

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 940 744**

51 Int. Cl.:

F16H 57/08 (2006.01)

F16H 1/48 (2006.01)

F16H 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2019** **E 21193898 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2022** **EP 3936741**

54 Título: **Engranaje planetario**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
11.05.2023

73 Titular/es:

MOVENTAS GEARS OY (100.0%)
P.O. Box 158 / Eteläportintie 91
40701 Jyväskylä, FI

72 Inventor/es:

KUKKOLA, TEEMU y
LONNAKKO, RAINE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 940 744 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Engranaje planetario

Campo de la divulgación

La divulgación se refiere a un engranaje planetario. Además, la divulgación se refiere a un árbol de rueda planetaria de un engranaje planetario.

Antecedentes

Un engranaje planetario comprende un portador planetario, una rueda solar, una corona dentada y ruedas planetarias que engranan con la rueda solar y la corona dentada. Las ruedas planetarias están soportadas por árboles de rueda planetaria que, a su vez, están soportados por el portador planetario. Los cojinetes de las ruedas planetarias pueden ser cojinetes de rodamiento o cojinetes deslizantes. En muchos engranajes planetarios, un portador planetario comprende una primera sección de extremo que tiene unos primeros orificios para unos primeros extremos de los árboles de las ruedas planetarias y una segunda sección de extremo que tiene unos segundos orificios para unos segundos extremos de los árboles de las ruedas planetarias. Además, el portador planetario puede comprender secciones de soporte axial conectadas a la primera y segunda secciones de extremo. Cuando se carga un engranaje planetario de manera que el par se dirige al portador planetario, la primera y segunda secciones de extremo mencionadas anteriormente del portador planetario se tuercen entre sí. La deformación por torsión del portador planetario conduce a una situación en la que los ejes geométricos de rotación de las ruedas planetarias están desviados con respecto a la dirección axial del engranaje planetario. La desviación de los ejes geométricos de rotación perjudica el engrane entre las ruedas planetarias y la rueda solar, así como el engranaje entre las ruedas planetarias y la corona dentada. Como corolario, la desviación de los ejes geométricos de rotación puede acortar la vida útil del engranaje planetario. Además, la desviación de los ejes geométricos de rotación requiere una compensación de desviación en el diseño de las ruedas planetarias. La deformación por torsión mencionada anteriormente de un portador planetario se puede compensar con árboles de rueda planetaria que son más flexibles cerca de una sección final del portador planetario que recibe par que cerca de la otra sección de extremo del portador planetario. Además, la flexibilidad de los árboles de rueda planetaria iguala la carga compartida entre las ruedas planetarias. La flexibilidad de los árboles de rueda planetaria aumenta, sin embargo, las tensiones materiales que se producen en los árboles de rueda planetaria en comparación con las tensiones materiales que se producen en los árboles de rueda planetaria más rígidos. El aumento de las tensiones del material disminuye la capacidad de transferencia de par de un engranaje planetario. Si se desea mejorar la capacidad de transferencia de par, se necesita utilizar material más caro en los árboles de rueda planetaria.

La publicación EP2252809 describe un engranaje planetario que comprende un engranaje solar, una corona dentada y ruedas planetarias dispuestas en dos conjuntos uno al lado del otro entre el engranaje solar y la corona dentada. Las ruedas planetarias se acoplan con la ayuda de pasadores flexibles a un portador planetario. Solo un extremo de cada pasador flexible está soportado por el portador planetario. El portador planetario es tal que las ruedas planetarias de una de las series están desplazadas circunferencialmente en un ángulo con respecto a las ruedas planetarias de la otra serie cuando no se transmite par a través del portador planetario.

La publicación FR2166690 describe un engranaje planetario que comprende un engranaje solar, una corona dentada, y ruedas planetarias dispuestas entre el engranaje solar y la corona dentada. Las ruedas planetarias se acoplan con la ayuda de árboles flexibles a un portador planetario de modo que, en una situación sin carga, un eje geométrico de rotación definido por cojinetes de cada rueda planetaria es paralelo pero excéntrico con respecto a un eje de rotación definido por una posición de la rueda planetaria entre el engranaje solar y la corona dentada.

Sumario

A continuación, se presenta un sumario simplificado para proporcionar una comprensión básica de algunos aspectos de diversas realizaciones de la invención. El sumario no es una visión general extensa de la invención. No pretende identificar elementos clave o críticos de la invención ni delinear el alcance de la invención. El siguiente sumario presenta simplemente algunos conceptos de la invención de forma simplificada como preludio de una descripción más detallada de ejemplos de realización de la invención.

En este documento, la palabra "geométrico" cuando se usa como prefijo significa un concepto geométrico que no es necesariamente una parte de ningún objeto físico. El concepto geométrico puede ser, por ejemplo, un punto geométrico, una línea geométrica recta o curva, un plano geométrico, una superficie geométrica no plana, un espacio geométrico o cualquier otra entidad geométrica de dimensión cero, unidimensional, bidimensional o tridimensional.

De acuerdo con la invención, se proporciona un nuevo engranaje planetario que comprende:

- un árbol solar que comprende una rueda solar,
- una corona dentada,

- un portador planetario,

- unas ruedas planetarias que engranan con la rueda solar y con la corona dentada, y

- unos árboles de ruedas planetarias que soportan las ruedas planetarias de forma giratoria con respecto al portador planetario.

5 Cada uno de los árboles de las ruedas planetarias está dispuesto para soportar una de las ruedas planetarias respectivas de modo que, en una situación sin carga, el eje geométrico de rotación de rueda planetaria en cuestión está desviado con respecto a la dirección axial del engranaje planetario mientras que, en una situación cargada, la desviación del eje geométrico de rotación de rueda planetaria se elimina al menos parcialmente por la deformación por torsión que se produce en el portador planetario y provocada por el par dirigido al portador planetario. Cada uno
10 de los árboles de rueda planetaria está pretensado en la situación sin carga en la que el portador planetario está libre de la deformación por torsión causada por el par dirigido al portador planetario y, en la situación cargada, el pretensado de cada uno de los árboles de rueda planetaria se reduce en respuesta a la deformación por torsión del portador planetario.

