

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 924**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/00** (2014.01)

**B23K 26/06** (2014.01)

**B23K 26/08** (2014.01)

**B64F 5/00** (2007.01)

**G05B 19/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2014** **E 14171272 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2018** **EP 2835210**

54 Título: **Aparato para y método de marcado de estructura precisa y localización de marcado de estructura asistida**

30 Prioridad:

**25.06.2013 US 201313925865**

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

**23.05.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SINGH, NAVRIT PAL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 668 924 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**

Aparato para y método de marcado de estructura precisa y localización de marcado de estructura asistida

Campo tecnológico

5 La presente divulgación se relaciona en general con la fabricación de un producto y, en particular, con la fabricación de un producto usando marcas aplicadas al mismo. La descripción en particular se relaciona con un sistema de marcado por láser y con un método de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 10.

Antecedentes

10 La precisión con la cual los equipos de fabricación automatizados pueden trabajar piezas depende en gran medida de la calidad de la ubicación y orientación de la información utilizada con el equipo. Por ejemplo, con información de ubicación y/u orientación deficiente de una pieza, el equipo de fabricación más avanzado solo podrá trabajar la pieza de manera marginal. Por el contrario, con información de ubicación y orientación precisa, una pieza marginal de equipo puede funcionar bien.

15 Los procesos de fabricación automatizados que requieren una cantidad moderada de precisión no requieren información de ubicación y orientación de una pieza en particular más allá de saber que la pieza se ha ubicado en un lugar estándar. Para estos procesos, la precisión del posicionamiento de piezas estándar permite que la pieza funcione con suficiente precisión. En estos procesos, por ejemplo, una pieza a trabajar puede colocarse en una ubicación estándar en o cerca de la máquina automática, por ejemplo contigua con un borde predeterminado de la pieza con un borde predeterminado de una plataforma de trabajo y la máquina puede programarse para trabajar la pieza en esa ubicación estándar. En procesos que requieren solo una precisión moderada, la ubicación estándar de la pieza y el funcionamiento de la máquina son lo suficientemente precisos para lograr los resultados deseados.

20 Los procesos de fabricación automatizados que requieren un alto nivel de precisión requieren la ubicación y/u orientación de la pieza después de que la pieza ha sido posicionada. Algunos procesos requieren maquinaria automatizada para trabajar piezas con un alto grado de precisión. Por ejemplo, se requiere una precisión muy alta cuando se utilizan patrones de agujeros intercambiables. Los patrones de agujeros intercambiables son aquellos hechos en piezas del producto que probablemente se intercambiarán durante la vida útil del producto. Por ejemplo, aunque la mayoría de las otras piezas de la aeronave pueden no requerir cambios, se puede determinar que una puerta en particular típicamente requiere reemplazo al menos una vez durante la vida de la aeronave. En este ejemplo, las características de acoplamiento de la puerta y la ubicación de montaje de la puerta de la aeronave deben encontrarse dentro de tolerancias más estrictas que las estándar.

25 Aunque las piezas de una aeronave se fabrican en general en o aproximadamente al mismo tiempo y a menudo en la misma planta, una aeronave y una pieza de repuesto para la misma se pueden fabricar a la vez en diferentes plantas y separadas. Por ejemplo, un fabricante de aeronaves puede subcontratar la fabricación de piezas de repuesto a un proveedor. Aunque pueden cancelarse diversas imprecisiones de fabricación en un proceso realizado repetidamente en el mismo lugar y tiempo entre sí o agregarse dentro de límites aceptables, una pieza hecha décadas después en una ubicación diferente es menos probable que tenga estos beneficios. Por ejemplo, es más probable que las imprecisiones de fabricación en la formación de una primera pieza tengan imprecisiones que correspondan a inexactitudes complementarias hechas en una segunda pieza en la misma máquina en el mismo día.

30 Aunque diversos procesos de localización y orientación de piezas son adecuados, en general es deseable tener un sistema y un método mejorados que tengan en cuenta al menos algunos de los problemas discutidos anteriormente, así como posiblemente otros problemas.

35 El documento de los Estados Unidos 4970600 divulga un grabador láser para grabar un patrón en una pieza de trabajo. El patrón se define en la pieza de trabajo mediante el uso de un conjunto X-Y para mover un haz láser en dos dimensiones con respecto a la pieza de trabajo.

Breve resumen

45 Las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación se dirigen en general a un sistema de marcado por láser, un equipo de trabajo y métodos relacionados para la localización de estructuras asistidas por marcado. En el maquinado convencional, se puede llevar una estructura al equipo de trabajo para trabajar la estructura. A medida que las estructuras crecen en tamaño, los equipos de trabajo en cambio se llevan con mayor frecuencia a la estructura para trabajar la estructura en una zona seleccionada o un entorno de trabajo. En un entorno de fabricación completamente automático y flexible, las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación pueden permitir que el equipo de trabajo alinee su sistema de coordenadas con el de la estructura que se va a trabajar mirando a una o más marcas aplicadas a la estructura (por ejemplo, una estructura de gran tamaño).

