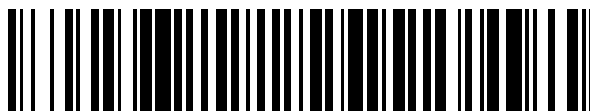


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 160**

51 Int. Cl.:

**G05B 19/4097** (2006.01)

**G05B 19/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2009 PCT/US2009/068836**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.06.2010 WO10071840**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2009 E 09801351 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2370869**

54 Título: **Conformación de componentes utilizando ingeniería inversa**

30 Prioridad:

**19.12.2008 US 339560**

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

**21.02.2019**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**CROTHERS, PHILLIP J.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 701 160 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

Conformación de componentes utilizando ingeniería inversa

### Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere, en general, a la fabricación de componentes de conformación y, en particular, a un método y aparato para conformar primer y segundo componentes mediante el uso de un robot/máquina para medir el primer componente y, a continuación, utilizar el mismo robot/máquina para modificar el segundo componente para conformarse con respecto al primer componente.

10 La unión de los principales componentes estructurales de una aeronave, por ejemplo, una unión del ala al fuselaje, es una parte significativa del tiempo total requerido para el ensamblaje final de la aeronave. Un tiempo de ciclo total para el ensamblaje final de una aeronave puede, por ejemplo y sin limitación, ser tres días, y una reducción en el tiempo se requiere para la unión de los principales componentes estructurales de una aeronave. Los principales componentes estructurales se unen normalmente situando los componentes adyacentes entre sí y perforando después orificios a través de los componentes utilizando un proceso de perforación de múltiples etapas. La perforación de múltiples etapas asegura una mayor calidad del orificio y rebabas mínimas en los componentes.

15 Aproximadamente 15 minutos pueden ser necesarios para perforar cada orificio en un proceso de perforación de múltiples etapas, y cientos de orificios pueden tener que perforarse con el fin de unir un ala a un fuselaje de la aeronave.

20 Por lo tanto, el proceso de ensamblado global de aeronaves puede ser bastante lento. Además, existe un potencial significativo de orificios fuera de tolerancia que se crean en un proceso de perforación de múltiples etapas, que puede resultar en más retrasos.

25 Se han propuesto una serie de soluciones para agilizar las operaciones de perforación para reducir el tiempo de ciclo unión de los componentes de aeronaves. Las soluciones propuestas incluyen la perforación de orificios de tamaño insuficiente en los dos componentes a unir, y después el escariado de los orificios hasta su tamaño completo cuando se unen los componentes. Esta solución propuesta evita un proceso de perforación de múltiples etapas y puede reducir el tiempo de ensamblaje. La solución propuesta, sin embargo, requiere todavía un esfuerzo de perforación mayor y el potencial de orificios fuera de tolerancia permanece.

30 En otra solución propuesta, los componentes a unir se perforan a dimensiones nominales, es decir, las dimensiones se dibujan sin ninguna medición. Los requisitos de tolerancia son, sin embargo, mucho más estrictos en esta solución propuesta. En particular, los requisitos de tolerancia para cada componente se maximizan debido a que cada componente se perfora sin información actualizada sobre la ubicación del orificio perforado del otro componente.

Cuando se consideran todos los aspectos que podrían influir en el ajuste final de los componentes, los requisitos de tolerancia pueden llegar a ser prohibitivos.

35 Otra solución propuesta es la ingeniería inversa de un primer componente y después el mecanizado de un segundo componente para conformarse con respecto al primer componente. La ingeniería inversa se realiza a través de la metrología, y puede introducir un segundo conjunto de incertidumbres que son adicionales a las incertidumbres del mecanizado.

40 El documento WO 2006/024844 divulga un aparato y método para el ajuste de una pieza de trabajo a los datos de diseño geométricos de una pieza de trabajo. Los puntos de datos nominales se seleccionan a partir de los datos de diseño geométricos y códigos de comando se introducen para generar puntos de datos medidos.

Por lo tanto, sería ventajoso tener un método y un aparato que supere los problemas anteriormente mencionados de los componentes de conformación.

### Sumario

45 De acuerdo con la invención, se proporciona un método y aparato para conformar los componentes como se define en las reivindicaciones adjuntas.

En una realización ventajosa, un método para conformar componentes puede incluir la medición de un primer componente utilizando una herramienta de conformación, y el registro de datos de posición para el primer componente basándose en la medición. Una trayectoria para la herramienta de conformación puede crearse

utilizando los datos de posición, y un segundo componente se puede modificar moviendo la misma herramienta de conformación basándose en la trayectoria creada.

5 En otra realización ventajosa, un método para conformar componentes puede incluir la medición de una primera característica de un primer componente con una herramienta de conformación, y el registro de datos de posición para la primera característica basándose en la medición. Una trayectoria para la herramienta de conformación se puede proporcionar utilizando los datos de posición, y una segunda característica que se ajusta a la primera característica en el primer componente se puede formar en un segundo componente moviendo la misma herramienta de conformación basándose en la trayectoria proporcionada.

10 En otra realización ventajosa adicional, un aparato para conformar componentes puede incluir una herramienta de conformación para la medición de un primer componente, y un controlador para proporcionar una trayectoria para la herramienta de conformación para modificar un segundo componente basándose en la medición. El aparato puede incluir además un accionador para mover la misma herramienta de conformación a lo largo de la trayectoria proporcionada para modificar el segundo componente.

15 En otra realización ventajosa adicional, un producto de programa informático puede incluir un medio registrable en el ordenador que almacena un código de programa informático utilizable informático para la conformación de componentes. El producto de programa informático puede incluir también un código de programa utilizable informático para la medición de un primer componente con una herramienta de conformación, y el código de programa utilizable informático para el registro de datos de posición para el primer componente basándose en la medición. El producto de programa informático puede también incluir un código de programa utilizable informático para proporcionar una trayectoria de acceso para la herramienta de conformación utilizando los datos de posición medidos, y un código de programa utilizable informático para la modificación de un segundo componente moviendo la misma herramienta de conformación basándose en la trayectoria proporcionada.

20 En aún otra realización ventajosa adicional, un método para conformar orificios en los componentes de aeronaves puede incluir la medición de un primer orificio de un primer componente de aeronave con un miembro de medición fijado a un brazo de un robot, y el registro de datos de posición para el primer orificio basándose en la medición. Un mapa del primer orificio se puede proporcionar a partir de los datos de posición registrados, un archivo CAD se puede modificar utilizando el mapa, una trayectoria controlada numéricamente se puede crear para el robot basándose en el archivo CAD, y la trayectoria controlada numéricamente se puede descargar en el robot. El miembro de medición se puede retirar del brazo robot para exponer un taladro también fijado al brazo robot, y se puede perforar un segundo orificio en un segundo componente de la aeronave que se conforme al primer orificio en el primer componente de la aeronave moviendo el taladro también fijado al brazo robot en función de la trayectoria controlada numéricamente que se ha descargado.

25 Las características, funciones y ventajas se pueden conseguir independientemente en diversas realizaciones de la presente descripción o se pueden combinar en otras realizaciones en las que más detalles se pueden observar con referencia a la siguiente descripción y a los dibujos.

### Breve descripción de los dibujos

35 Las características que se han creído aspectos novedosos de las realizaciones ventajosas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones ventajosas, sin embargo, así como un modo preferido de uso, otros objetivos y ventajas de las mismas, se comprenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la presente divulgación cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la **Figura 1** es un diagrama que ilustra un método de fabricación y servicio de aeronaves en el que una realización ventajosa se puede implementar;

la **Figura 2** es un diagrama de una aeronave de acuerdo con una realización ventajosa;

45 la **Figura 3** es un diagrama de bloques que ilustra un componente del sistema de conformación de acuerdo con una realización ventajosa;

la **Figura 4** es un diagrama que ilustra una herramienta de conformación de acuerdo con una realización ventajosa;

la **Figura 5A** es un diagrama que ilustra un miembro de medición de acuerdo con una realización ventajosa;

la **Figura 5B** es un diagrama que ilustra un miembro de modificación de acuerdo con una realización ventajosa;

la **Figura 6** es un diagrama de un controlador de acuerdo con una realización ventajosa;

la **Figura 7** es un diagrama de flujo de un proceso para conformar componentes de acuerdo con una realización ventajosa; y

la **Figura 8** es un diagrama de flujo de un proceso para conformar el primer y segundo componentes de acuerdo con una realización ventajosa.