15 Por lo tanto, en situaciones cargadas, la dirección del eje geométrico de rotación de cada rueda planetaria puede estar más cerca de la dirección axial que en conjunto con un engranaje planetario que comprende árboles rígidos de rueda planetaria que están dirigidos axialmente en una situación descargada. El hecho de que las direcciones de los ejes geométricos de rotación de las ruedas planetarias puedan estar más cerca de la dirección axial en situaciones cargadas alarga la vida útil de los cojinetes de las ruedas planetarias. Además, se reduce la necesidad de compensación de desviación en el diseño de las ruedas planetarias. Las tensiones materiales que se producen en los
20 árboles de las ruedas planetarias de un engranaje planetario según la invención pueden ser menores que las tensiones materiales en los árboles de las ruedas planetarias de un engranaje planetario en el que la deformación por torsión que se produce en un portador planetario se compensa con la flexibilidad de los árboles de las ruedas planetarias.

De acuerdo con la invención, también se proporciona un nuevo árbol de rueda planetaria para un engranaje planetario. Un árbol de rueda planetaria según la invención comprende:

25 - unas porciones de extremo que se pueden unir a un portador planetario del engranaje planetario, y

- una porción intermedia para soportar una rueda planetaria del engranaje planetario y definir un eje geométrico de rotación de la rueda planetaria,

30 en el que el eje geométrico de rotación está desviado con respecto a una línea recta geométrica cuando las porciones de extremo están situadas entre sí de modo que los ejes de simetría geométrica de ambas porciones de extremo coincidan con la línea recta geométrica.

35 Un engranaje planetario según la invención se puede implementar utilizando árboles de rueda planetaria según la invención y un portador planetario según la técnica anterior donde los orificios para los extremos de cada árbol de rueda planetaria no se desplazan en la dirección tangencial entre sí. También es posible implementar un engranaje planetario de acuerdo con la invención utilizando árboles de rueda planetaria de acuerdo con la técnica anterior y un portador planetario donde los primeros orificios para los primeros extremos de los árboles de rueda planetaria tienen un desplazamiento en una dirección tangencial del portador planetario con respecto a los segundos orificios para los segundos extremos de los árboles de rueda planetaria. Además, también es posible implementar un engranaje planetario de acuerdo con la invención utilizando un portador planetario del tipo mencionado anteriormente y árboles de rueda planetaria de acuerdo con la invención.

40 Varias realizaciones de ejemplo y no limitativas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

Las realizaciones de ejemplo y no limitativas de la invención tanto en cuanto a construcciones como a métodos de funcionamiento, junto con objetos adicionales y ventajas de las mismas, se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción de realizaciones de ejemplo específicas cuando se lea junto con los dibujos adjuntos.

45 Los verbos "comprender" e "incluir" se utilizan en este documento como limitaciones abiertas que ni excluyen ni requieren la existencia de características no enumeradas. Las características citadas en las reivindicaciones dependientes adjuntas se pueden combinar libremente entre sí a menos que se indique explícitamente lo contrario. Además, debe entenderse que el uso de "un" o "una", es decir, una forma singular, a lo largo de este documento no excluye una pluralidad.

50 Breve descripción de las figuras

A continuación, se explican con mayor detalle, a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, ejemplos de realización de la invención y sus ventajas, a título de ejemplo y no limitativos, en los que:

la figura 1 ilustra un engranaje planetario según una realización de ejemplo y no limitativa,

las figuras 2a, 2b y 2c ilustran árboles de rueda planetaria de acuerdo con realizaciones de ejemplo y no limitativas, y las figuras 3a, 3b, 3c y 3d ilustran un engranaje planetario de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa.

Descripción de realizaciones de ejemplo y no limitativas

Los ejemplos específicos proporcionados en la siguiente descripción no deben interpretarse como limitantes del alcance y/o la aplicabilidad de las reivindicaciones adjuntas. Las listas y grupos de ejemplos proporcionados en la descripción no son exhaustivos a menos que se indique explícitamente lo contrario.

La figura 1 ilustra un engranaje planetario según una realización a modo de ejemplo y no limitativa. El engranaje planetario comprende un árbol solar 101, una corona dentada 103, un portador planetario 104, ruedas planetarias y árboles de ruedas planetarias que soportan de manera giratoria las ruedas planetarias con respecto al portador planetario 104. El árbol solar 101 comprende una rueda planetaria, y el portador planetario 104 está dispuesto para soportar las ruedas planetarias de modo que las ruedas planetarias engranen con la rueda solar y con la corona dentada. La rueda solar no se muestra en la figura 1. En la figura 1, tres de las ruedas planetarias se indican con las referencias 105, 106 y 107. La rueda planetaria 105 se presenta como una vista en sección parcial, de modo que la figura 1 muestra una parte de una vista en sección de un árbol de rueda planetaria 109 que soporta la rueda planetaria 105. Cada uno de los árboles de rueda planetaria está dispuesto para soportar giratoriamente una respectiva de las ruedas planetarias de modo que, en una situación sin carga, el eje geométrico de rotación de la rueda planetaria bajo consideración está desviada con respecto a la dirección axial del engranaje planetario. La dirección axial es paralela al eje z de un sistema de coordenadas 199. En la figura 1, el eje geométrico de rotación de la rueda planetaria 105 se representa con una línea discontinua 113. Una línea recta geométrica 119 es paralela a la dirección axial. La figura 1 ilustra el engranaje planetario en una situación sin carga donde existe un ángulo α entre el eje geométrico de rotación 113 y la dirección axial. El ángulo α puede estar, por ejemplo, dentro de un intervalo de 0,005 grados a 0,3 grados, o dentro de un intervalo de 0,03 grados a 0,3 grados. En una situación cargada, la desviación del eje geométrico de rotación 113 se elimina al menos parcialmente por la deformación por torsión que se produce en el portador planetario 104 y provocada por el par dirigido al portador planetario de modo que una primera sección de extremo 120 del portador planetario 104 se tuerce con respecto a una segunda sección de extremo 121 del portador planetario 104. Se supone que la dirección del par es tal que la primera sección de extremo 120 se tuerce en el sentido de las agujas del reloj con respecto a una segunda sección de extremo 121 cuando la primera la sección de extremo 120 se ve a lo largo de una dirección z positiva del sistema de coordenadas 199.