Un aparato de marcado por láser y un método de acuerdo con la presente invención se definen en las reivindicaciones 1 y 10, respectivamente. Las características opcionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

5 En un ejemplo, el conjunto de dirección puede incluir un galvanómetro acoplado a un espejo configurado para reflejar el haz láser. El galvanómetro y el espejo pueden girarse de manera controlable para dirigir el haz láser en una dirección particular. Y el conjunto de dirección puede incluir un codificador giratorio óptico acoplado al sistema informático y galvanómetro, y configurado para medir una posición angular del galvanómetro. A este respecto, el sistema informático puede configurarse para determinar una ubicación del haz láser en la estructura con base en la medición, y dirigir el haz láser hacia la ubicación conocida en función de la ubicación determinada.

10 En un ejemplo, el sistema de marcado por láser puede incluir además una (primera) cámara acoplada al sistema informático y configurada para capturar una imagen de al menos una porción de la estructura y que incluye uno o más objetivos en la estructura o cercanos a ella. O el sistema de marcado por láser puede incluir un escáner láser configurado para medir puntos en una superficie de la estructura a partir de la cual se puede generar un modelo 3D de la estructura. En este ejemplo, el sistema informático puede configurarse para procesar la imagen o el modelo 3D para determinar la ubicación de la estructura y localizar la ubicación conocida en la cual aplicar la marca con base en la ubicación de la estructura.

15 En un ejemplo, la ubicación conocida puede ser una ubicación deseada, y en al menos una instancia, la marca puede estar desplazada a partir de la ubicación deseada. En este ejemplo, el sistema de marcado por láser puede incluir además una (segunda) cámara acoplada al sistema informático y configurada para capturar una imagen de al menos una porción de la estructura y que incluye la ubicación y el marcado deseados. El sistema informático puede configurarse para procesar la imagen para localizar la ubicación deseada y determinar un desplazamiento de la marca a partir de la ubicación deseada.

20 En un ejemplo adicional, la (segunda) cámara puede tener un campo de visión dirigible por el conjunto de dirección, y el sistema informático puede configurarse para dirigir el funcionamiento del conjunto de dirección para dirigir el campo de visión a una o más áreas dentro de las cuales se encuentran uno o más objetivos en o cerca de la estructura. Para el (las) área(s), la (segunda) cámara puede configurarse para capturar una o más imágenes de al menos una porción de la estructura y que incluye el (los) objetivo(s). Y el sistema informático puede configurarse para procesar la(s) imagen(es) para determinar la ubicación de la estructura y localizar la ubicación conocida en la cual aplicar la marca con base en la ubicación de la estructura.

25 En un ejemplo, el sistema de marcado por láser puede incluir además una segunda fuente de láser configurada para proyectar una imagen de láser sobre la estructura en la ubicación antes de que se emita el haz de láser para aplicar la marca permanente a la estructura en la ubicación respectiva.

30 En algunos ejemplos, el sistema de marcado por láser puede incluir además uno o más sistemas de metrología acoplados al sistema informático, e incluir uno o más de un rastreador láser, un sensor de rango o un sensor de vibración. El rastreador láser puede configurarse para proyectar uno o más haces láser direccionables sobre objetivos retrorreflectantes en o cerca de la estructura en ubicaciones conocidas, y proporcionar mediciones de uno o más haces reflejados a partir de los objetivos para la determinación de la ubicación de la estructura. El sensor de rango puede configurarse para proporcionar mediciones de rango entre el sistema de marcado por láser y la estructura para calcular un punto de enfoque inicial o una distancia focal para el funcionamiento de la fuente de láser, o un ajuste dinámico de la distancia focal. El sensor de vibración puede configurarse para proporcionar mediciones de la vibración de la estructura, o el sistema de marcado por láser que incluye el sensor de vibración dispuesto sobre el mismo, para la compensación del movimiento vibratorio de la estructura o del sistema de marcado por láser.

