de las pesas de equilibrio de la junta universal 10a a lo largo de la dirección del eje de rotación del árbol de accionamiento 302. Por ejemplo, si todas las pesas del rotor se desplazan en sentido axial a lo largo de la dirección del eje de rotación, el centro de gravedad se aparta del centro de suspensión, haciéndose de ese modo el giróscopo pendular.

20 El multisensor 300 es un instrumento capaz de medir velocidades angulares en torno a cada uno de dos ejes sensitivos o sensibles, así como aceleración lineal a lo largo de estos mismos ejes sensibles. Esto se consigue mediante dos rotores con ruedas inerciales 304 y 306, libremente suspendidos de un solo árbol 302 movido por motor, uno de ellos equilibrado y dotado de un fuerte impulso angular para medir velocidades, y el otro pendular y
25 con poco impulso angular, para medir aceleración. Cada rue-



da inercial tiene sus selectores o captadores y sus limitadores de par sensibles respecto a dos ejes principales. Pueden usarse medios electrónicos (no representados) para obtener una amplificación de las señales de salida de giróscopo y un bucle cerrado de servomando en dos ejes para el rotor acelerométrico. Unas corrientes de limitador de par observadas exteriormente al multisensor dan la medida de las aceleraciones.

El multisensor puede construirse encerrando el estator del motor entre dos mitades de envolvente, y soldando las partes entre sí. Unos cojinetes de bolas 310 de precisión soportan el árbol 302 que lleva montados tanto el giróscopo como el acelerómetro, con sus ruedas inerciales y el anillo de histéresis 312. A cada elemento de rotor va fijada, girando con él, una placa 314 de combinación de tope de límite y equilibrio dinámico. Los selectores o captadores y los limitadores de par (no representados en la figura 13) van montados de manera usual, directamente a la envolvente como se representa en la figura 5. Cada rueda inercial puede tener unos ajustes de tornillo para otras fuentes de desequilibrio, tales como el desequilibrio radial y el desequilibrio de masas. Los elementos de Cardan tienen unos ajustes de tornillo para la frecuencia de resonancia y la sensibilidad a las vibraciones de frecuencia doble de la frecuencia de rotación, tan-



to en traslación como en rotación. Unas cubiertas 320 y 322 proporcionan un cierre hermético al vacío y una pantalla magnética.

5 Prosiguiendo ahora con la descripción de otra forma de realización que tiene dos sistemas cardánicos, se describirá también el método de fabricarla. Se sobrentiende que, aun cuando el método de fabricar la junta universal se describa para la forma de ejecución estudiada en lo que sigue, dicho método puede aplicarse también a la
10 fabricación de la forma de realización ilustrada en las figuras 1 a 5 inclusive, la de la forma de realización representada en las figuras 11 y 12, y la fabricación de otras formas de ejecución de la junta universal del presente invento. Se sobrentiende también que algunas de las
15 etapas de método que más adelante se describen son discretionales, y que puede modificarse la secuencia de las diversas etapas sin por ello apartarse del concepto de la invención.

20 La forma de realización que ahora se va a estudiar, ilustrada en las figuras 14 a 19 inclusive, tiene unos goznes de flexión situados cerca del perímetro del elemento de rotor, con el fin de facilitar la medición del espesor de las porciones escotadas o degolladas de material en los goznes de flexión. Las mediciones de estos
25 espesores se utilizan para calcular la relación o tasa de ri-



gidez elástica positiva de la conexión cardánica, para cada elemento de Cardan. Como se recordará, las relaciones elásticas positivas de los goznes de flexión y las fuerzas opuestas o neutralizantes representadas por los momentos de inercia de los elementos de Cardan, que efectivamente son unas relaciones elásticas negativas, resultan anuladas entre sí por efecto del procedimiento arriba descrito como de "sintonía" del giróscopo.

Una junta universal de una sola pieza puede fabricarse partiendo de una barra redonda de material, tal como un acero de alto contenido de carbono u otro material similar, que tenga una gran resistencia mecánica. El diámetro de la barra, naturalmente, determinará el diámetro exterior del elemento conducido de la junta universal, al cual se fijará una rueda inercial.

Con referencia ahora a la figura 14 y a la figura 15, de la barra de materia prima se corta una pieza elemental 400 de material metálico, en forma de disco circular. El espesor de la pieza elemental vendrá controlado por consideraciones de proyecto, para el uso a que finalmente se destine la junta universal. En un giróscopo, el diámetro del árbol impulsor y el tamaño de la rueda inercial serán factores primarios en la determinación del espesor y el diámetro de la pieza elemental 400, a partir de la cual se vaya a fabricar la junta universal.



A través de la pieza se practica un taladro 402 cuyo eje 403 sea colineal con el eje central de la pieza elemental 400 de forma cilíndrica. El diámetro de dicho taladro 402 se elige de manera que la pieza elemental 400 pueda ir montada más tarde en un árbol de accionamiento (no representado) de un diámetro concreto y específico.

Se fresan unas ranuras cordales 404a, 404b, 404c y 404d, que deben considerarse como entrantes poco profundos, representadas en las figuras 14 y 15, a una separación de 90° una de otra en torno al eje central 403. Las cuatro ranuras cordales 404 ofrecen unas superficies planas para facilitar la operación de practicar taladros paralelos.

A continuación, en las áreas de las ranuras cordales de la pieza elemental 400 se practican cuatro pares de taladros paralelos. Uno de los pares de taladros, 408 y 410, dejará entre éstos una parte escotada 406 de material, que al final formará dos goznes de flexión radialmente separados que tienen un eje común de flexión 407. Los taladros 408 y 410 se representan a título de ejemplo, en las figuras 14 y 15, en una forma de realización de dos elementos de Cardan. Los ejes centrales (esto es, los ejes de flexión) entre los taladros paralelos formantes de pareja, de los tres pares de taladros restantes, están de preferen-



5 cia equiangularmente repartidos a intervalos de 90° en
 torno al eje central 403, a partir del eje de flexión 407
 situado entre los taladros 408 y 410. Los ejes o líneas
 de centro de los ocho taladros individuales están conte-
 nidos en un mismo plano que se extiende transversalmente
 al eje 403. El eje de cada taladro individual de cada pa-
 reja de taladros se extiende a la misma distancia a par-
 tir del eje de flexión del gozne de flexión. Por ejemplo,
 los centros 409 y 411 de los taladros 408 y 410, respec-
10 tivamente, están equidistantes del eje de flexión 407 del
 gozne de flexión visible en la figura 15. El eje transver-
 so 412 es perpendicular al eje de flexión 407. Cada por-
 ción escotada de material tiene un eje longitudinal per-
 pendicular al eje de flexión correspondiente, y paralelo
15 al eje 403 de rotación. Por ejemplo, la porción escotada
 406 tiene un eje longitudinal 413.

 Los taladros de cada pareja (por ejemplo, los
 taladros 408, 410) se practican hasta una profundidad pre-
 fijada en la pieza elemental 400 pero, como alternativa,
20 podrían hacerse pasantes a través de la pieza elemental.
 Naturalmente, si se hicieran los taladros pasantes de un
 lado a otro a través de la pieza elemental, repartidos a
 90° en torno al eje central 403, sólo se necesitarían dos
 pares de taladros para obtener las cuatro porciones esco-
25 tadas o degolladas. La profundidad de los taladros es cosa



de elección de proyecto, y la rigidez deseada para el gozne de flexión es, naturalmente, consideración de primer orden en la determinación de una profundidad, ya que la profundidad, a su vez, forma parte de la dimensión radial que finalmente ha de tener la porción escotada.