La figura 2a ilustra un árbol de rueda planetaria 209 según una realización de ejemplo y no limitativa. El árbol de rueda planetaria 209 comprende porciones de extremo 214 y 215 que se pueden unir a un portador planetario de un engranaje planetario. La dirección axial del engranaje planetario es paralela a la dirección z de un sistema de coordenadas 299. El árbol de rueda planetaria 209 comprende una porción media 216 para soportar una rueda planetaria del engranaje planetario y definir un eje geométrico de rotación de la rueda planetaria. En la figura 2a, el eje geométrico de rotación se representa con una línea discontinua 213. El eje geométrico de rotación 213 está desviado con respecto a una línea recta geométrica 219 cuando las porciones de extremo 214 y 215 están situadas una con respecto a la otra de modo que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo 214 y 215 coinciden con la línea recta geométrica 219. En la figura 2a, la desviación del eje geométrico de rotación 213 con respecto a la línea recta geométrica 219 se representa con un ángulo α que puede estar, por ejemplo, dentro del intervalo de 0,005 grados a 0,3 grados, o dentro de un intervalo de 0,03 grados a 0,3 grados. En el árbol de rueda planetaria 209 de ejemplo, los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo 214 y 215 coinciden con la línea recta geométrica 219 cuando el árbol de rueda planetaria 209 está libre de deformaciones de forma. En otras palabras, la figura 2a muestra el árbol de rueda planetaria 209 en una situación en la que no actúan fuerzas externas sobre el árbol de rueda planetaria 209.

Las figuras 2b y 2c ilustran un árbol de rueda planetaria 239 según otra realización de ejemplo y no limitativa. El árbol de rueda planetaria 239 comprende porciones de extremo 244 y 245 que se pueden unir a un portador planetario de un engranaje planetario. El árbol de rueda planetaria 239 comprende una porción intermedia 246 para soportar una rueda planetaria del engranaje planetario y definir un eje geométrico de rotación de la rueda planetaria. La figura 2b muestra el árbol de rueda planetaria 239 en una situación en la que no actúan fuerzas externas sobre el árbol de rueda planetaria 239 y, por lo tanto, el árbol de rueda planetaria 239 está libre de deformaciones de forma. Como se muestra en la figura 2b, los ejes de simetría geométrica 247 y 248 de las porciones de extremo 244 y 245 son paralelas entre sí y están separadas entre sí por una distancia Δ cuando el árbol de rueda planetaria 239 está libre de deformaciones de forma. La figura 2c muestra el árbol de rueda planetaria 239 en una situación en la que el árbol de rueda planetaria 239 se ha instalado en un portador planetario 234 que dirige, al árbol de rueda planetaria 239, fuerzas de soporte que deforman el árbol de rueda planetaria 239 de modo que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo 244 y 245 coinciden con una línea recta geométrica 249 que es paralela a la dirección axial del engranaje planetario. En la figura 2c, algunas de las fuerzas de soporte se representan con las flechas F1, F2 y F3. Como se ilustra en la figura 2c, el eje geométrico de rotación 243 definido por la porción intermedia 246 está desplazado con respecto a la línea recta geométrica 249 cuando el árbol de rueda planetaria 239 se deforma de la manera mencionada anteriormente para que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo 244 y 245 coincidan con la línea recta geométrica 249. En la figura 2c, el desplazamiento del eje geométrico de rotación 243 con respecto a la línea

recta geométrica 249 se representa con un ángulo α que puede estar, por ejemplo, dentro del intervalo de 0,005 grados a 0,3 grados, o dentro de un intervalo de 0,03 grados a 0,3 grados.

Los árboles de rueda planetaria del engranaje planetario que se muestra en la figura 1 pueden ser, por ejemplo, como el árbol de rueda planetaria 209 que se muestra en la figura 2a o el árbol de rueda planetaria 249 que se muestra en las figuras 2b y 2c. En un caso de ejemplo donde los árboles de rueda planetaria son como el árbol de rueda planetaria 249, cada uno de los árboles de rueda planetaria está pretensado en una situación descargada donde el portador planetario 104 está libre de deformación por torsión causada por el par dirigido al portador planetario. En una situación cargada, la tensión previa de cada árbol de rueda planetaria se reduce en respuesta a la deformación por torsión del portador planetario. Este fenómeno reduce las tensiones materiales totales que tienen lugar en los árboles de rueda planetaria en la situación cargada.