## 5 Descripción detallada

Haciendo referencia más particularmente a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto del método de fabricación y servicio de aeronaves **100** como se muestra en la **Figura 1** y una aeronave **200** como se muestra en la **Figura 2**. Durante la preproducción, el método de fabricación y servicio de aeronaves **100** puede incluir la especificación y diseño **102** de la aeronave **200** y la adquisición de materiales **104**.

10 Durante la producción, la fabricación de componentes y subconjuntos **106** y la integración de sistemas **108** de la aeronave **200** tienen lugar. A partir de entonces, las aeronaves **200** pueden ir a través de la certificación y entrega **110** con el fin de ponerse en servicio **112**. Mientras están en servicio por un cliente, las aeronaves **200** se programan para su mantenimiento y servicio de rutina **114** (que también puede incluir la modificación, reconfiguración, remodelación, y así sucesivamente).

15 Cada uno de los procesos del método de fabricación y servicio de aeronaves **100** se puede realizar o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, por ejemplo, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una línea aérea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

20 Como se muestra en la **Figura 2**, la aeronave **200** producida por el método de fabricación y servicio de aeronaves **100** puede incluir un fuselaje **202** con una pluralidad de sistemas **204** y un interior **206**. Ejemplos de sistemas **204** incluyen uno o más de sistema de propulsión **208**, sistema eléctrico **210**, sistema hidráulico **212**, y sistema ambiental **214**. Cualquier número de otros sistemas se puede incluir en este ejemplo. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación se pueden aplicar a otras industrias, como la industria del automóvil.

25 Los aparatos y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de fabricación y servicio de aeronaves **100**. Por ejemplo, sin limitación, los componentes o subconjuntos correspondientes a la fabricación de componentes y subconjuntos **106** pueden fabricarse o manufacturarse en una forma similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras que las aeronaves **200** están en servicio.

30 Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones del método, o una combinación de las mismas se pueden utilizar durante la fabricación de componentes y subconjuntos **106** y la integración de sistemas **108**, por ejemplo, sin limitación, mediante acelerando sustancialmente el ensamblado de o reduciendo el coste de la aeronave **200**. Como ejemplo específico, una realización ventajosa se puede implementar durante la fabricación de componentes y subconjuntos **106** y la integración sistemas **108** para unir los componentes de aeronaves.

35 Las realizaciones ventajosas proporcionan un método y un aparato para conformar componentes, por ejemplo, componentes de aeronaves a fijarse durante el ensamblaje de una aeronave. Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen que las condiciones fuera de tolerancia se pueden minimizar al conformar el primer y segundo componentes mediante el uso de la misma herramienta para tanto medir el primer componente como para modificar el segundo componente para conformarse con respecto al primer componente. Las condiciones fuera de tolerancia pueden minimizarse debido a que la configuración de la herramienta durante la modificación del segundo componente será similar a la configuración de la herramienta durante la medición del primer componente. Si la medición del primer componente se realiza mediante una herramienta diferente de la herramienta que modifica el segundo componente, las condiciones fuera de tolerancia pueden ser más grandes debido a que las herramientas separadas tendrán diferentes características de incertidumbre. Mediante el uso de la misma máquina, tanto para la medición del primer componente como para la modificación del segundo componente, las condiciones fuera de tolerancia se reducen, y el tiempo total necesario para unir el primer componente al segundo componente se puede reducir.

40 Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta el uso de control forzado para permitir la minimización de las condiciones fuera de tolerancia en la modificación de un segundo componente para conformarse con respecto a un primer componente. En particular, el control forzado se utiliza para conseguir una fuerza de contacto constante y consistente contra el primer componente que se mide con una herramienta de conformación a medida que la herramienta de conformación se mueve en el primer componente para la medición del primer componente, y después las mediciones se utilizan para crear un trayectoria ventajosa para la modificación del segundo componente mediante la misma herramienta que realiza la medición para conformar el segundo

componente con respecto al primer componente.

Haciendo referencia a continuación a la **Figura 3**, un diagrama de bloques que ilustra un sistema de conformación de componentes se representa de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, el sistema de conformación de componentes se designa con el número de referencia **300**, e incluye por lo general una herramienta de conformación **302** para medir un primer componente tal como el componente **304**, y para modificar un segundo componente tal como el componente **305**, para conformar el segundo componente **305** con respecto al primer componente **304**, y un controlador **306** para controlar la operación de la herramienta de conformación **302**. En la realización ventajosa ilustrada en la **Figura 3**, la herramienta de conformación **302** se implementa como el robot **302**. En otras realizaciones ventajosas, la herramienta de conformación puede implementarse como una máquina herramienta o una máquina de cinemática paralela.

El robot **302** incluye un cuerpo de robot **308** que soporta un brazo robot **310**. El brazo robot **310** funciona como un manipulador automatizado y es capaz de moverse a lo largo de múltiples ejes, por ejemplo, cinco o seis ejes, a través de un accionador de movimiento **311**, y lleva el miembro de medición **312** y miembro de modificación **314** en un extremo exterior del mismo.

El miembro de modificación **314** puede ser cualquier herramienta adecuada para realizar una operación de modificación deseada en el segundo componente **305**. En una realización ventajosa, el miembro de modificación **314** se puede implementar como un taladro para perforar un orificio **322** en o a través del segundo componente **305**. De acuerdo con otras realizaciones ventajosas, el miembro de modificación **314** puede ser una herramienta para realizar otros tipos de modificaciones al segundo componente **305** para conformar el segundo componente con respecto al primer componente **304**.

El miembro de medición **312** puede medir un lugar y/o perfil actual de una característica del primer componente **304** utilizando el control forzado. En particular, el brazo robot **310** se controla a través de un accionador de robot **311** para mover el miembro de medición **312** a través de una primera característica **320** del primer componente **304** que se está midiendo con una fuerza de contacto que se mantiene constante y consistente durante la medición independientemente de la posición de la herramienta de medición con respecto a la primera característica **320** del primer componente **304**. De acuerdo con una realización ventajosa de la invención, la primera característica **320** comprende un orificio **320** y el miembro de medición **312** comprende un manguito montado de forma extraíble **330** que rodea miembro de modificación **314**. El manguito **330** se puede dimensionar para extenderse dentro y encajar cómodamente dentro del orificio **320** de tal manera que una superficie de contacto **323** del manguito **330** se puede mantener en contacto con la superficie de pared lateral **324** del orificio **320** para medir la geometría superficial de la superficie de pared lateral **324** a través del control forzado, en una dirección de la fuerza designada en general por las flechas **334**, dando la ubicación y la orientación del orificio. En otra realización ventajosa, el miembro de medición puede ser una pieza sólida que reemplaza al miembro de medición.

A medida que el accionador de robot **311** mueve el brazo robot **310** para hacer que el manguito **330** siga el perfil superficial de la superficie de pared lateral **324** del primer componente **304**, con la superficie de contacto **323** del manguito **330** en contacto forzado con la superficie de pared lateral **324** a través del control forzado **334**, la trayectoria seguida por el manguito se puede detectar por el miembro de medición **312**. En particular, los datos de posición **338** que representan la posición del manguito **330** se pueden medir a medida que el manguito **330** se mueve en el orificio **320** en el primer componente **304**, y los datos de posición **338** se registran en el controlador **306** para formar el registro de posición de datos **340**. Un mapa **342** de la superficie de pared lateral **324** del orificio **320** puede, a continuación, crearse a partir de los datos de posición, y el mapa se utiliza para modificar un archivo CAD **344** para permitir una trayectoria controlada numéricamente (NC) deseada **346** que se crea para la operación del miembro de modificación para modificar el segundo componente **305** para conformarse al primer componente **304**. La trayectoria de acceso NC se puede traducir en lenguaje de máquina tal como se muestra en **348**. La trayectoria NC traducida puede, a continuación, descargarse en el brazo robot como se muestra en **350** para controlar el movimiento del brazo robot **310** y, por lo tanto, para controlar el movimiento del miembro de modificación **314** a través del accionador de robot **311**.