Las tres porciones escotadas adicionales 414, 416, y 418, representadas en la figura 14, son idénticas a la porción escotada 406 y se forman de la manera arriba descrita. Cada porción escotada de material así formada se dividirá más adelante en dos goznes de flexión, mediante unos cortes practicados por electroerosión. Por ejemplo, la porción escotada 406 se cortará más adelante hasta obtener un gozne de flexión que conecte uno de los elementos de Cardan al elemento impulsor y otro gozne de flexión que conecte el otro elemento de Cardan al elemento de rotor de la junta universal.

En la etapa siguiente, se practican y roscan en la pieza elemental 400 ocho taladros 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432 y 434. El centro de cada uno de estos taladros está a la misma distancia del eje 403, y los taladros tienen sus ejes o líneas de centro paralelos al eje 403. Estos taladros tienen por objeto recibir unas pesas de equilibrio o compensación cuya posición axial sea ajustable, como se ha estudiado más arriba. El lugar de situación de los taladros se elige en función del proyecto de la forma par-



5 ticular de realización que se vaya a fabricar.

La pieza elemental 400 puede someterse a continuación a un tratamiento térmico para aumentar su dureza. El tratamiento térmico es ya conocido en la técnica del ramo.

5 Con arreglo a la secuencia de etapas preferida, la pieza elemental 400, a continuación, se dimensiona con exactitud. La superficie cilíndrica de la pieza elemental puede rectificarse hasta obtener un diámetro exterior preciso. Los costados de la pieza elemental pueden también rectificarse y lapearse hasta que queden paralelos con precisión. La abertura 402 puede rectificarse hasta darle un diámetro interior con exactitud. Los taladros de cada pareja formante de un gozne de flexión pueden también rectificarse, con el fin de definir con más precisión el gozne de flexión que se vaya a formar. Por ejemplo, pueden rectificarse los taladros 408 y 410 a un diámetro mayor y/o de manera que disminuya la distancia entre sus ejes o líneas de centro 409 y 411.

10
15
20 A continuación se utilizan los métodos de mecanización por electroerosión para quitar material adicionalmente de la pieza elemental 400, efectuando en ella diversos cortes. El procedimiento de mecanizar por electroerosión es ya bien conocido en la industria, y se dispone de máquinas de diversas procedencias para ponerlo en práctica.

30 JUN 1975

Por ejemplo, para efectuar los cortes en la pieza elemental 400 puede utilizarse una máquina de electroerosión Charmilles D10, con unos electrodos especialmente proyectados a este fin.

5 Del fabricante Charmilles Engineering Works Ltd., Ginebra, Suiza puede obtenerse un manual de procedimientos de mecanización titulado "Electrical Machining, Spark-Erosion Machines, Technology Generators" ("La mecanización eléctrica, las máquinas de electroerosión generadoras de tecnología"). La mecanización por electroerosión
10 o descargas eléctricas se describe en un libro titulado "La mecanización por electroerosión en la década de los 1970", de Leland J. Quackenbush y William N. Lawrence. Este libro puede obtenerse, bajo su título inglés, "Electrical
15 Discharge Machining for the 1970's", de la División de desarrollo industrial del Instituto de Ciencia y Tecnología, Universidad de Michigan, 2200 North Campus Boulevard, Ann Arbor, Michigan 48105, EE.UU.

Más concretamente, como se verá por la descripción
20 detallada del método que se da más adelante, la eliminación de material de la pieza elemental 400 mediante el uso de la tecnología de mecanización por descargas eléctricas incluye etapas de eliminación de diferentes tipos. En uno de estos tipos de etapa, el corte y eliminación de material se efectúa para practicar unas ranuras axiales que
25



1975

penetran en la pieza elemental 400, la cual es inicialmente un bloque macizo de metal, como se ha dicho más arriba. Por definición, y tal como aquí se utiliza, el término de "ranura" ha de entenderse que designa un corte practicado a partir de uno de los lados o costados de la pieza elemental, atravesándola hasta el otro lado. Además, las etapas de mecanización incluyen la acción de practicar unos cortes o entrantes axiles que, aunque pueden aparecer como ranuras, no atraviesan por completo la pieza elemental. Por el contrario y por definición, tal como aquí se utilizan, estos entrantes se extienden penetrando sólo parcialmente en sentido axil en el bloque, a partir de uno de los lados o costados. Otras etapas del método incluyen otros entrantes axiles que se extienden también penetrando sólo parcialmente en sentido axil en la pieza elemental 400, pero a partir del otro lado o costado. En otras etapas más, se practican unos entrantes que se extienden desde la periferia, penetrando radialmente hacia dentro en la pieza elemental 400.

Volviendo ahora a las figuras 16, 17, 18 y 19, son éstas cuatro vistas que ilustran la estructura de la forma de realización resultante de la pieza elemental de las figuras 14 y 15, al continuar quitando material mediante la ejecución de los cortes de mecanización por descargas eléctricas. Así, por medio de un electrodo de máquina



de electroerosión se producen las ranuras 433a, 433b,
433c y 433d que atraviesan de parte a parte la pieza ele-
mental 400. Por medio de otro electrodo se hacen los en-
trantes 435a y 435b. Por la figura 16 se ve que los en-
5 trantes 435a y 435b no se extienden de parte a parte a
través de la pieza elemental 400. La profundidad relativa
de algunos de los cortes denominados "entrantes", a par-
tir de las superficies extremas, se ilustra en la figura
17. Naturalmente, puede variar la secuencia de ejecución
10 de los cortes. Asimismo sería posible, desde luego, modi-
ficar el diseño de los electrodos. Por ejemplo, los seis
cortes 433 y 435 podrían hacerse por medio de un solo
electrodo enterizo del tipo de un cortador del tipo de re-
postería. El lado o costado de la pieza elemental 400 des-
15 de el cual se practican los entrantes 435, esto es, el la-
do visible en la figura 16, se denominará aquí en lo suce-
sivo el "primer lado".

Con referencia ahora a la figura 18, se repre-
senta en ella la pieza elemental 400 vuelta sobre sí mis-
20 ma, para efectuar cortes desde el lado opuesto: esto es,
el lado visible en la figura 18, al que se denominará aquí
"segundo lado" de la pieza elemental 400. En corresponden-
cia con los entrantes 435a y 435b hechos por el primer la-
do, se practican ahora unos entrantes 437a y 437b, que se
25 extienden penetrando parcialmente en la pieza elemental 400,



en sentido axial. Tal como se indica en el dibujo, estos cuatro entrantes pueden considerarse como constitutivos de unos canales de conexión entre parejas de las ranuras anulares en cuarto de círculo 433a ... 433d.

5 Unas ranuras 439a, 439b, 439c y 439d se practican en forma de cuatro hendiduras idénticas, de forma de arco y equiangularmente repartidas, que atraviesan de parte a parte la pieza elemental 400 en sentido axial, dispuestas concéntricamente con las ranuras 433. De igual
10 forma y disposición se practican unas ranuras 441a, 441b, 441c y 441d que atraviesan por entero de parte a parte la pieza elemental 400 en sentido axial y que tienen unas paredes concéntricas en sentido radial. Además, se practican unas ranuras 443a, 443b, 443c, 443d, 443e, 443f, 443g y
15 443h, que se extienden en sentido esencialmente radial atravesando por entero la pieza elemental 400, también de uno a otro lado. En la práctica, el total de las ocho ranuras o hendiduras 443 se forma en una sola etapa de corte por medio de un electrodo de la máquina de electroerosión.

20 A continuación, se vuelve a colocar la pieza elemental 400 con el primer lado hacia arriba, como se ilustra en la figura 16, y se practican cuatro entrantes esencialmente radiales 445a, 445b, 445c y 445d que entran parcialmente en la pieza elemental 400 en sentido axial. De
25 igual modo, se practican desde el otro lado, esto es, el



segundo lado, representado en la figura 18, cuatro entrantes correspondientes 447a, 447b, 447c y 447d. Los entrantes 447 se corresponden con los entrantes 445, pero están angularmente desplazados en 90° respecto de estos entrantes 445, en torno al eje geométrico 403, y se hallan en el lado opuesto de la pieza elemental 400. Cada entrante 447, al extenderse tan sólo en una parte de camino a través de la pieza elemental 400 y en sentido axial, interconecta una ranura 443 con una ranura 439.