Las figuras 3a y 3b ilustran un engranaje planetario de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa. La figura 3a muestra una vista de una sección tomada a lo largo de una línea geométrica B-B que se muestra en la figura 3b. El plano de la sección geométrica es paralelo al plano yz de un sistema de coordenadas 399. La figura 3b muestra una vista de una sección tomada a lo largo de una línea geométrica A-A mostrada en la figura 3a. El plano de la sección geométrica es paralelo al plano xy del sistema de coordenadas 399. El engranaje planetario comprende un árbol solar 301, una corona dentada 303, un portador planetario 304, unas ruedas planetarias 305, 306, 307 y 308 y unos árboles de rueda planetaria 309, 310, 311 y 312 que soportan rotativamente las ruedas planetarias con respecto al portador planetario 304. El árbol solar 301 comprende una rueda solar 302, y el portador planetario 304 está dispuesto para soportar las ruedas planetarias de modo que las ruedas planetarias estén engranando con la rueda planetaria 302 y con la corona dentada 303. Cada uno de los árboles de rueda planetaria está dispuesto para soportar rotatoriamente una respectiva de las ruedas planetarias de modo que, en una situación descargada, el eje geométrico de rotación de la rueda planetaria en consideración está desplazado con respecto a la dirección axial del engranaje planetario. La dirección axial es paralela al eje z de un sistema de coordenadas 399. En una situación cargada, el desplazamiento del eje geométrico de rotación de cada rueda planetaria se elimina al menos parcialmente por la deformación por torsión que tiene lugar en el portador planetario 304 y provocado por par dirigido al portador planetario.

La figura 3c muestra una vista en sección del portador planetario 304 cuando la sección se toma a lo largo de la línea geométrica A-A que se muestra en la figura 3a. El plano de la sección geométrica es paralelo al plano yz del sistema de coordenadas 399. La figura 3d muestra el portador planetario 304 cuando se ve a lo largo de la dirección z negativa del sistema de coordenadas 399. El portador planetario 304 comprende una primera sección de extremo 320 que tiene unos primeros orificios 326, 327, 328 y 329 para los primeros extremos de los árboles de rueda planetaria 309-312. El portador planetario 304 comprende una segunda sección de extremo 321 que tiene unos segundos orificios 330, 331, 332 y 333 para los segundos extremos de los árboles de rueda planetaria. Además, el portador planetario 304 comprende secciones de soporte axial 322, 323, 324 y 325 conectadas a la primera y segunda secciones de extremo 320 y 321. Los primeros orificios 326-329 mencionados anteriormente tienen un desplazamiento en una dirección tangencial, es decir, en una dirección circunferencial, del portador planetario 304 con respecto a los segundos orificios 330-333 cuando el portador planetario está libre de deformación por torsión causada por el par dirigido al portador planetario, es decir, cuando no se dirige ningún par al portador planetario. El desplazamiento de los primeros orificios 326-329 en la dirección tangencial con respecto a los segundos orificios 330-333 se ilustra en la figura 3c de modo que las posiciones de los segundos orificios 330-333 se representan con círculos de líneas discontinuas. Un ángulo de desplazamiento β de los primeros orificios con respecto a los segundos orificios puede estar, por ejemplo, dentro del intervalo de 0,005 grados a 0,3 grados, o dentro de un intervalo de 0,03 grados a 0,3 grados. El ángulo de desplazamiento β se ilustra en la figura 3c. El cambio en la dirección tangencial está determinado por el ángulo de desplazamiento β y una distancia D desde el eje de simetría geométrica del árbol solar del engranaje planetario hasta los ejes de simetría geométrica de los árboles de rueda planetaria. Cabe señalar que los orificios mencionados anteriormente para los extremos de los árboles de rueda planetaria no son necesariamente orificios pasantes en la primera y segunda secciones de extremo 320 y 321.

En algunos casos ilustrativos, un portador planetario puede ser un portador planetario de un engranaje planetario donde los cojinetes de las ruedas planetarias están entre los extremos de los árboles de rueda planetaria y el portador planetario. En estos casos a modo de ejemplo, los orificios del portador planetario para los extremos de los árboles de rueda planetaria son orificios para los extremos de los árboles de rueda planetaria cuando los extremos de los árboles de rueda planetaria están provistos de elementos de cojinete o los extremos de los árboles de rueda planetaria son capaces de actuar como partes de cojinetes deslizantes.

En los engranajes planetarios ilustrados en las figuras 1 y 3a-3d, los cojinetes de las ruedas planetarias son cojinetes deslizantes. Una ventaja de los cojinetes deslizantes con respecto a los cojinetes de rodillos es que los cojinetes deslizantes requieren menos espacio en la dirección radial y las superficies de carga de los cojinetes deslizantes pueden ser más grandes que las de los cojinetes de rodillos. Sin embargo, también es posible que un engranaje planetario según una realización de la invención comprenda rodamientos, por ejemplo, un par de rodamientos de rodillos cónicos en configuración O. Por lo tanto, cabe señalar que la invención es aplicable con diferentes tipos de cojinetes de ruedas planetarias.

En los engranajes planetarios de ejemplo ilustrados en las figuras 1 y 3a-3d, la corona dentada es estacionaria y el portador planetario y el árbol solar son giratorios. También es posible que, por ejemplo, el árbol solar sea estacionario y el soporte de rueda planetaria y la corona dentada sean giratorios.

- 5 Los ejemplos específicos proporcionados en la descripción proporcionada anteriormente no deben interpretarse como limitantes del alcance y/o la aplicabilidad de las reivindicaciones adjuntas. Las listas y grupos de ejemplos proporcionados en la descripción anterior no son exhaustivos a menos que se indique explícitamente lo contrario.

REIVINDICACIONES

1. Un engranaje planetario que comprende:

- un árbol solar (101, 301) que comprende una rueda solar (302),

- una corona dentada (103, 303),

5 - un portador planetario (104, 304),

- unas ruedas planetarias (105-107, 305-308) engranadas con la rueda solar y con la corona dentada, y

- unos árboles de rueda planetaria (109, 309-312) que soportan las ruedas planetarias de forma giratoria con respecto al portador planetario,

10 en el que cada uno de los árboles de rueda planetaria está dispuesto para soportar una respectiva de las ruedas planetarias de modo que, en una situación sin carga, un eje geométrico de rotación (113) de la rueda planetaria en consideración está desplazado con respecto a una dirección axial (z) del engranaje planetario y, en una situación cargada, el desplazamiento del eje geométrico de rotación de la rueda planetaria se elimina, al menos en parte, por la deformación por torsión que se produce en el portador planetario y causada por el par dirigido al portador planetario, caracterizado por que cada uno de los árboles de rueda planetaria está pretensado en la situación sin carga en la que
15 el portador planetario está libre de la deformación por torsión causada por el par dirigido al portador planetario y, en la situación cargada, el pretensado de cada uno de los árboles de rueda planetaria se reduce en respuesta a la deformación por torsión del portador planetario.