La superficie de contacto **323** del manguito **330** está en una posición fija con respecto a la línea central (eje) **335** del miembro de modificación de **314**. Por lo tanto, la superficie de contacto **323** en el miembro de medición puede estar siempre relacionada de nuevo con el miembro de modificación que se adapta para modificar el segundo componente **306**. En la realización ventajosa, en la que el miembro de modificación comprende un taladro, la superficie de contacto **323** en el miembro de medición **312** puede estar siempre relacionada de nuevo con la broca **336** y la línea central (eje) **335** del taladro.

Durante una operación de medición, el manguito **330** se puede extender completamente en el orificio **320** en el primer componente **304**. El manguito **330** puede tener una forma que coincidirá con la forma interior anticipada del orificio **320**. En este sentido, si el orificio **320** se forma con un avellanado, el manguito **330** puede tener la misma geometría de avellanado.

El manguito **330** se dimensiona para encajar en el orificio **320** con un ajuste perfecto de tal manera que el control

forzado se puede utilizar para realizarse precisamente esta forma. Como resultado, la orientación y la ubicación del orificio **320** en el primer componente **304** pueden medirse con precisión.

Después de una operación de medición, el brazo robot **310** se sitúa en relación con el segundo componente **305** y el manguito **330** se retira para exponer el miembro de modificación **314** o, como alternativa, el miembro de medición se puede retirar y reemplazar por el miembro de modificación. De acuerdo con realizaciones ventajosas, el posicionamiento del brazo robot en relación con el segundo componente se puede conseguir mediante la sustitución del primer componente con el segundo componente o moviendo el robot **302** para estar adyacente a o en el segundo componente **305**. Tras el posicionamiento del robot con respecto al segundo componente, el miembro de modificación **314** se opera para formar el orificio **322** en el segundo componente **305**, por ejemplo y sin limitación, perforando el orificio **322** en el segundo componente **305**. Como se ha indicado anteriormente, la trayectoria NC traducida que se ha descargado al brazo robot **310** tal como se muestra en **350** se puede utilizar para controlar el movimiento del brazo robot **310** y, por lo tanto, para controlar el movimiento del miembro de modificación **314** a través del accionador de robot **311** para formar el orificio.

Haciendo referencia a continuación a la **Figura 4**, un diagrama que ilustra una herramienta de conformación se representa de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, la herramienta de conformación **400** se implementa como el robot **400** y es un ejemplo de una implementación del robot **302** en la **Figura 3**. En este ejemplo, el robot **400** incluye el cuerpo de robot **402**, y el brazo robot **404**. El robot **400** puede ser una estructura independiente que se puede situar adyacente a un primer componente **406** a medir y adyacente a un segundo componente **408** a modificar, o el cuerpo de robot **402** se puede montar directamente en el componente por medio de ventosas, correas, u otro mecanismo de montaje. El primer componente **406** es un ejemplo de una implementación del primer componente **304** en la **Figura 3**, y el segundo componente **408** es un ejemplo de una implementación del segundo componente **305** en la **Figura 3**.

La **Figura 4** ilustra un miembro de medición **410** y un miembro de modificación **412** montados en un extremo **407** del brazo robot **404**. El miembro de medición **410** es un ejemplo de una implementación del miembro de medición **312** en la **Figura 3**, y el miembro de modificación **412** es un ejemplo de una implementación del miembro de modificación **314** en la **Figura 3**. De acuerdo con la realización ventajosa ilustrada en la **Figura 4**, el miembro de medición **410** se adapta para fijarse de forma desmontable al extremo **407** del brazo robot **404** durante un proceso de medición en el primer componente **406** mediante, por ejemplo, un tornillo prisionero **418** que sujeta el lado del miembro de medición, o por otro mecanismo de fijación, y se retira después para exponer el miembro de modificación **412** para un proceso de modificación en un segundo componente **408**. De acuerdo con otra realización ventajosa, el miembro de medición se puede retirar y reemplazar con el miembro de modificación. La **Figura 4** ilustra el brazo robot **404** situado para hacer que el miembro de medición **410** se extienda dentro de un orificio **420** del primer componente **406** durante un proceso de medición.

En una realización ventajosa, el primer y segundo componentes **406** y **408** comprenden primer y segundo componentes para conformarse entre sí, y el miembro de medición **410** comprende un manguito para medir la superficie de pared lateral **424** del orificio **420** en el primer componente **406**, y el miembro de modificación **412** comprende un taladro para perforar un orificio en el segundo componente **408** que se conforma en el orificio **420** en el primer componente **406** de manera que los componentes pueden, por ejemplo y sin limitación, fijarse entre sí correctamente. En otras realizaciones ventajosas, el miembro de modificación **412** puede ser cualquier tipo de herramienta para la formación de una característica en el segundo componente para conformarse con respecto a una característica en el primer componente.

Haciendo referencia a continuación a las **Figuras 5A** y **5B**, la **Figura 5A** es un diagrama que ilustra un miembro de medición de acuerdo con una realización ventajosa, y la **Figura 5B** es un diagrama que ilustra un miembro de modificación de acuerdo con una realización ventajosa. En particular, la **Figura 5A** es una vista ampliada del extremo **407** del brazo robot **404** en la **Figura 4**, y la **Figura 5B** es una vista ampliada del extremo **407** del brazo robot **404** con el miembro de medición **410** retirado para exponer el miembro de modificación **412** para un proceso de modificación.

Como se muestra en la **Figura 5A**, el miembro de medición **410** comprende un manguito que rodea el miembro de modificación **412** cuando se monta en el extremo **407** del brazo robot. El manguito **410** tiene una superficie de contacto **522** que se adapta para estar en contacto forzado con una superficie de pared lateral **523** del primer componente **406** durante un proceso de medición.

El manguito **410** se puede formar de metal u otro material seleccionado a fin de no estropear ni/o rayar la superficie que está siendo medida y mantener su forma. La cantidad de fuerza utilizada para medir la superficie de pared lateral **523** debe ser menor para no estropear, deformar ni/o rayar el primer componente, pero suficiente para garantizar que se mantenga el contacto con la superficie de pared lateral **523** durante un proceso de medición, es decir, sin rebotar o derivarse de la superficie debido a que la fuerza es demasiado pequeña. De acuerdo con una realización ventajosa, la cantidad de fuerza utilizada para medir la superficie de pared lateral **523** del primer componente **406** puede ser de aproximadamente 5 a aproximadamente 20 Newton, dependiendo de la sensibilidad y

capacidad de la detección de fuerza acoplada.

Después de completar un proceso de medición, el miembro de medición **410** se puede retirar para exponer el miembro de modificación **412** para un proceso de mecanizado como se ilustra en la **Figura 5B**. El brazo robot **404** puede, a continuación, accionarse para mover el miembro de modificación **412** con respecto al segundo componente **408** para modificar el segundo componente **408** (es decir, forma el orificio **320**). Debido a que la línea central (eje) **535** del miembro de modificación **412** y la punta de contacto **536** del miembro de modificación en el eje **535** pueden relacionarse con la superficie de contacto **522** del miembro de medición **410**, las mediciones realizadas por el miembro de medición **410** se pueden utilizar para diseñar una trayectoria para el miembro de modificación **412** para modificar adecuadamente el segundo componente **408**. En este sentido, ya sea el robot o los componentes se pueden mover para situar el brazo robot **404** en relación con el segundo componente. Una indexación precisa de las posiciones del robot con respecto a cada componente durante cada fase se debe mantener para asegurar que la característica de mecanizado en el segundo componente se conformará a la característica en el primer componente. En este respecto, también puede ser deseable situar el primer y segundo componentes para ser similares con respecto al robot.

Haciendo referencia a continuación a la **Figura 6**, un diagrama de un controlador se representa de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, el controlador **600** es un ejemplo de una implementación del controlador **308** en la **Figura 3**. En este ejemplo ilustrativo, el controlador **600** incluye la tela de comunicación **602**, que proporciona comunicaciones entre la unidad de procesador **604**, la memoria **606**, el almacenamiento persistente **608**, la unidad de comunicación **610**, unidad de entrada/salida (I/O) **612**, y la pantalla **614**.

La unidad de procesador **604** sirve para ejecutar las instrucciones para el software que se pueden cargar en la memoria **606**. La unidad de procesador **604** puede ser un conjunto de uno o más procesadores o puede ser un núcleo de multiprocesador, dependiendo de la implementación particular.