10 A continuación se practican, en el sentido de las cuerdas (llamadas secantes en geometría) unos entrantes representados como entrantes 449, también abiertos parcialmente a través de la pieza elemental 400 en sentido axial y desde el primer lado (véase la figura 16). Por medio de este corte se hacen entrantes de dos formas ligeramente diferentes, a saber: los entrantes 449a, 449b, 449c y 449d de una primera forma, y las ranuras o canales 449e, 449f, 449g y 449h de otra forma.

20 Como puede verse por la figura 18, se producen otros ocho entrantes 451a, 451b, 451c, 451d, 451e, 451f, 451g y 451h correspondientes a los entrantes 449a, 449b, 449c, 449d, 449e, 449f, 449g y 449h, respectivamente, pero practicados desde el segundo lado de la pieza bruta 400 y angularmente desviados en 90° respecto a los entrantes 449. Cada entrante 451 es también de la naturaleza de



un canal de ranura, pues penetra sólo parcialmente en la pieza elemental 400, en sentido axial.

5 Hay todavía otros entrantes que se practican con un solo electrodo desde el primer lado (véase la figura 16) y que son las cuatro ranuras 453a, 453b, 453c y 453d. que penetran cada una atravesando parcialmente la pieza elemental 400 en sentido axial. Desde el segundo lado de la pieza elemental (figura 18) se practican unos entrantes correspondientes 455a, 455b, 455c y 455d, angularmente desviados en 90° respecto a los entrantes 453. Los
10 cuatro entrantes 455a, 455b, 455c y 455d se abren camino sólo parcialmente a través de la pieza elemental 400 en sentido axial.

De nuevo se da vuelta a la pieza elemental 400
15 y se practican dos entrantes 457a y 457b desde el primer lado, extendiéndose cada uno tan sólo parcialmente a través de la pieza elemental 400 en sentido axial. Luego, desde el segundo lado de la pieza elemental se abren unos entrantes correspondientes 459a y 459b, similares a los entrantes 457a y 457b y angularmente desviados respecto a
20 estos últimos en 90° en torno al eje geométrico 403, respectivamente.

De parte a parte de la pieza elemental 400 se practican cuatro ranuras o hendiduras 461a, 461b, 461c y
25 461d que se extienden radialmente y que, como todas las



ranuras, son visibles en ambas figuras 16 y 18, mientras que cualquiera de los entrantes hasta aquí mencionados resulta visible en sólo una de estas dos figuras.

5 La pieza elemental 400 se encuentra ahora en una etapa en la que los elementos de Cardan quedan separados entre sí por medio de ranuras y entrantes, tanto desde el elemento central de accionamiento 402 como del elemento de rotor de forma de anillo, excepto en los goznes de flexión enterizos que conectan los diversos elementos y excepto en lo que se refiere al material de las áreas
10 por las cuales se cruzan o superponen entre sí los elementos cardánicos.

Si en el proyecto se prescinde de topes enterizos, tales como los topes 88, 90 (figura 3), puede temporáneamente disponerse una placa de tope pegada a la pieza elemental 400 para prevenir la acción de esfuerzos excesivos durante el procedimiento de fabricación, y en especial durante la etapa en la que los elementos de Cardan se separan entre sí. Ahora bien, cuando se utilicen topes enterizos para prevenir estos esfuerzos excesivos, no necesita
15 utilizarse la placa de tope.
20

Como se ha señalado más arriba, la isoelasticidad de la suspensión conseguida por medio de la junta universal constituye un rasgo característico deseable. Así, la rigidez en traslación axil y radial, esto es, la docilidad
25



elástica de la junta universal ha de ser igual en todo
lo posible. Al tratar de obtener la isoelasticidad en los
sentidos axial y radial, se tiene en cuenta la rigidez de
la disposición entera de suspensión que acopla el elemen-
to de rotor al elemento de accionamiento. Para las juntas
universales de la invención, la rigidez de traslación sue-
le ser mayor en sentido axial, esto es, a lo largo de los
ejes de rotación del elemento impulsor y del elemento con-
ducido, esto es, del elemento de rotor. Por lo tanto, es
posible debilitar la característica de suspensión en sen-
tido axial para, de ese modo, ajustar la rigidez axial de
modo que sea igual a la rigidez radial. Por ejemplo, la
rigidez axial puede debilitarse mediante el recurso de for-
mar entrantes en la parte o sección de un elemento de Car-
dan, sea opuesta al gozne de flexión fijado al rotor, sea
opuesta al gozne de flexión fijado al árbol. Los entran-
tes 463a y 463b, representados en la figura 16, debilitan
la rigidez axial de uno de los elementos cardánicos. Estos
entrantes se forman a partir del primer lado o costado de
la pieza elemental 400 y se extienden penetrando parcial-
mente a través de la pieza bruta, hacia los goznes de fle-
xión formados por las porciones escotadas 406 y 416, res-
pectivamente (véase la figura 14). De igual modo, en el
segundo lado o costado de la pieza elemental 400, indica-
do en la figura 18, se practican unos entrantes 465a y



'465b. Los entrantes 465a y 465b, como se ilustra en la figura 18, se extienden igualmente a partir de dicho segundo lado penetrando parcialmente a través de la pieza elemental, y están situados frente a los goznes de flexión formados por las porciones escotadas 418 y 414, respectivamente. Los entrantes 463a y 463b y los entrantes 465a y 465b debilitan la característica de suspensión en sentido axil, mediante una efectiva disminución de la rigidez de las conexiones existentes entre el elemento conducido y el elemento impulsor. Como alternativa, podrían utilizarse otros entrantes para debilitar la rigidez en traslación de estas conexiones.

Volviendo a la figura 3, en las partes o secciones en U de los elementos cardánicos 18 y 20 podrían practicarse unos cortes similares de forma de ranura, productores de entrantes, con el fin de debilitar la capacidad elástica axil de la característica de suspensión. Un corte de ranura como el citado se haría en el área central de la porción en U opuesta a cada uno de los goznes de flexión 48, 52, 64 y 68, con el fin de debilitar la conexión al elemento impulsor 12.

El tamaño de los entrantes para conseguir la isoelasticidad puede calcularse partiendo de principios ya conocidos y puede determinarse empíricamente con el fin de ajustar la docilidad o capacidad elástica axil de modo que



sea igual a la docilidad o capacidad elástica radial de la junta universal.

5 Los cortes para producir la isoelasticidad pueden practicarse quitando o eliminando material por procedimientos normales de mecanización, tales como los métodos de taladrar, mandrinar, fresar, mecanizar por electroerosión, o bien mediante el uso de métodos por rayos de laser.

10 En las figuras 16 y 18 se representa con líneas de trazo interrumpido la forma de un electrodo al adoptar una de las cuatro posiciones para practicar cuatro entrantes radiales 467a, 467b, 467c y 467d con una máquina de electroerosión. Estos entrantes separan entre sí los elementos de Cardan. En la figura 19 se ilustra uno de estos entrantes 467. Para una junta universal que tenga 15 dos elementos de Cardan, se abrirían cuatro entrantes repartidos equiangularmente en torno el eje 403, para separar entre sí los elementos cardánicos.