2. Un engranaje planetario según la reivindicación 1, en el que el ángulo (α) entre el eje geométrico de rotación de la rueda planetaria y la dirección axial del engranaje planetario está, en la situación descargada, dentro de un intervalo
20 de 0,005 grados a 0,3 grados.

3. Un engranaje planetario según la reivindicación 1 o 2, en el que cada uno de los árboles de rueda planetaria (109, 209, 239) comprende porciones de extremo (214, 215, 244, 245) unidas al portador planetario y una porción intermedia (216, 246) que soporta una respectiva de las ruedas planetarias y que define el eje geométrico de rotación (213, 243) de la rueda planetaria, estando desplazado el eje geométrico de rotación con respecto a la dirección axial (z) cuando
25 los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo coinciden entre sí y son paralelos con el dirección axial.

4. Un engranaje planetario según la reivindicación 3, en el que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo (214, 215) coinciden entre sí y son paralelos a la dirección axial (z) y el eje geométrico de rotación definido por la porción intermedia (216) está desplazado con respecto a la dirección axial cuando el árbol de rueda planetaria está libre de deformaciones de forma.

30 5. Un engranaje planetario según la reivindicación 3, en el que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo (244, 245) son paralelos entre sí y está alejados a una distancia (Δ) entre sí cuando el árbol de rueda planetaria está libre de deformaciones de forma, estando el eje geométrico de rotación definido por la porción intermedia (246) desplazado con respecto a la dirección axial cuando el árbol de rueda planetaria se deforma de modo que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo coinciden entre sí y son paralelos a la dirección axial.

35 6. Un engranaje planetario según la reivindicación 1, en el que el portador planetario (304) comprende una primera sección de extremo (320) que tiene unos primeros orificios (326-329) para unos primeros extremos de los árboles de rueda planetaria (309-312), una segunda sección de extremo (321) que tiene unos segundos orificios (330-333) para unos segundos extremos de los árboles de rueda planetaria, y secciones de soporte axial (322-325) conectadas a la primera y segunda secciones de extremo, teniendo los primeros orificios un desplazamiento en una dirección
40 tangencial del portador planetario con respecto a los segundos orificios cuando el portador planetario está libre de la deformación por torsión.

7. Un engranaje planetario según la reivindicación 6, en el que el ángulo de desplazamiento (β) de los primeros orificios con respecto a los segundos orificios está dentro de un intervalo de 0,005 grados a 0,3 grados, determinándose el desplazamiento en la dirección tangencial por el ángulo de desplazamiento y una distancia desde un eje de simetría
45 geométrica del árbol solar a los ejes de simetría geométrica de los árboles de rueda planetaria.

8. Un engranaje planetario según la reivindicación 1, en el que el engranaje planetario comprende un árbol de rueda planetaria (209, 239) que comprende:

- unas porciones de extremo (214, 215, 244, 245) acoplables a un portador planetario del engranaje planetario, y

50 - una porción intermedia (216, 246) para soportar una rueda planetaria del engranaje planetario y definir un eje geométrico de rotación (213, 243) de la rueda planetaria,

en el que el eje geométrico de rotación está desplazado con respecto a una línea recta geométrica (219, 249) cuando las porciones de extremo están situadas entre sí de manera que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo coinciden con la línea recta geométrica.

5 9. Un engranaje planetario según la reivindicación 8, en el que un ángulo (α) entre el eje geométrico de rotación y la línea recta geométrica está dentro de un intervalo de 0,005 grados a 0,3 grados cuando las porciones de extremo están situadas una con respecto a la otra de modo que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo coinciden con la línea recta geométrica.

10 10. Un engranaje planetario según la reivindicación 8 o 9, en el que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo (214, 215) coinciden con la línea recta geométrica y el eje geométrico de rotación definido por la porción intermedia (216) está desplazado con respecto a la recta geométrica cuando el árbol de rueda planetaria está libre de deformaciones de forma.

15 11. Un engranaje planetario según la reivindicación 8 o 9, en el que los ejes de simetría geométrica de las porciones de extremo (244, 245) son paralelos entre sí y separados entre sí por una distancia (Δ) cuando el árbol de rueda planetaria está libre de deformaciones de forma, estando desplazado el eje geométrico de rotación definido por la parte central (246) con respecto a la línea recta geométrica cuando el árbol de rueda planetaria se deforma de modo que los ejes de simetría geométrica de ambas porciones de extremo coinciden con la línea recta geométrica.