La memoria **606** y el almacenamiento persistente **608** son ejemplos de dispositivos de almacenamiento. Un dispositivo de almacenamiento es cualquier pieza de hardware que es capaz de almacenar información, ya sea de forma temporal y/o permanente. La memoria **606**, en estos ejemplos, puede ser, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o cualquier otro dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil adecuado. El almacenamiento persistente **608** puede adoptar diversas formas dependiendo de la aplicación particular.

Por ejemplo, el almacenamiento persistente **608** puede contener uno o más componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenamiento persistente **608** puede ser una unidad de disco duro, una memoria flash, un disco óptico regrabable, una cinta magnética regrabable, o alguna combinación de los anteriores. Los medios de comunicación utilizados por el almacenamiento persistente **608** pueden también ser desmontables. Por ejemplo, un disco duro extraíble se puede utilizar para el almacenamiento persistente **608**.

La unidad de comunicación **610**, en estos ejemplos, proporciona la comunicación con otros sistemas o dispositivos de procesamiento de datos. En estos ejemplos, la unidad de comunicación **610** es una tarjeta de interfaz de red. La unidad de comunicación **610** puede proporcionar comunicaciones a través de la utilización de uno o ambos enlaces de comunicación física e inalámbrica.

La unidad de entrada/unidad **612** permite la entrada y salida de datos con otros dispositivos que pueden conectarse al controlador **600**. Por ejemplo, la unidad de entrada/salida **612** puede proporcionar una conexión para la entrada del usuario a través de un teclado y un ratón. Además, la unidad de entrada/salida **612** puede enviar la salida a una impresora. La pantalla **614** proporciona un mecanismo para mostrar información a un usuario.

Las instrucciones para el sistema operativo y aplicaciones o programas se encuentran en el almacenamiento persistente **608**. Estas instrucciones se pueden cargar en la memoria **606** para su ejecución por la unidad de procesador **604**. Los procesos de las diferentes realizaciones se pueden realizar por la unidad de procesador **604** utilizando las instrucciones implementadas por ordenador, que pueden situarse en una memoria, como la memoria **606**. Estas instrucciones se denominan código de programa, código de programa utilizable informático o código de programa legible por ordenador que puede ser leído y ejecutado por un procesador en la unidad de procesador **604**. El código de programa en las diferentes realizaciones se puede realizar en diferentes medios legibles por ordenador físicos o tangibles, como la memoria **606** o el almacenamiento persistente **608**.

El código de programa **616** se encuentra en una forma funcional en medios legibles por ordenador **618** que son selectivamente desmontables y pueden cargarse en o transferirse al controlador **600** para su ejecución por la unidad de procesador **604**. En estos ejemplos, el código de programa **616** es un ejemplo de software que se puede utilizar para crear el mapa de área superficial **342**, fichero CAD **344**, trayectoria NC **346** y trayectoria NC traducida **348** en la **Figura 3**.

El código de programa **616** y los medios informáticos legibles **618** forman el producto de programa informático **620**

en estos ejemplos. En un ejemplo, los medios legibles por ordenador **618** puede estar en una forma tangible, tal como, por ejemplo, un disco óptico o magnético que se inserta o se coloca en una unidad u otro dispositivo que es parte del almacenamiento persistente **608** para su transferencia a un dispositivo de almacenamiento como, por ejemplo, un disco duro que es parte del almacenamiento persistente **608**.

5 En una forma tangible, los medios legibles por ordenador **618** pueden adoptar también la forma de un almacenamiento persistente, tal como un disco duro, una unidad de memoria, o una memoria flash que se conecta al controlador **600**. La forma tangible de los medios legibles por ordenador **618** se conoce también como medios de almacenamiento grabables en ordenador. En algunos casos, los medios legibles por ordenador **618** pueden no ser extraíbles.

10 Como alternativa, el código de programa **616** puede transferirse al controlador **600** desde los medios legibles por ordenador **618** a través de un enlace de comunicación a la unidad de comunicación **610** y/o a través de una conexión a la unidad de entrada/salida **612**. El enlace de comunicación y/o la conexión pueden ser físicos o inalámbricos en los ejemplos ilustrativos. Los medios legibles por ordenador pueden también tomar la forma de medios de comunicación no tangibles, tales como enlaces de comunicación o transmisiones inalámbricas que  
15 contienen el código de programa.

Haciendo referencia a continuación a la **Figura 7**, un diagrama de flujo de un proceso para conformar componentes se representa de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso se designa por lo general mediante el número de referencia **700**, y puede comenzar mediante la medición de un primer componente utilizando una herramienta de conformación (operación **702**). Los datos de posición para el primer componente se pueden registrar basándose en la medición (operación **704**), y una trayectoria para la herramienta se puede proporcionar utilizando los datos de posición, por ejemplo y sin limitación, mediante la creación de una trayectoria controlada numéricamente para la herramienta (operación **706**). Un segundo componente se puede modificar moviendo la misma herramienta basándose en la trayectoria proporcionada (operación **708**).

Haciendo referencia a continuación a la **Figura 8**, un diagrama de flujo de un proceso para conformar el primer y segundo componentes se representa de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso se designa por lo general mediante el número de referencia **800**, y, en la realización ventajosa que se ilustra en la **Figura 8**, puede ser un proceso para la perforación de un segundo orificio en un segundo componente, por ejemplo y sin limitación, un segundo componente de aeronave, para conformarse con respecto a un primer orificio en un primer componente, por ejemplo y sin limitación, un primer componente de aeronave. El proceso **800** puede comenzar mediante la estabilización de un primer componente a medir, por ejemplo y sin limitación, primer componente **304** en la **Figura 3** o primer componente **406** en las **Figuras 4 y 5A** (operación **802**). La estabilización puede lograrse, por ejemplo, mediante el montaje del primer componente con el fin de minimizar el movimiento de flexión y la vibración del primer componente.

Una herramienta de conformación puede a continuación situarse para medir el primer componente (operación **804**). En una realización ventajosa, la herramienta de conformación puede ser un robot, por ejemplo y sin limitación, el robot **302** en la **Figura 3** o el robot **400** en la **Figura 4**, y el posicionamiento puede situar el robot adyacente a o en el primer componente que debe medirse para asegurar el acceso completo del robot a una característica del primer componente a medir, por ejemplo y sin limitación, el orificio **320** en la **Figura 3** u orificio **420** en las **Figuras 4 y 5A**. El robot **302** o **400** puede a continuación bloquearse en posición con respecto al primer componente **304** o **406** a medir para evitar el movimiento relativo entre el robot **302** o **400** y el primer componente **304** o **406** (operación **806**). Por ejemplo, el robot puede estar bloqueado en una posición auto soportada adyacente al primer componente o puede montarse directamente en el primer componente con ventosas u otros mecanismos de montaje.

Un miembro de modificación, por ejemplo y sin limitación, el miembro de modificación **314** en la **Figura 3** o el miembro de modificación **412** en las **Figuras 4, 5A y 5B**, puede a continuación fijarse a un brazo robot, por ejemplo y sin limitación, el brazo robot **310** en la **Figura 3** o el robot brazo **404** en las **Figuras 4, 5A y 5B** (operación **808**), y un miembro de medición, por ejemplo y sin limitación, el miembro de medición **312** en la **Figura 3** o el miembro de medición **410** en las **Figuras 4 y 5A**, se puede montar también en el brazo robot **310** o **404** (operación **810**). En una realización ventajosa, el miembro de medición puede comprender un manguito de medición, por ejemplo y sin limitación, el manguito **330** en la **Figura 3**, montado para rodear el miembro de modificación durante un proceso de medición, y luego se retira para exponer el miembro de modificación de un proceso de modificación. En una realización ventajosa, el manguito tiene una superficie de contacto, por ejemplo y sin limitación, superficie de contacto **323** en la **Figura 3** y la superficie de contacto **422** en la **Figura 5A**, y se puede montar en el brazo robot **404** de tal manera que la superficie de contacto **323** o **422** del manguito **330** está relacionada con un sistema de eje tal como el TCP, por ejemplo y sin limitación, eje **335** en la **Figura 3** y el eje **535** en las **Figuras 4 y 5A**, y una punta de contacto de la herramienta de modificación, por ejemplo y sin limitación, la punta de contacto **336** en la **Figura 3** y la punta de contacto **536** en la **Figura 5B**.