20 En las figuras 16 y 18 se indica con línea de trazo interrumpido la profundidad de las cuatro ranuras 467a, 467b, 467c y 467d. Discrecionalmente, la forma del electrodo puede ser tal que deje una especie de columna, indicada en oculto en la figura 16 y representada claramente en la figura 19. A continuación se abre una fina ranura 25 o hendidura 469, con un electrodo delgado, para dividir ca-



da columna en dos porciones 466 y 468, formado cada por-
ción parte integrante de un elemento cardánico distinto,
al cual va, por lo tanto, fijada solidariamente. Estos
dos cortes radiales, es decir, el entrante radial 467 que
5 deja la columna y la delgada hendidura 469 que divide di-
cha columna, se repiten a intervalos de 90° en torno al
eje 403, hasta dar fin a la formación de los dos elementos
de Cardan 470 y 472. Los tornillos para ajuste discrecio-
nal del equilibrio no se representan en las figuras 16 y
10 18.

A consecuencia o como resultado de las diver-
sas etapas de la invención, el primer elemento de Cardan
470, que aquí es un anillo cardánico completo, queda co-
nectado de manera flexible al elemento impulsor 474 por
15 medio de dos goznes de flexión que tienen unos ejes de
flexión colineales, es decir, comunes, y al elemento de
rotor, esto es, al elemento conducido 476, por medio de
dos goznes de flexión que tienen también unos ejes de fle-
xión comunes. De igual modo, el elemento de Cardan 472
20 queda conectado de manera flexible al elemento impulsor
474 por medio de dos goznes de flexión que tienen unos
ejes de flexión comunes, es decir, coincidentes, y al ele-
mento de rotor 476 por medio de dos goznes de flexión que
tienen también unos ejes de flexión coincidentes. Los goz-
25 nes de flexión se representan con líneas de trazo inte-



trumpido en las figuras 16 y 18.

Las formas de realización de la junta universal del presente invento hasta aquí descritas tienen incorporados cada una unos goznes de flexión que tienen
5 unos ejes longitudinales esencialmente paralelos al eje de rotación del elemento impulsor, cuando la junta universal de elemento de rotor está en la posición de nulo. Ahora bien, se sobrentiende que queda también dentro del ámbito de la invención el recurso de situar en posición los
10 ejes o líneas de centro de cada par de taladros paralelos formante de una porción escotada o degollada de material de manera que estos ejes de taladro queden desviados en sentido axil. Entonces, los ejes de taladro quedan contenidos en un plano que incluye el eje de rotación del elemento impulsor. Más concretamente, si los ejes o líneas de
15 centro de cada par de taladros formante de un gozne de flexión están desviados en sentido axil, los ejes de flexión de todos los goznes de flexión siguen estando contenidos en un plano transversal al eje de rotación del elemento impulsor. La porción escotada de cada gozne de flexión
20 tendrá un eje longitudinal que se halla situado en un plano esencialmente perpendicular al eje de rotación del elemento impulsor, cuando la junta universal está en su posición de nulo. Esta cuarta forma de ejecución del
25 invento puede fabricarse usando los métodos aquí expuestos

30 JUN 1975

y descritos en relación con la forma de realización de las figuras 16 a 19 inclusive.

5 En la figura 20 se representa, con partes des-
prendidas, una junta universal 500 en la que cada gozne
de flexión tiene su eje longitudinal en un plano sensible-
mente perpendicular al eje de rotación del elemento impul-
sor y sensiblemente perpendicular al eje de rotación del
elemento conducido. En la figura 20 se representa sólo un
10 gozne de flexión, pero cualquiera de las tres formas de
realización arriba descritas, así como otras, pueden ha-
cerse con goznes de flexión que tengan cada uno, respec-
to a los ejes de rotación del rotor, la orientación repre-
sentada en la figura 20.

15 En la figura 20, la junta universal 500 tiene
un eje de rotación 501 de accionamiento, correspondiente
al eje 13 de la junta universal 10 de la figura 1, y un
eje de rotación 503 conducido correspondiente al eje 15 de
la figura 1. Se representa un gozne de flexión 504 que de-
fine un eje de flexión 505 y un eje longitudinal 507 con-
20 tenidos ambos en un plano sensiblemente perpendicular a los
ejes 501 y 503 cuando el gozne de flexión 504 esté en su
posición de nulo, esto es, no sometido a flexión. El gozne
de flexión 504 se forma practicando, por taladrado o de
otro modo, un par de aberturas 508 y 510. Las aberturas 508
25 y 510 tienen unos ejes geométricos o líneas de centro 509 y



511, respectivamente. Los ejes de abertura 509 y 511 están desviados o apartados del eje de flexión 505 a una misma distancia, y son paralelos al eje de flexión 505. El gozne de flexión 504 tiene un eje transversal 513, paralelo a los ejes 501 y 503 cuando el elemento de rotor de la junta universal 500 está en la posición de nulo. Los ejes longitudinales de una junta universal cuyos goznes de flexión estén todos orientados respecto a los ejes de rotación conductor o de accionamiento y conducido como se indica en la figura 20, están contenidos en un mismo plano. Esto es, los ejes longitudinales estarían todos en un plano perpendicular a los ejes de rotación conducido y conductor, suponiendo que los ejes o líneas de centro de las aberturas formantes de los goznes de flexión se hallen todos en un par de planos paralelos.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 1 de Julio de 1.974, bajo el nº 484.433, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- REIVINDICACIONES -

Los puntos de invención propia y nueva que se



presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

5 1ª.- Un método de fabricar una junta universal dotada de goznes de flexión que conectan entre sí por lo menos dos elementos de Cardan intermedios con un elemento conducido o con un elemento impulsor que tiene un eje geométrico de rotación, comprendiendo dicho método la acción de practicar, para cada gozne de flexión a
10 formar, un par de taladros paralelos contiguos en una pieza bruta, de manera que el material que quede entre los taladros constituya un gozne de flexión cuyo eje de flexión se extienda paralelamente a los dos taladros en el lugar de mínimo espesor del gozne de flexión, caracte-
15 rizado dicho método por el recurso de preparar una pieza elemental en forma de bloque macizo de metal, en la cual se practican los pares de taladros, y formar en el bloque de metal unos cortes mediante el uso de una tecnología de mecanización por electroerosión o descargas eléctricas;
20 para así labrar o tallar el elemento impulsor, el elemento conducido y los elementos de Cardan intermedios formándolos en el bloque de metal como cuerpos distintos y definidos situados en torno al eje de rotación, cuerpos que quedan así separados unos de otros excepto en los goz-
25 nes de flexión que quedan conectándolos entre sí.

9.10.75



5

2ª.- El método de la reivindicación 1ª, caracterizado por el hecho de que el bloque macizo de metal es un disco circular, y las etapas de formar los cortes se efectúan de tal modo que la parte central del disco se convierte en el elemento impulsor cuyo eje de rotación coincide con el eje geométrico del disco.

10

3ª.- El método de la reivindicación 1ª o la 2ª, caracterizado por el hecho de que las etapas de practicar los pares de taladros que forman los gozmes de flexión se efectúan antes que las etapas de efectuar los cortes.

15

4ª.- El método de la reivindicación 1ª, la 2ª o la 3ª, caracterizado por el hecho de que las etapas de formar los cortes incluyen el recurso de practicar unas ranuras axiles que cortan el bloque macizo de metal de un lado a otro del bloque, practicar unos entrantes axiles que se extienden entrando sólo parcialmente en el bloque a partir de uno de los lados, practicar otros entrantes axiles que se extienden también sólo parcialmente entrando en el bloque, pero desde el otro lado, y practicar unos entrantes que se extienden entrando desde la periferia radialmente hacia dentro en el bloque.

20

25

5ª.- El método de la reivindicación 4ª, caracterizado por el recurso de formar unas ranuras axiles de configuración arqueada y concéntricas con respecto al



eje de rotación, formar otras ranuras axiles que se extienden de modo esencialmente lineal y radial, y formar unos entrantes axiles que conectan entre sí las ranuras adyacentes.

5 6ª.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 5ª, caracterizado por el recurso de formar otros entrantes axiles adicionales a partir de una de las superficies de un elemento de Cardan formado, en un lugar opuesto a un gozne de flexión, para ajustar la rigidez axil de traslación de la junta universal de modo que sea sensiblemente igual a su rigidez de traslación radial.