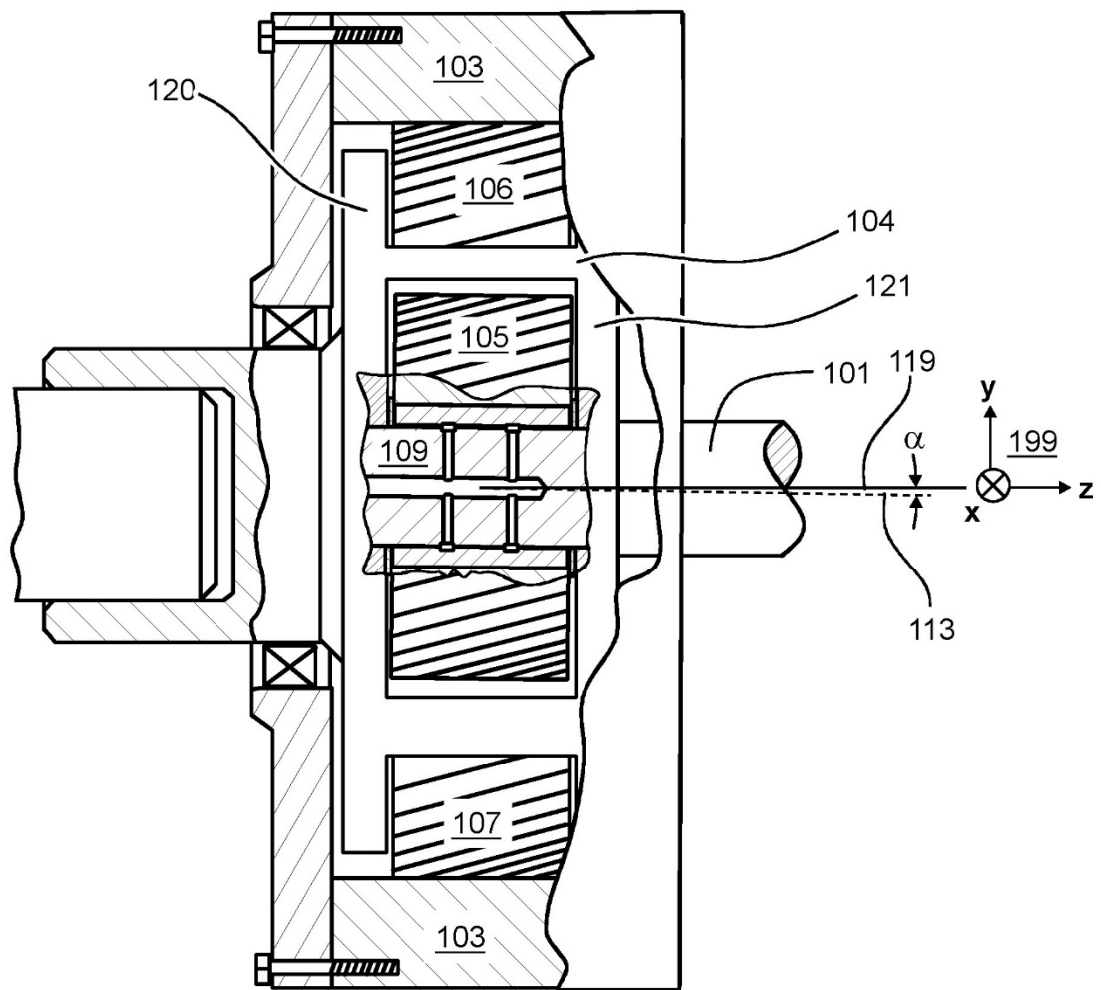
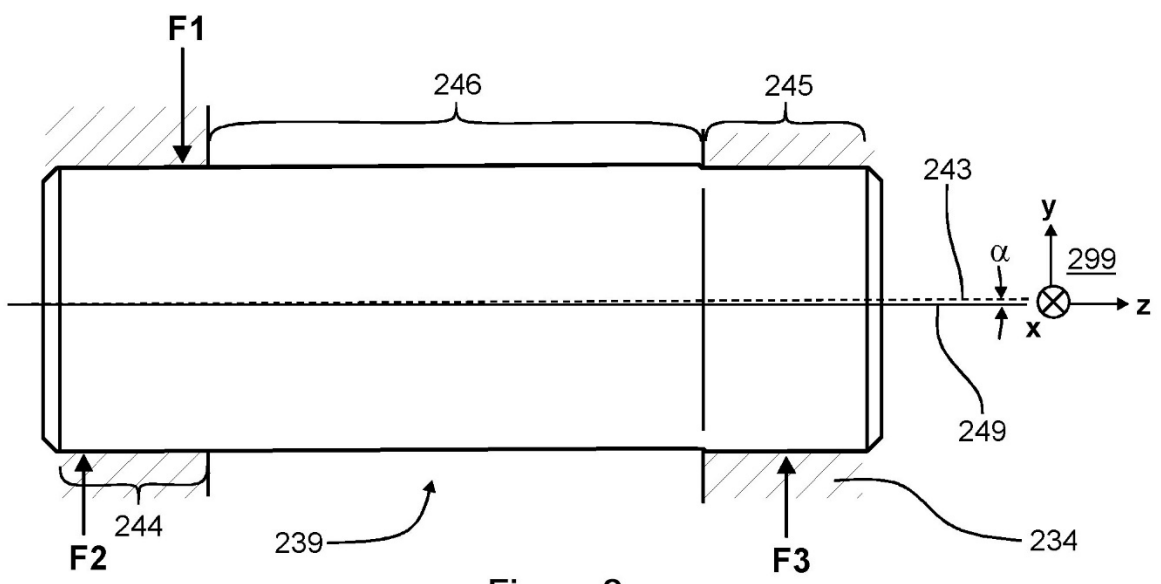