Una característica del primer componente a medir se puede medir a continuación con el miembro de medición utilizando un movimiento controlado con fuerza del miembro de medición (operación **812**). A medida que el miembro



de medición se mueve sobre una primera característica del primer componente, por ejemplo y sin limitación, el orificio **322** en la **Figura 3** y el orificio **420** en las **Figuras 4 y 5A**, los datos de posición para la característica, por ejemplo y sin limitación, datos de posición **338** en la **Figura 3**, se registran (operación **814**). Un mapa, por ejemplo y sin limitación, el mapa **342** en la **Figura 3**, de la característica que se mide se puede crear utilizando los datos de posición (operación **816**), y el mapa se puede utilizar para modificar un archivo CAD, por ejemplo y sin limitación, archivo CAD **344** en la **Figura 3**, basándose en el mapa (operación **818**). Una trayectoria controlada numéricamente (NC) para la herramienta de mecanizado, por ejemplo y sin limitación, la trayectoria NC **346** en la **Figura 3**, puede a continuación crearse (operación **820**), la trayectoria NC creada se puede traducir al lenguaje de máquina, por ejemplo y sin limitación, trayectoria NC traducida **348** en la **Figura 3** (operación **822**), y la trayectoria NC traducida se puede descargar al robot, por ejemplo y sin limitación, trayectoria NC descargada **350** en la **Figura 3** (operación **824**).

El robot puede, a continuación, situarse con respecto a un segundo componente a modificar, por ejemplo y sin limitación, el segundo componente **305** en la **Figura 3** o el segundo componente **408** en las **Figuras 4 y 5B** (operación **826**). De acuerdo con realizaciones ventajosas, el posicionamiento puede realizarse moviendo el robot de la posición adyacente a, o en el primer componente a una posición adyacente a o en el segundo componente, o mediante la sustitución del primer componente con el segundo componente. Independientemente, el posicionamiento es tal que la posición relativa del segundo componente y el robot será similar a la posición relativa del primer componente y el robot durante la operación de medición. El robot está bloqueado entonces en posición con respecto al segundo componente (operación **828**).

El miembro de medición puede a continuación retirarse del brazo robot para exponer el miembro de mecanizado (operación **830**), y el segundo componente puede modificarse desplazando el miembro de modificación en el segundo componente basándose en la trayectoria de acceso NC descargada para formar una segunda característica en el segundo componente (operación **832**). Por ejemplo y sin limitación, el miembro de modificación puede ser un taladro y la operación de modificación puede ser perforar un segundo orificio en el segundo componente para conformarse con respecto al primer orificio en el primer componente. En otra realización ventajosa, el miembro de modificación puede ser una broca de fresado y la operación de modificación puede ser el mecanizado superficial de una superficie del segundo componente para conformarse con respecto a la primera superficie del componente.

Después de la modificación del segundo componente, el segundo componente se puede limpiar (operación **834**) e inspeccionarse (operación **836**) de modo que las operaciones posteriores se pueden realizar en los componentes conformados, por ejemplo y sin limitación, uniendo el primer y segundo componentes mediante la extensión de un elemento de fijación a través del primer y segundo orificios. Las superficies se conformarán también, reduciendo o eliminando la necesidad de cuñas.

La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o estar limitada a las realizaciones en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos normales en la materia. Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ventajosas. La realización o realizaciones seleccionadas se han elegido y descrito con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y de permitir a otros expertos en la materia comprender la invención para diversas realizaciones con diversas modificaciones que sean adecuadas al uso particular contemplado.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para conformar componentes, que comprende:

5 medir un primer componente (304) con un miembro de medición (312), estando el miembro de medición fijado a un brazo robot (310) de un robot (302) de una herramienta de conformación (302), comprendiendo también la herramienta de conformación un miembro de modificación (314) fijado al brazo robot, rodeando el miembro de medición el miembro de modificación durante la medición del primer componente;

10 registrar los datos de posición del primer componente basándose en la medición; proporcionar una trayectoria para la herramienta de conformación utilizando los datos de posición; exponer el miembro de modificación retirando el miembro de medición; y modificar un segundo componente (305) moviendo el miembro de modificación fijado al brazo de la misma herramienta de conformación basándose en la trayectoria proporcionada.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la medición del primer componente (304) utilizando una herramienta de conformación comprende:

medir el primer componente usando un movimiento controlado con fuerza de la herramienta de conformación (302).

15 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que proporcionar una trayectoria para la herramienta de conformación (302) utilizando los datos de posición, comprende:

proporcionar un mapa del primer componente (304) a partir de los datos de posición registrados; modificar un archivo CAD utilizando el mapa; y crear una trayectoria controlada numéricamente para la herramienta de conformación basándose en el archivo CAD.

20

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, y que además comprende:

descargar la trayectoria de acceso controlada numéricamente en la herramienta de conformación (302), en el que la modificación del segundo componente (305) moviendo la misma herramienta de conformación basándose en la trayectoria proporcionada, comprende:

25 modificar el segundo componente moviendo la misma herramienta de conformación basándose en la trayectoria controlada numéricamente que se ha descargado.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera característica comprende un primer orificio en el primer componente, y en el que la medición de una primera característica (304) del primer componente con un miembro de medición (312) fijado a un brazo del robot (302) comprende la medición de una superficie de pared lateral del primer orificio, y en el que la formación de una segunda característica (305) en el segundo componente con un miembro de modificación (314) fijado también al brazo del robot, comprende la formación de un segundo orificio en el segundo componente.

30

6. Un aparato para conformar un primer componente (304) con un segundo componente (305), que comprende:

35 una herramienta de conformación (302) que comprende un robot (302), un miembro de medición (312) y un miembro de modificación (314) que se fijan a un brazo robot (310) del robot; el miembro de medición configurado para medir el primer componente; un controlador (306) configurado para registrar datos de posición del primer componente basándose en la medición del miembro de medición;

40 estando el miembro de medición configurado para rodear el miembro de modificación durante la medición del primer componente por el miembro de medición y retirándose para exponer el miembro de modificación durante la modificación del segundo componente por el miembro de modificación; y un accionador (311) configurado para situar y mover el miembro de modificación con respecto al segundo componente de tal manera que el miembro de modificación modifica el segundo componente para que se conforme al primer componente.

45 7. El aparato de la reivindicación 6, en el que el brazo robot (310) está configurado para bloquearse en posición con respecto al primer componente (304).

8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el miembro de medición (312) comprende un manguito fijado al brazo robot (310) y configurado para rodear el miembro de modificación (314) durante la medición del primer componente (304), y en el que el manguito se retira del brazo robot para exponer el miembro de modificación durante la modificación del segundo componente.

50

9. El aparato de la reivindicación 8, en el que una punta de contacto del miembro de medición (312) se coloca en una posición fija con respecto a una punta de contacto del miembro de modificación (314) cuando el miembro de medición rodea el miembro de modificación.

5 10. El aparato de la reivindicación 9, en el que la punta de contacto del miembro de medición (312) comprende una punta de contacto con forma de semiesfera.

11. El aparato de la reivindicación 10, en el que la punta de contacto con forma de semiesfera comprende un foco y en el que el foco de la punta de contacto del miembro de medición (312) se sitúa en una posición fija con respecto a una punta de contacto del miembro de modificación.