35 En otros aspectos de las implementaciones de ejemplo, se proporcionan métodos para la aplicación de un marcado a una estructura, y la localización de la estructura o ubicaciones con base de la marca. Las características, funciones y ventajas discutidas aquí se pueden lograr independientemente en diversas implementaciones de ejemplo o se pueden combinar en aún otras implementaciones de ejemplo, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos. Comprende además: una cámara acoplada al sistema informático y configurada para capturar una imagen de al menos una porción de la estructura y que incluye la ubicación y marcado deseados, en donde el sistema informático está configurado para procesar la imagen para localizar la ubicación deseada, y determinar un desplazamiento del marcado a partir de la ubicación deseada localizada. Ventajosamente, el sistema de marcado por láser es uno en donde la cámara tiene un campo de visión dirigible por el conjunto de dirección, el sistema informático está configurado para dirigir el funcionamiento del conjunto de dirección para dirigir el campo de visión de una o más áreas dentro de las cuales se ubican uno o más objetivos en o cerca de la estructura, en donde para la una o más áreas, la cámara está configurada para capturar una o más imágenes de al menos una porción de la estructura e incluye el uno o más objetivos, y en donde el sistema informático está configurado para procesar la una o más imágenes para determinar la ubicación de la estructura y localizar la ubicación conocida en la cual aplicar la marca con base en la ubicación. Ventajosamente, el sistema de marcado por láser comprende además: una segunda fuente de láser configurada para proyectar una imagen láser en la estructura en la ubicación antes de que se emita el haz láser para aplicar la marca permanente a la estructura en la ubicación respectiva. Ventajosamente, el sistema de

5 marcado por láser comprende además: un rastreador láser configurado para proyectar uno o más haces láser direccionables sobre objetivos retrorreflectantes en o próximos a la estructura en ubicaciones conocidas, y proporcionar mediciones de uno o más haces reflejados de los objetivos para determinar la ubicación de la estructura. Ventajosamente, el sistema de marcado por láser comprende además: un sensor de rango configurado para proporcionar mediciones de rango entre el sistema de marcado por láser y la estructura para calcular un punto de enfoque inicial o longitud focal para el funcionamiento de la fuente de láser o ajuste dinámico de la distancia focal. Ventajosamente, el sistema de marcado por láser comprende además: un sensor de vibración configurado para proporcionar mediciones de vibración de la estructura, o el sistema de marcado por láser que incluye el sensor de vibración dispuesto sobre el mismo, para compensar el movimiento vibratorio de la estructura o del sistema de marcado por láser.

15 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente divulgación, existe un equipo de trabajo que comprende: una herramienta configurada para trabajar una estructura en un lugar de trabajo sobre la misma, teniendo la estructura una marca aplicada a la misma en una ubicación conocida con una relación conocida con la ubicación del trabajo, un sistema informático acoplado a la herramienta y configurado para determinar la ubicación de la estructura y ubicar la herramienta en al menos una alineación parcial con la ubicación de trabajo de acuerdo con la ubicación, la herramienta en al menos una instancia alineada con el desplazamiento de la segunda ubicación a partir del lugar de trabajo; y una cámara acoplada al sistema informático y configurada para capturar una imagen de al menos una porción de la estructura y que incluye el marcado, y además incluir la segunda ubicación con la cual está alineada la herramienta, en donde el sistema informático está configurado para procesar la imagen para localizar la ubicación de trabajo, reposicionar la herramienta a partir de la segunda ubicación y dentro de mayor alineación con la ubicación de trabajo ubicada, y controlar la herramienta reposicionada para trabajar la estructura en la ubicación de trabajo ubicada. Ventajosamente, el equipo de trabajo es uno en el donde la cámara es una segunda cámara configurada para capturar una segunda imagen, y el equipo de trabajo comprende además: una primera cámara acoplada al sistema informático y configurada para capturar una primera imagen de al menos una porción de la estructura y que incluye uno o más objetivos en o próximos a la estructura, en donde el sistema informático está configurado para procesar la primera imagen para determinar de ese modo la ubicación. Ventajosamente, el equipo de trabajo comprende además: un conjunto de efector de extremo móvil acoplado al sistema informático, que incluye un efector de extremo y la herramienta, en donde la cámara está asegurada al conjunto de efector de extremo y en donde el sistema informático que está configurado para colocar la herramienta incluye estar configurado para ubicar el conjunto de efector de extremo y, por lo tanto, la herramienta, estando la cámara también posicionada de tal modo que un campo de visión de la cámara abarca el marcado. Ventajosamente, el equipo de trabajo es uno en donde la cámara tiene un campo de visión dividido en una diversidad de zonas concéntricas de tamaño creciente sobre la segunda ubicación con la que se alinea la herramienta, las zonas incluyen una primera zona que define una compensación aceptable y una segunda zona mayor ubicada fuera de la primera zona que define una compensación inaceptable, y en la cual el sistema informático está configurado para controlar la herramienta para trabajar la estructura sin reposicionamiento en una instancia en la cual la ubicación de trabajo localizada se encuentra dentro de la primera zona o reposicionarla antes controlar la herramienta para trabajar la estructura en una instancia en la cual la ubicación de trabajo ubicada se encuentra dentro de la segunda zona.