15 7ª.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 6ª, caracterizado por el recurso de formar en el bloque de metal una pluralidad de aberturas axiles, estando una primera de dichas aberturas hecha en posición central para recibir un árbol o eje de accionamiento, y estando las aberturas restantes de dicha pluralidad de aberturas simétricamente dispuestas en torno a dicha primera abertura, hallándose cada una de dichas aberturas restantes destinada a recibir un peso de equilibrio.

20 8ª.- Un método de fabricar una junta universal dotada de goznes de flexión.

25 Tal y como se ha descrito en la Memoria que



17 OCT 1975

antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de noventa y siete hojas escritas a máquina por una sola cara.

5

Madrid,

P.A.

17 OCT. 1975

Fernando de Elizaburu
Por Poder.

9.10.75
ACM.



Fig. 1

Fig. 20

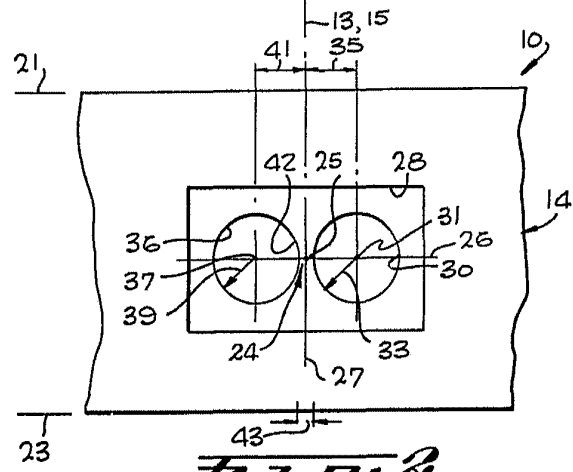
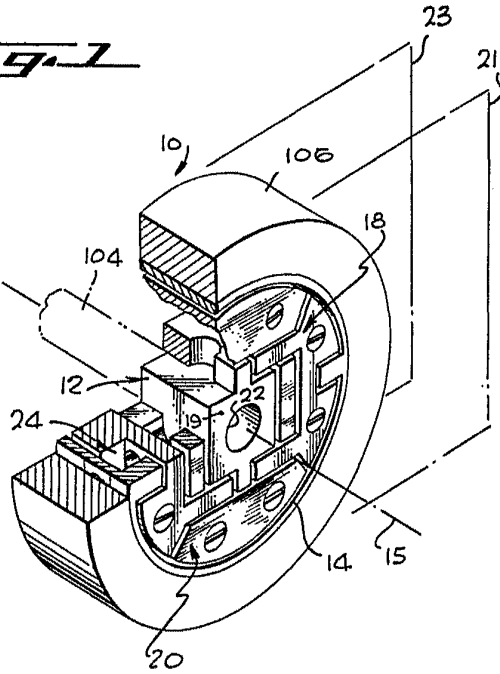
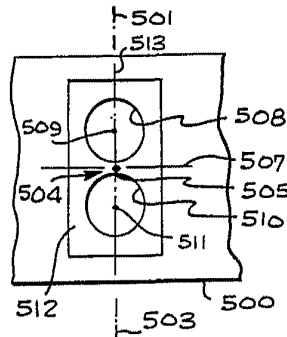
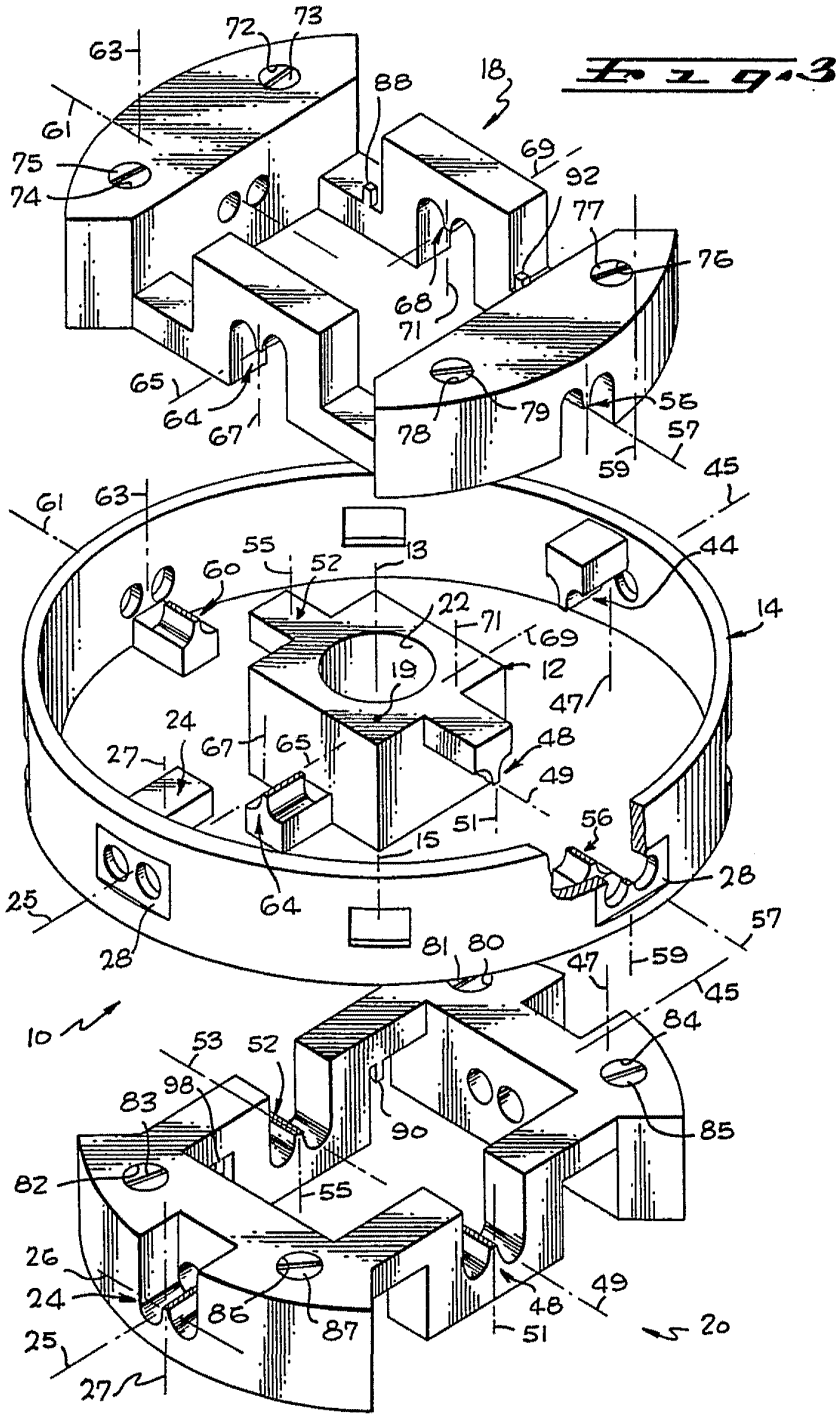


Fig. 2

Fernando de Elizaburu
Por Poder.



Fernando de Elchaburu
Por Poder.