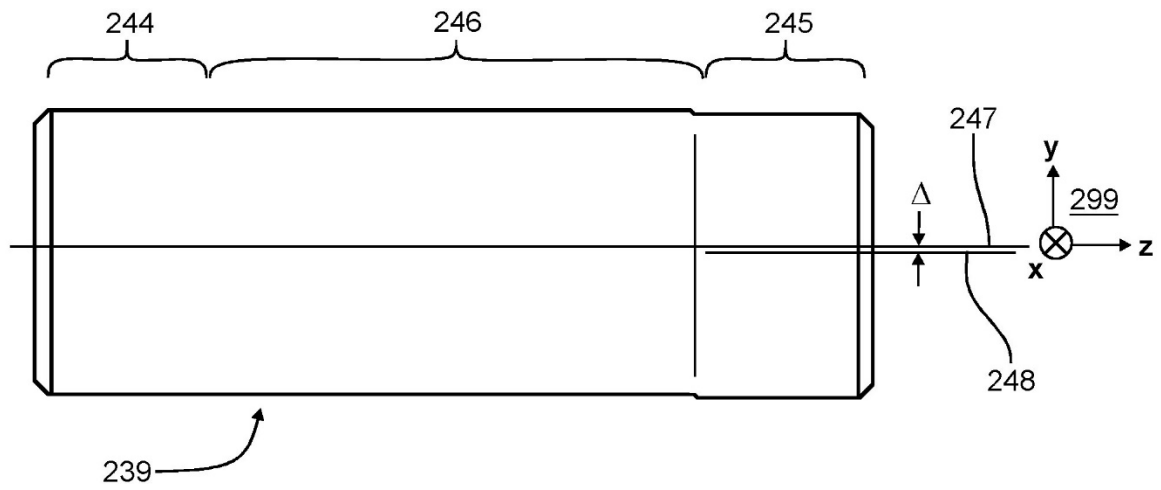
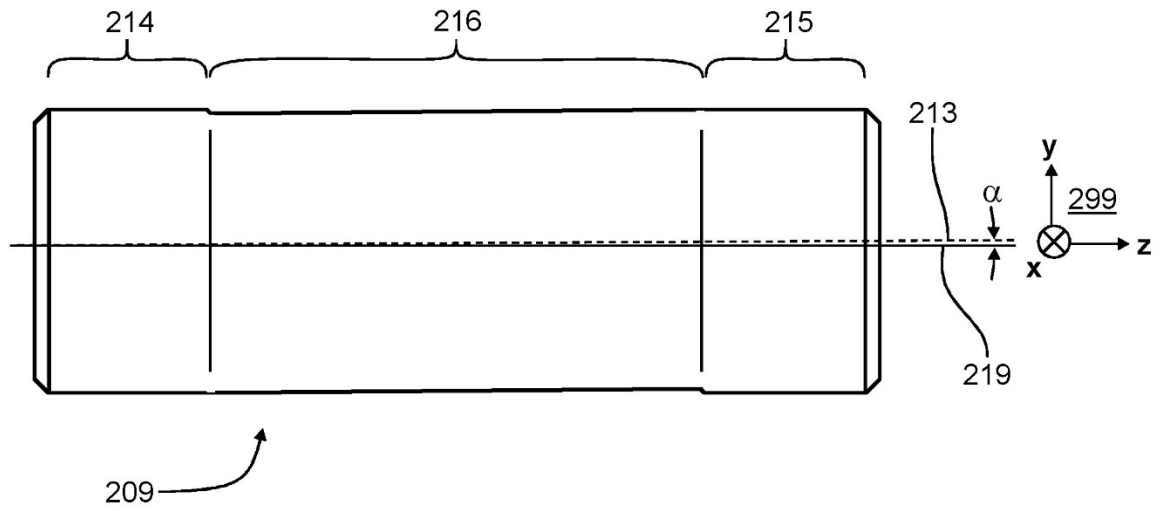