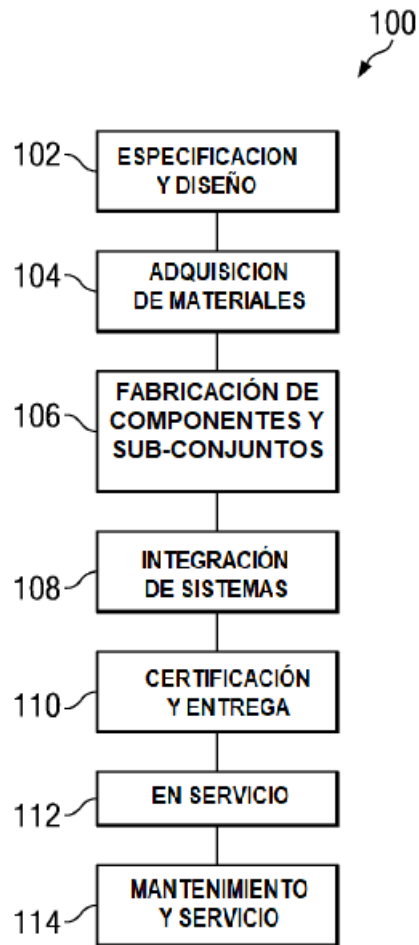


FIG. 1

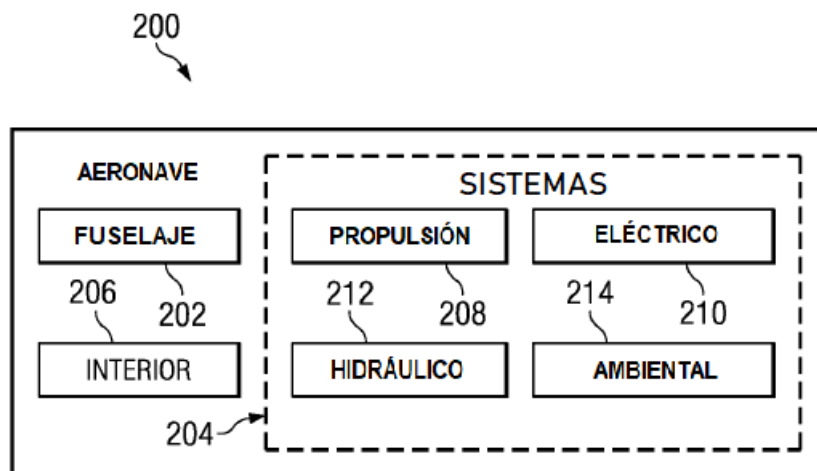


FIG. 2

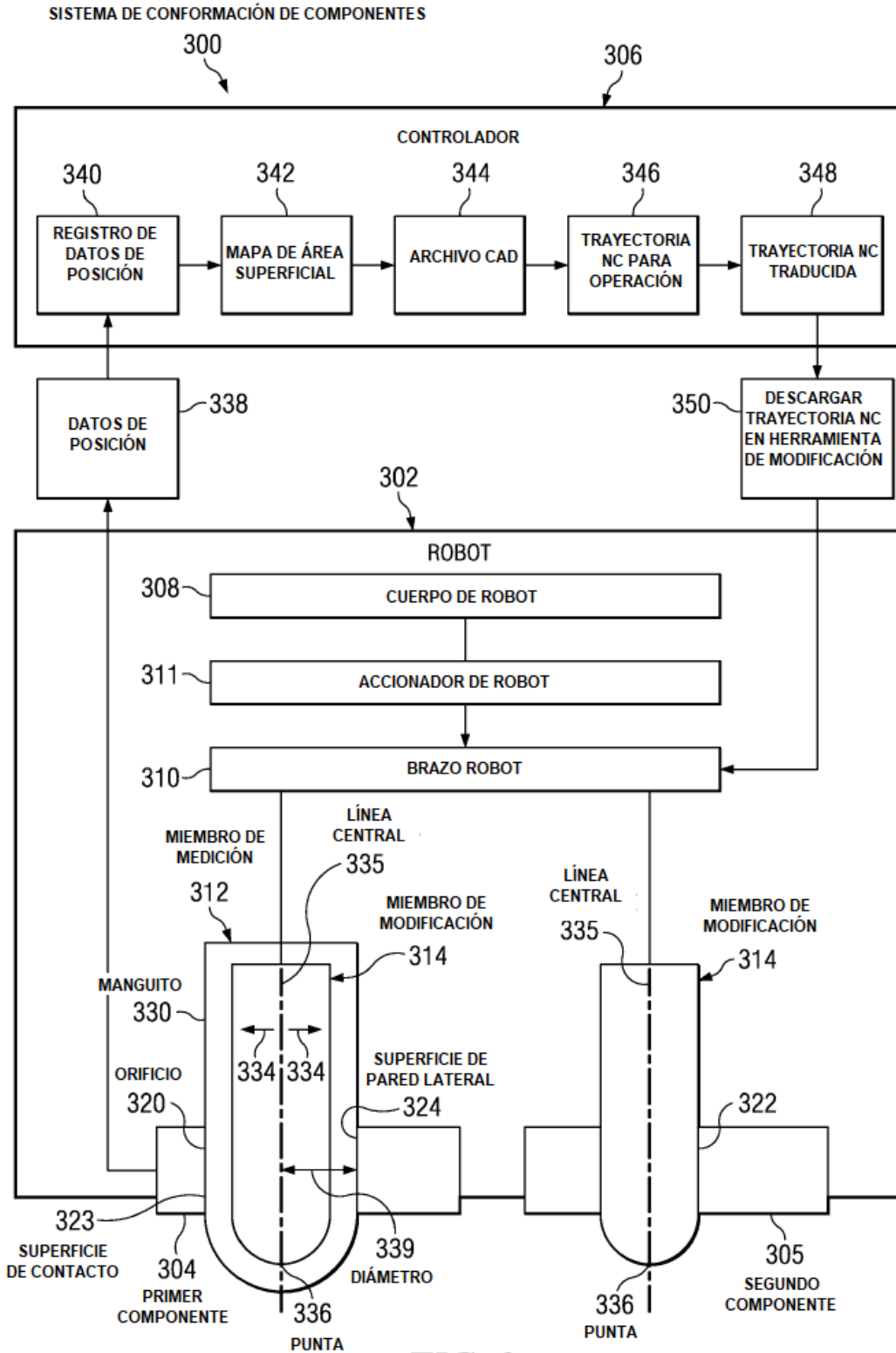