30 JUN 1975

Fig. 7

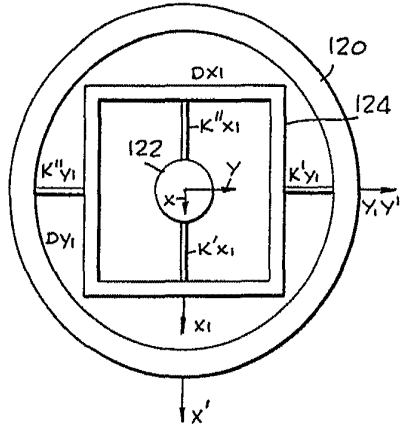


Fig. 8

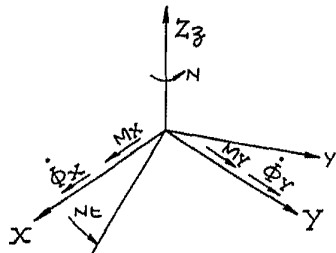
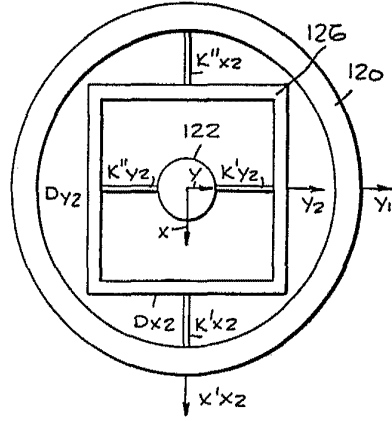


Fig. 9

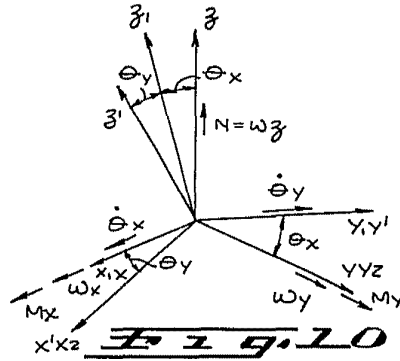


Fig. 10

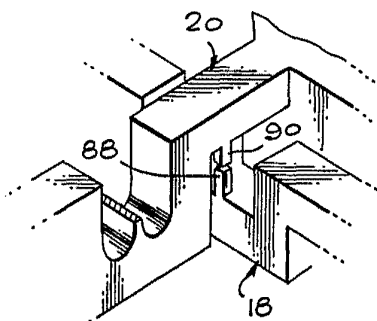
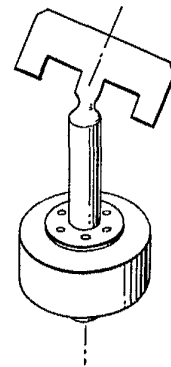


Fig. 11

Fig. 12



Fernando C. Elchaburu
For Poeder.

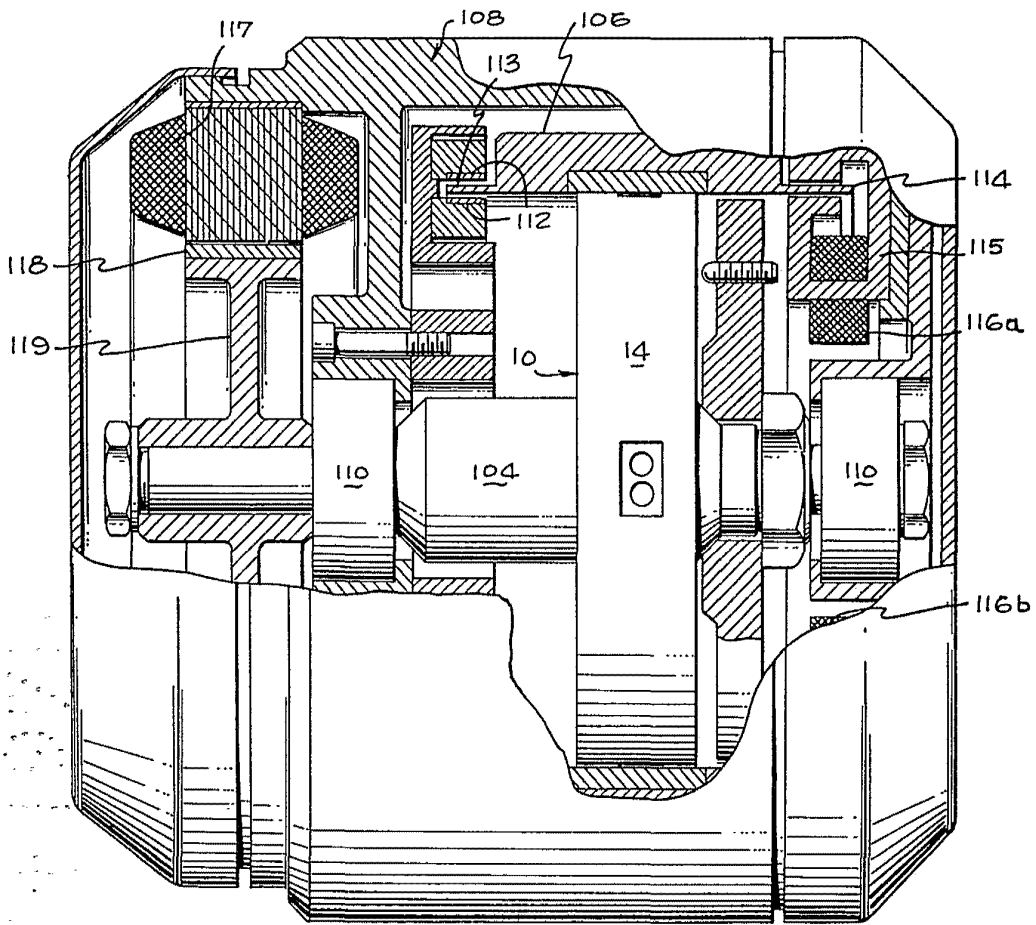


Fig. 5

Arma

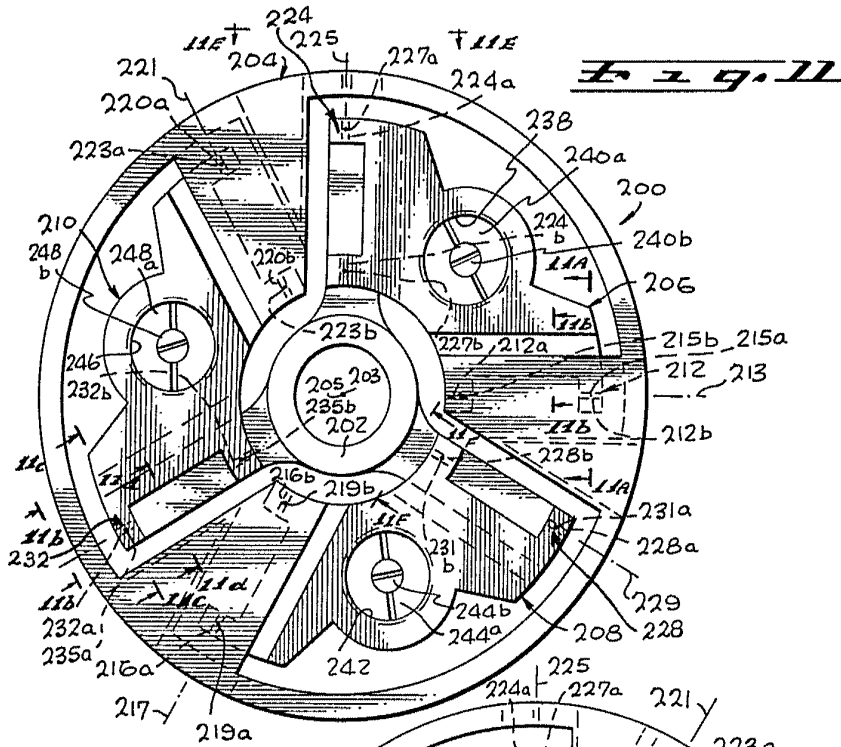
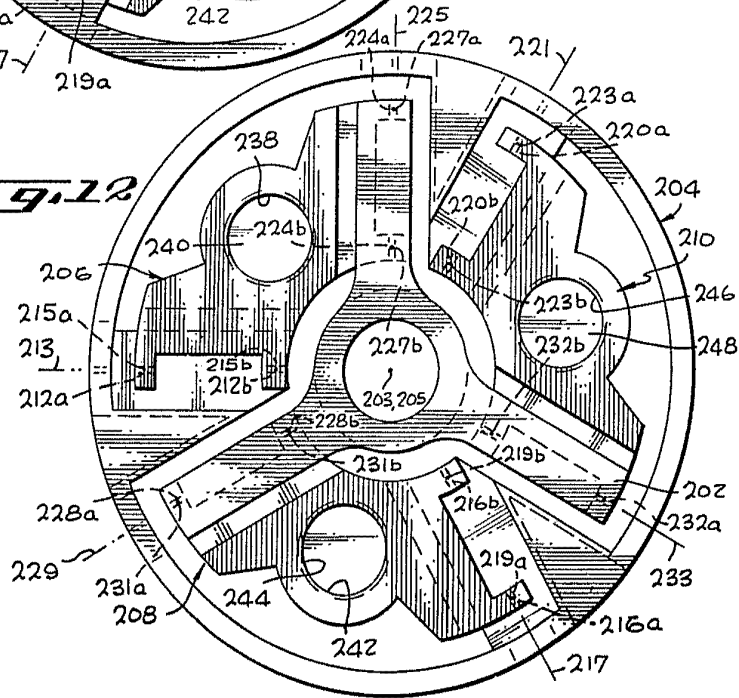