Figura 1



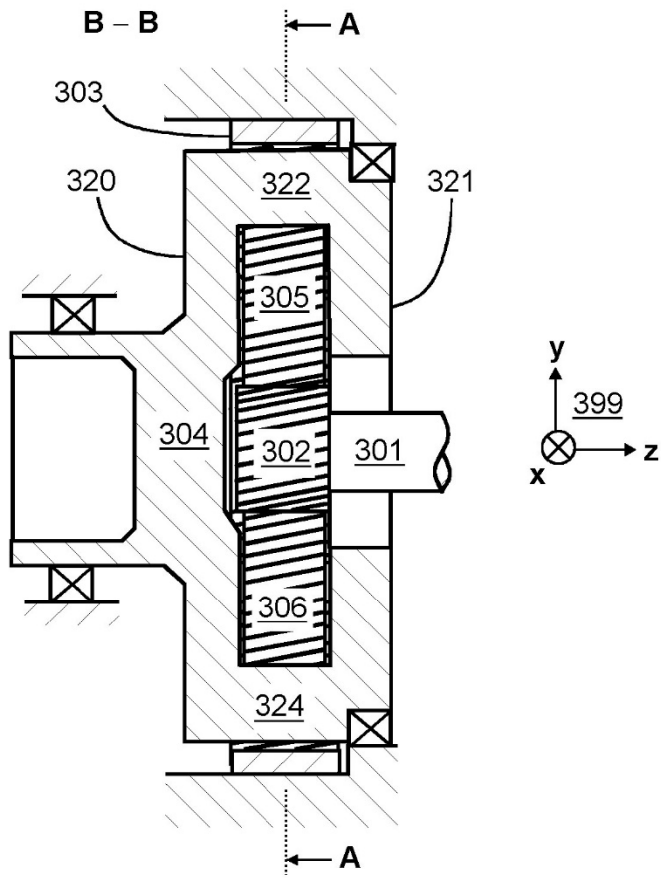


Figura 3a

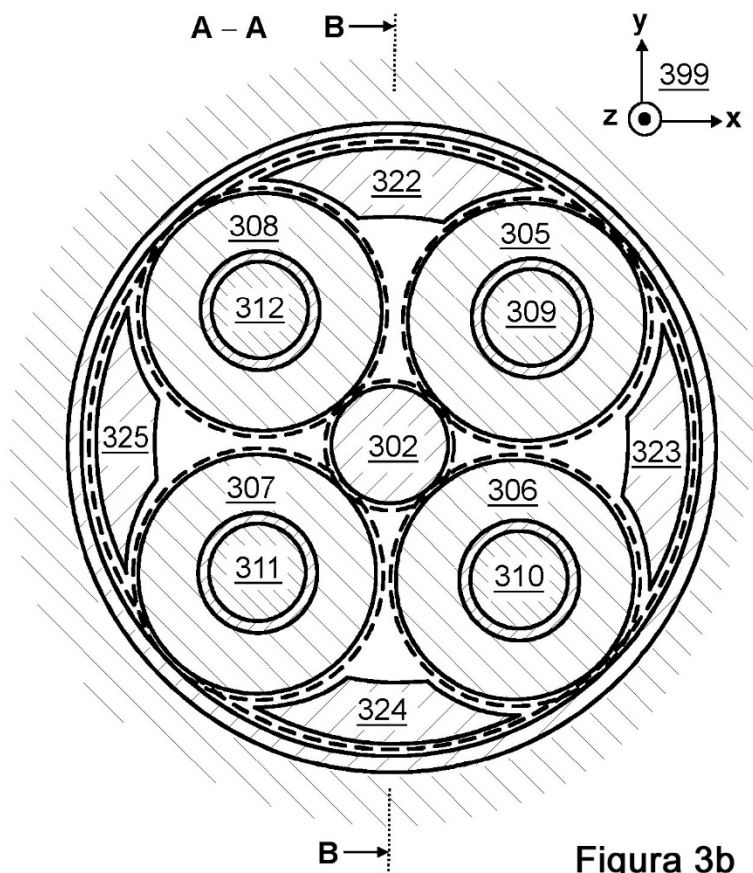


Figura 3b

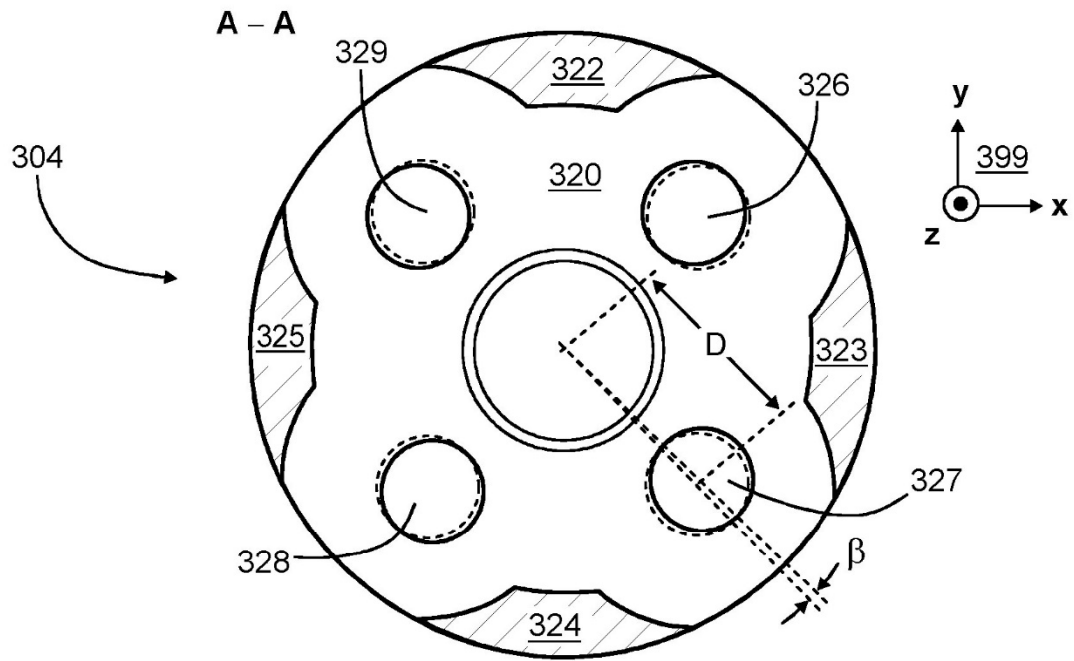


Figura 3c

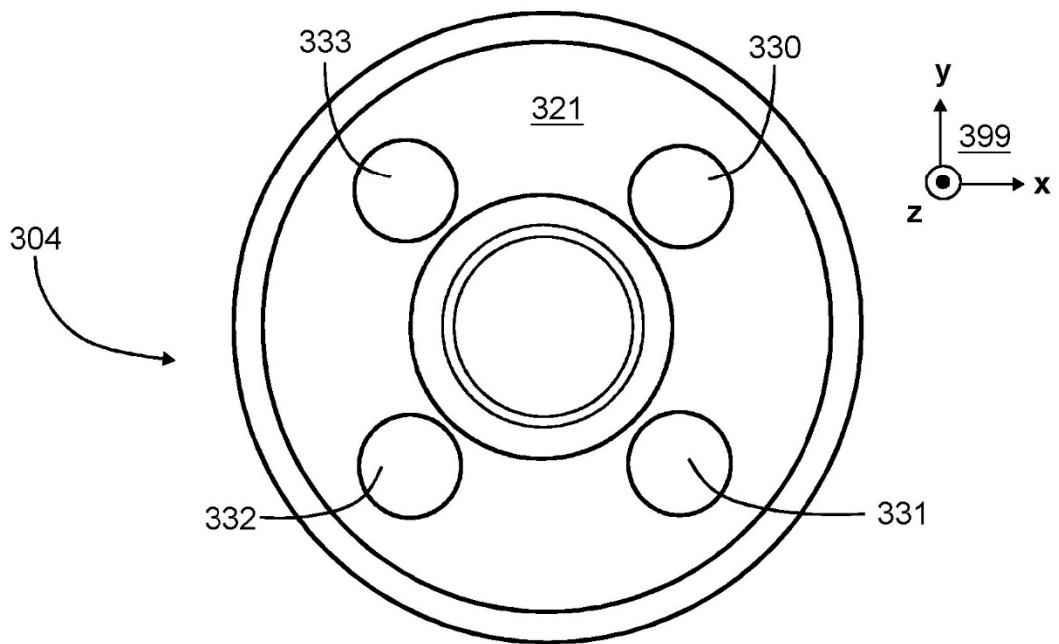


Figura 3d