FIG. 3

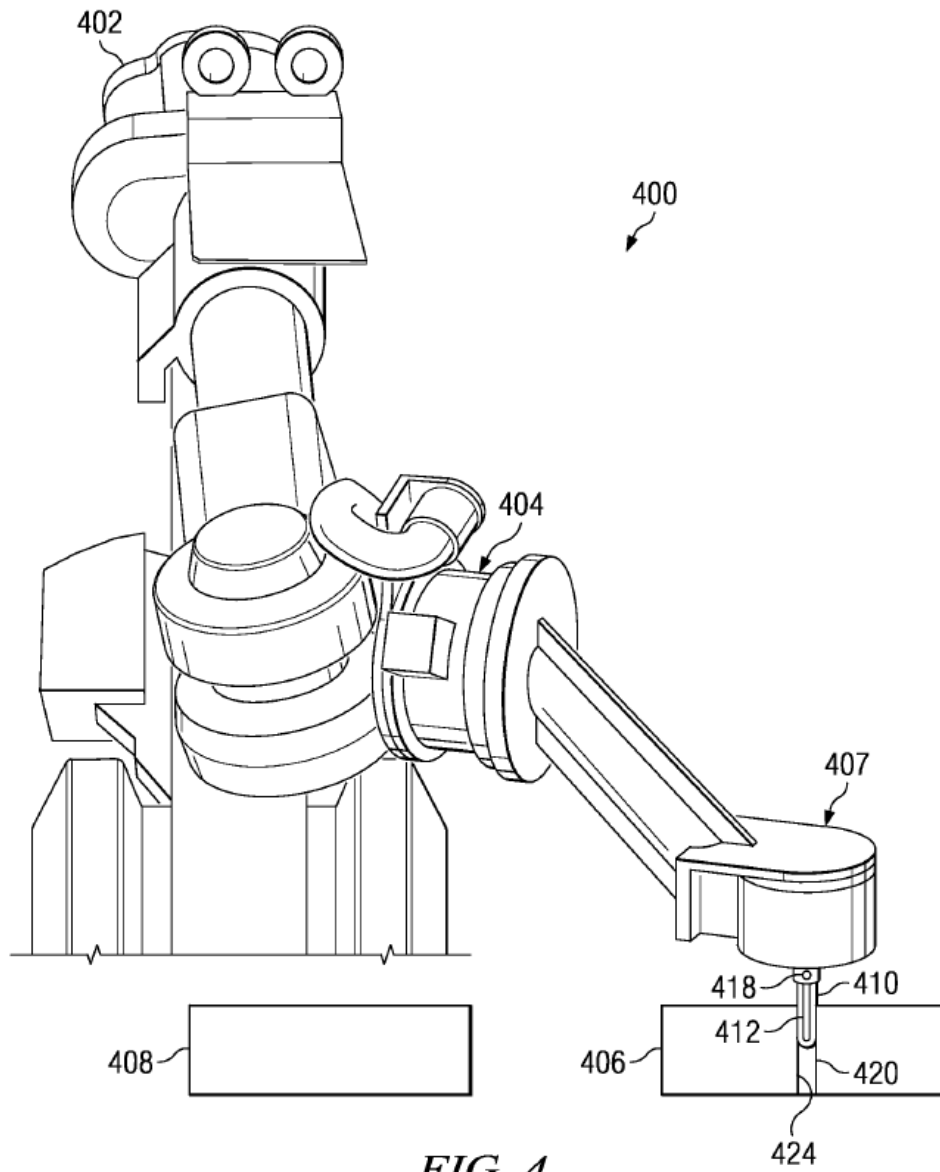
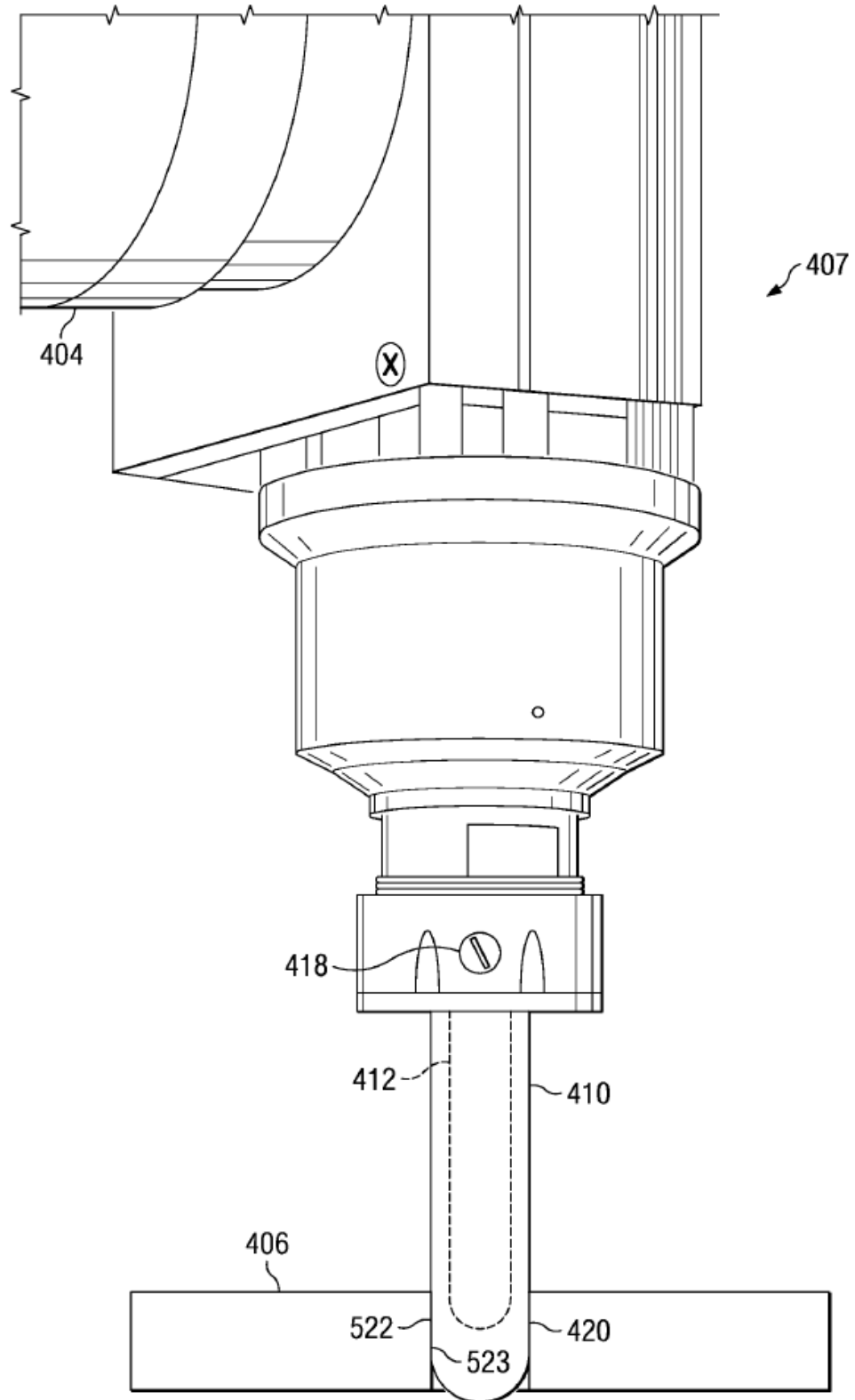
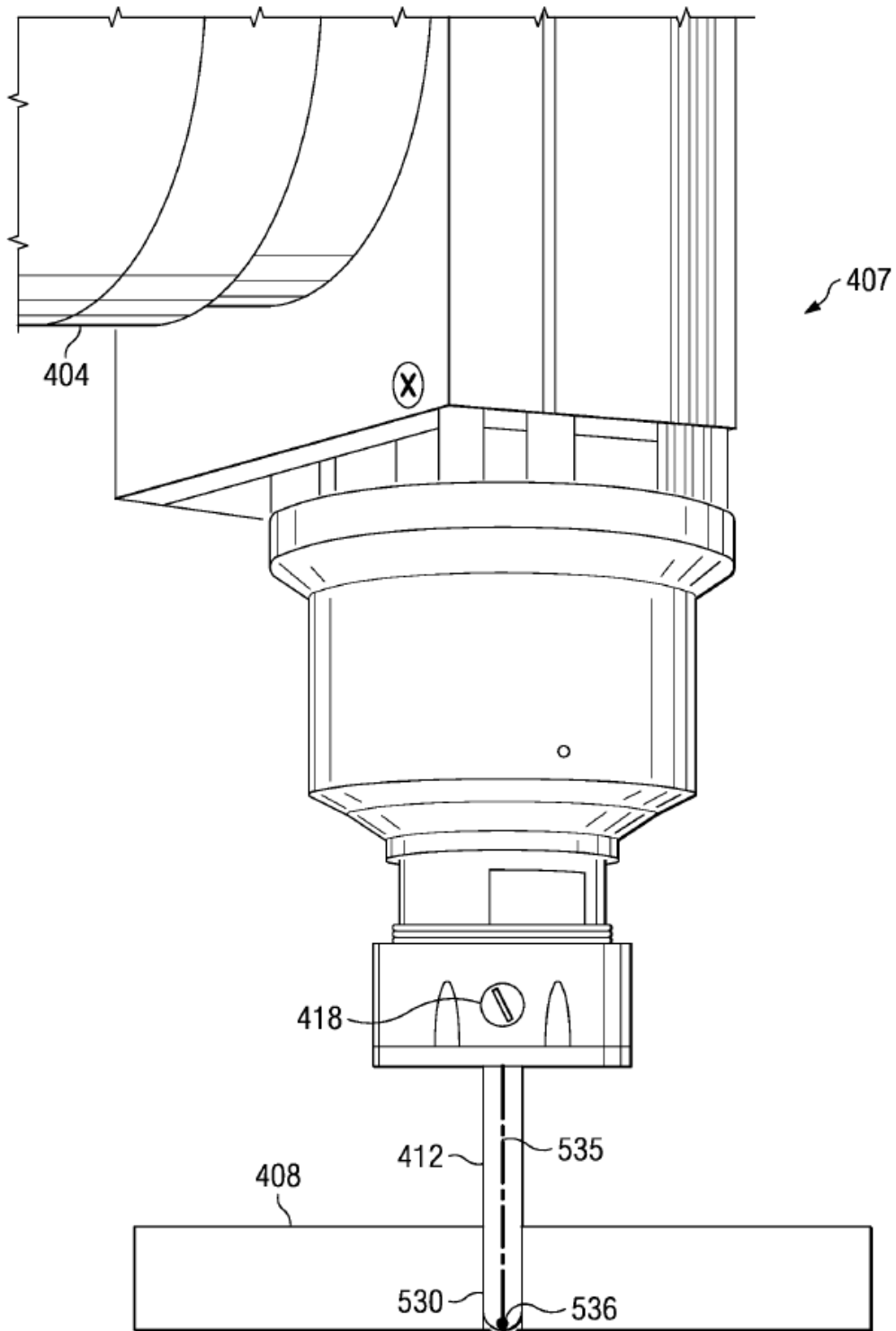