FIG. 12



Ferrando de Elizaburu
Por Poder



Fig. 11A

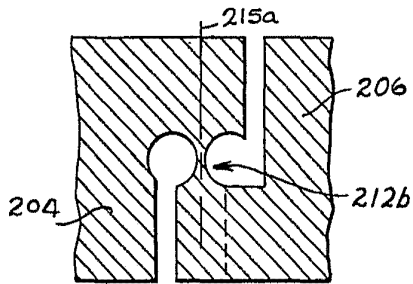


Fig. 11B

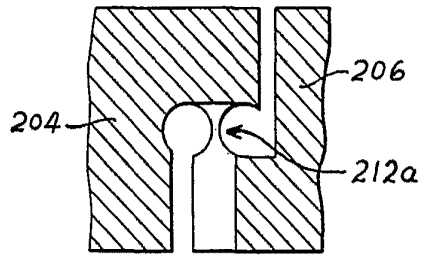


Fig. 11C

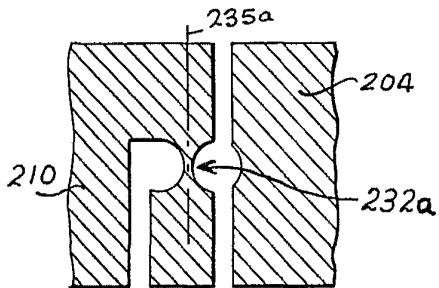


Fig. 11D

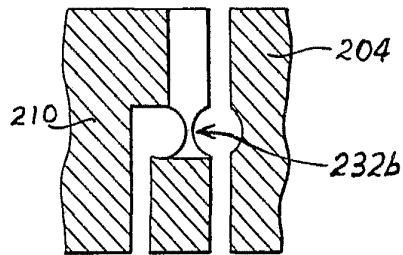


Fig. 11E

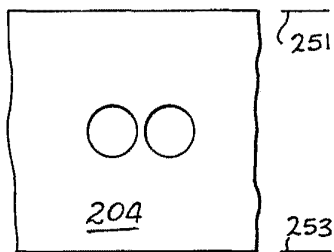


Fig. 11F

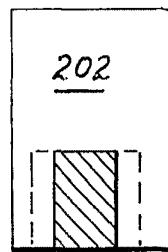
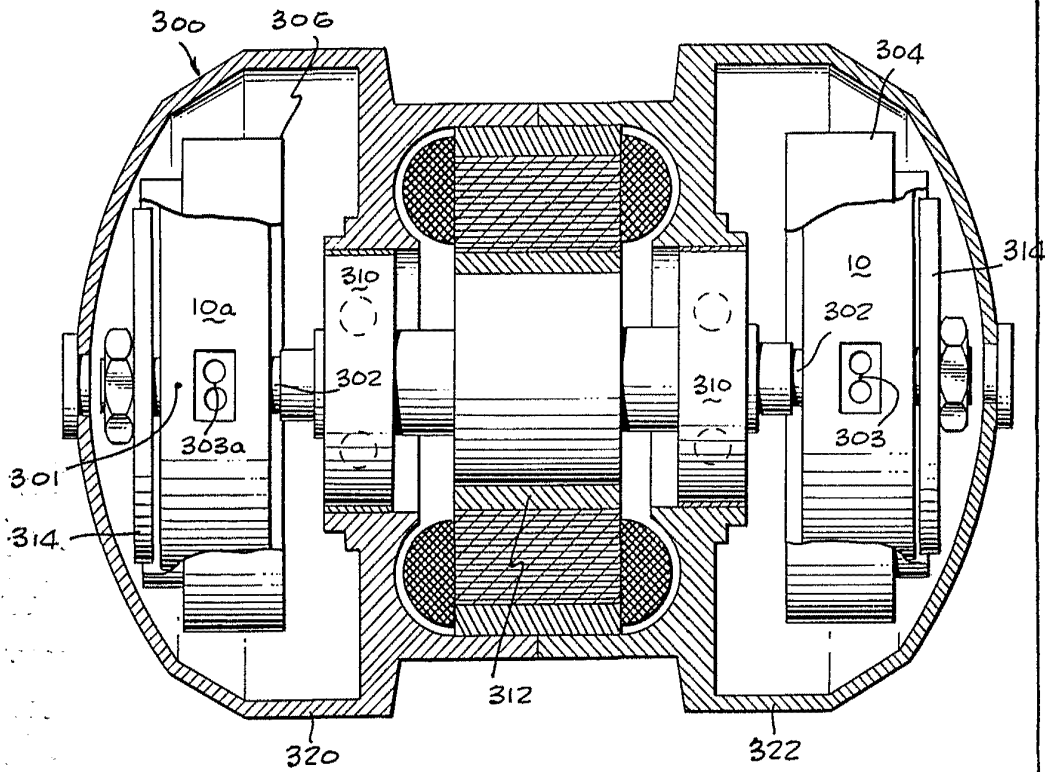




FIG. 13



FORNOLD & EISENBERG
PATENT ENGINEERS
NEW YORK, N. Y.



Fig. 15

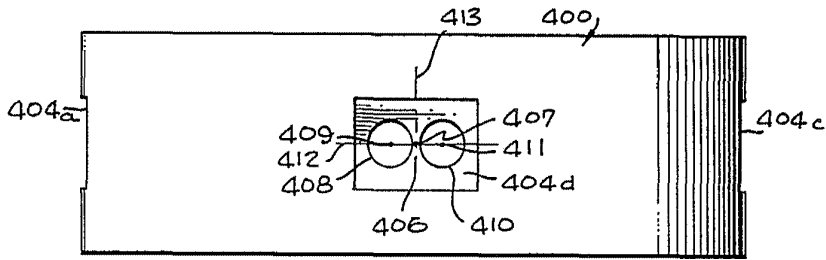
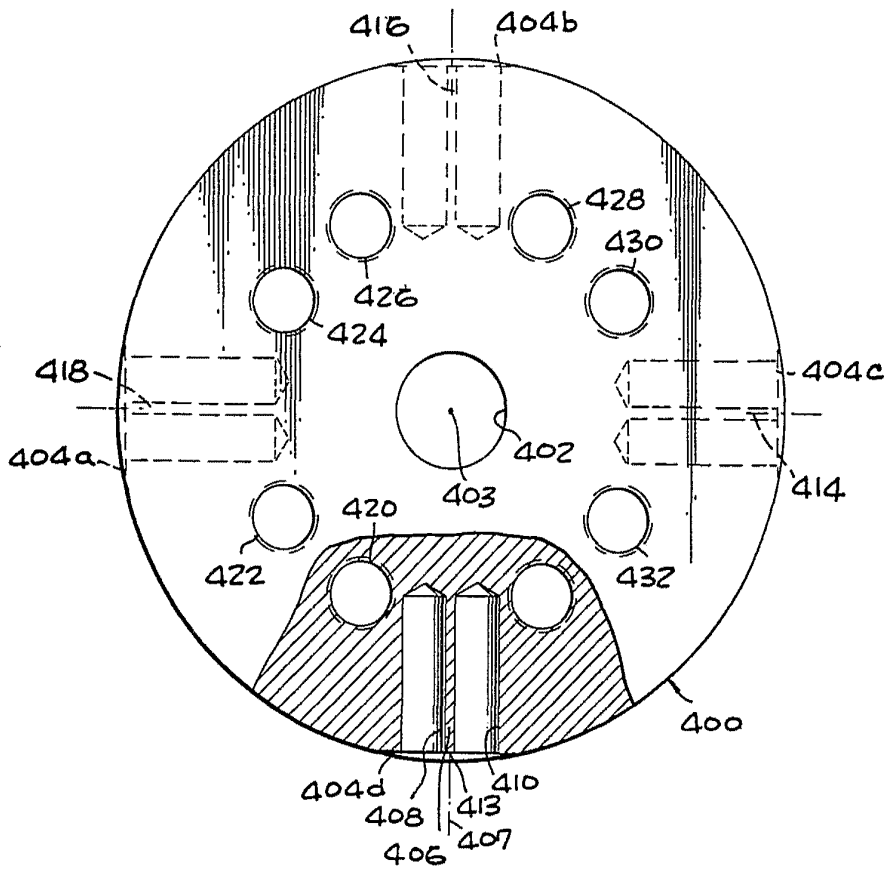


Fig. 14



Fernando de Elizaburu
Per Poder.

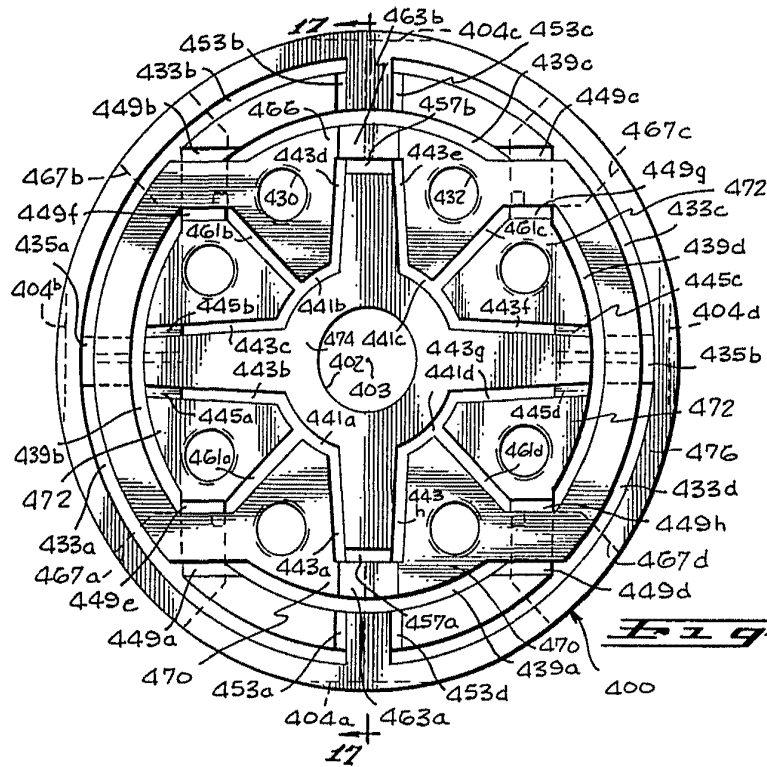


Fig. 10

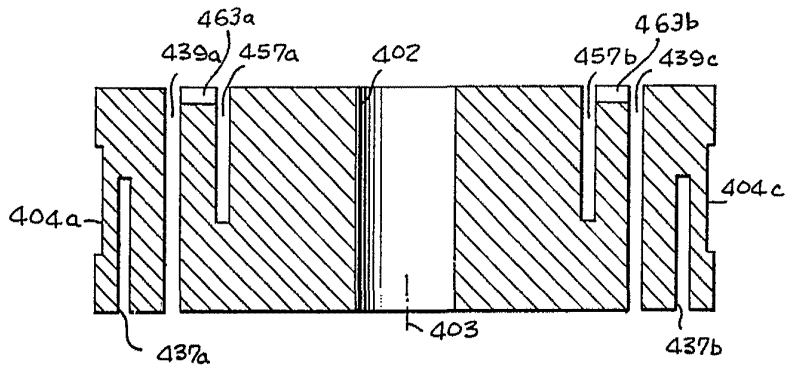


Fig. 11

Fernando de la Cruz
Por Poder

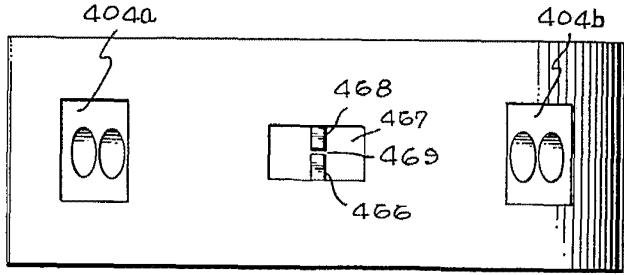
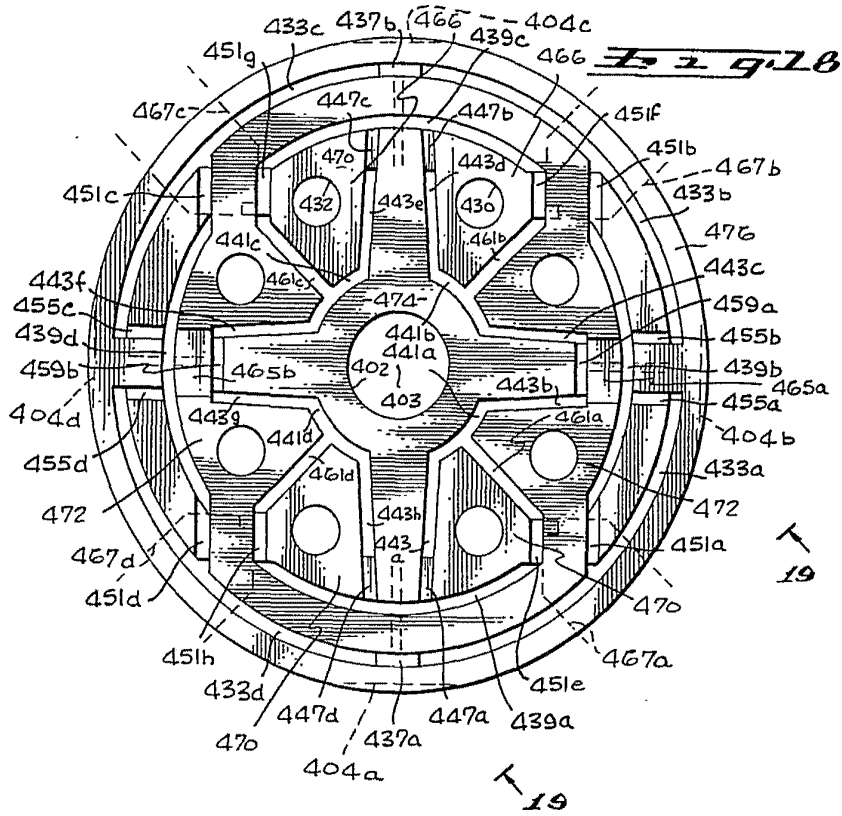


Fig. 19

Fernando de Heredia
Per Pod...