FIG. 4



*FIG. 5A*



**FIG. 5B**



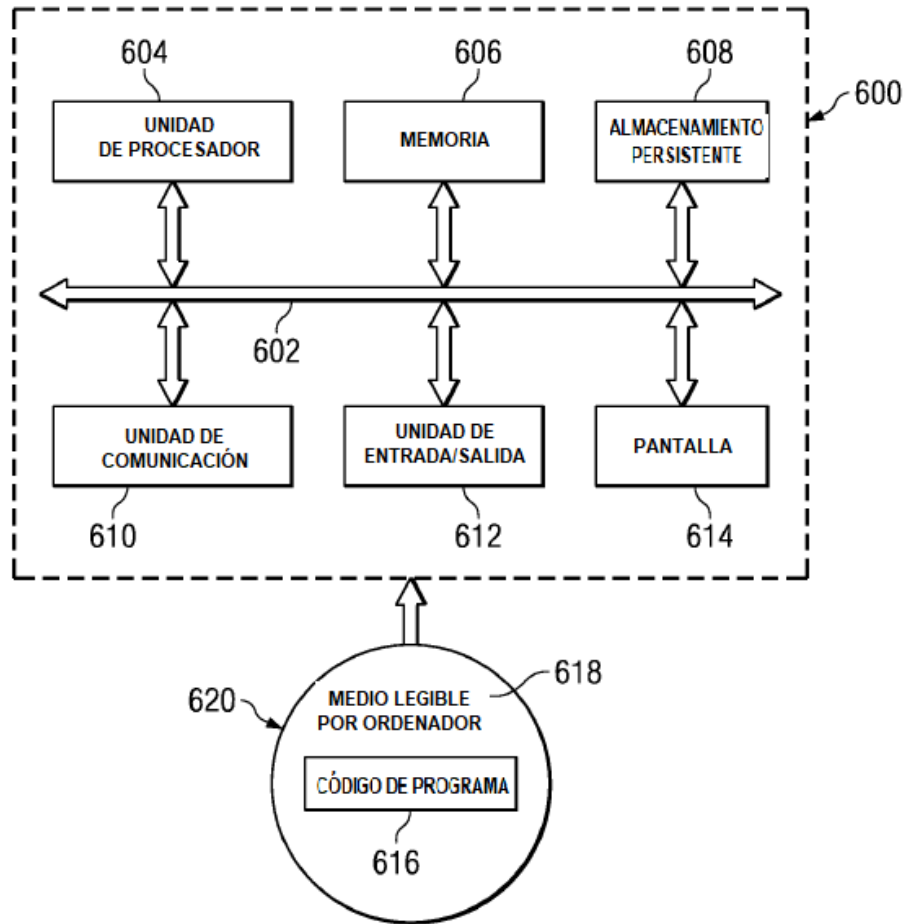


FIG. 6

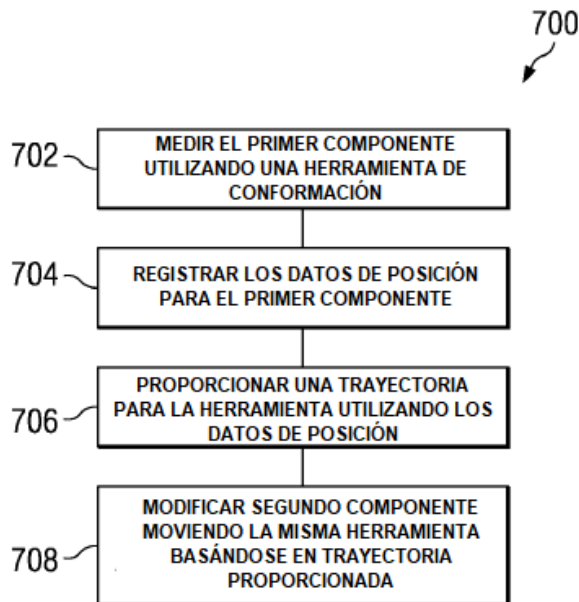


FIG. 7

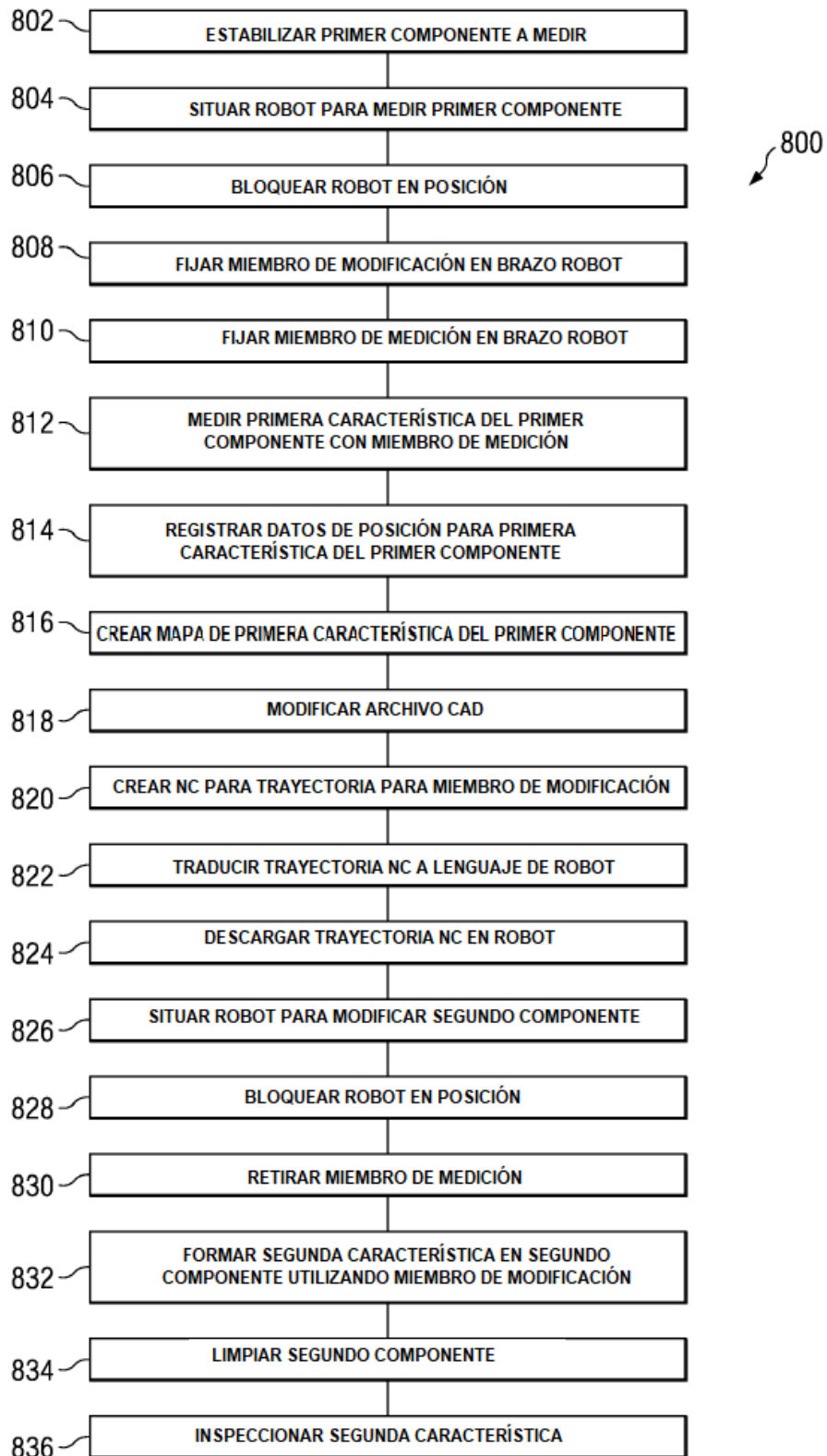


FIG. 8