40 De acuerdo con otro aspecto más de la presente divulgación, existe un método que comprende: dirigir el funcionamiento de una fuente de láser para emitir un haz láser sobre una estructura a trabajar, emitir el haz láser con uno o más parámetros controlables para aplicar una marca permanente a la estructura, y dirigir la operación de un conjunto de dirección para dirigir el haz láser a una ubicación conocida en la estructura en la cual se aplica la marca, teniendo la ubicación respectiva una relación conocida con un lugar de trabajo en el cual se trabaja la estructura. Ventajosamente, el método es uno en donde la operación de dirección del conjunto de dirección comprende: girar de forma controlada un galvanómetro acoplado a un espejo configurado para reflejar el haz láser, el galvanómetro y el espejo giran de manera controlable para dirigir el haz láser en una dirección particular; medir una posición angular del galvanómetro mediante un codificador giratorio óptico acoplado al galvanómetro; y determinar una ubicación del haz láser en la estructura con base en la medición, y dirigir el haz láser hacia la ubicación conocida con base en la ubicación determinada. Ventajosamente, el método comprende además: capturar una imagen de al menos una porción de la estructura e incluir uno o más objetivos en o próximos a la estructura, o puntos de medición en una superficie de la estructura a partir de la cual se puede generar un modelo 3D de la estructura; y procesar la imagen o el modelo 3D para determinar la ubicación de la estructura y localizar la ubicación conocida en la cual se aplica el marcado en función de la ubicación. Ventajosamente, el método es uno en donde la ubicación conocida es una ubicación deseada, y en al menos un ejemplo el marcado está desplazado de la ubicación deseada, y en donde el método comprende además: capturar una imagen de al menos una porción de la estructura e incluir la ubicación y el marcado deseados; y procesar la imagen para localizar la ubicación deseada y determinar un desplazamiento del marcado a partir de la ubicación deseada localizada. Ventajosamente, el método es uno en donde la imagen es capturada por una cámara que tiene un campo de visión dirigible por el conjunto de dirección, y el método comprende además: dirigir el funcionamiento del conjunto de dirección para dirigir el campo de visión a una o más áreas dentro de las cuales uno o más objetivos se encuentran en la estructura o próximos a ella; capturar una o más áreas, una o más imágenes de al menos una porción de la estructura e incluir uno o más objetivos; y procesar una o más imágenes para determinar la ubicación de la estructura y localizar la ubicación conocida en la cual se aplica el marcado con base en la ubicación. Ventajosamente, el método comprende además: proyectar una imagen de láser sobre la estructura en el lugar antes

de que se emita el haz láser para aplicar el marcado permanente a la estructura en la ubicación respectiva. Ventajosamente, el método comprende además: proyectar uno o más haces láser dirigibles sobre objetivos retrorreflectantes en o próximos a la estructura en ubicaciones conocidas, y proporcionar mediciones de uno o más haces reflejados a partir de los objetivos para la determinación de la colocación de la estructura. Ventajosamente, el método es uno en donde la fuente de láser y el conjunto de dirección son componentes de un sistema de marcado por láser, y en donde el método comprende además: proporcionar mediciones de rango entre el sistema de marcado por láser y la estructura para calcular un punto de enfoque inicial o distancia focal para operación de la fuente de láser, o el ajuste dinámico de la distancia focal. Ventajosamente, el método es uno en donde la fuente de láser y el conjunto de dirección son componentes de un sistema de marcado por láser, y en donde el método comprende además: proporcionar mediante un sensor de vibración mediciones de vibración de la estructura o el sistema de marcado por láser que incluye el sensor de vibración dispuesto sobre el mismo, para la compensación del movimiento vibratorio de la estructura o del sistema de marcado por láser.

De acuerdo con aún un aspecto adicional más de la presente divulgación, existe un método para determinar la colocación de una estructura que tiene una marca aplicada a la misma en una ubicación conocida con una relación conocida con una ubicación de trabajo sobre la misma; posicionar una herramienta en al menos parcial.

#### Breve descripción de los dibujos

Habiendo descrito de este modo ejemplos de implementaciones de la divulgación en términos generales, ahora se hará referencia a los dibujos adjuntos, los cuales no están necesariamente dibujados a escala, y en donde:

Las Figuras 1 y 2 ilustran un sistema de acuerdo con las respectivas implementaciones de ejemplo de la presente divulgación;

Las Figuras 3-6 ilustran las disposiciones respectivas de un sistema de marcado de estructura con respecto a una estructura de acuerdo con diversas implementaciones de ejemplo;

La Figura 7 ilustra un sistema de marcado por láser de acuerdo con una implementación de ejemplo;

La Figura 8 ilustra un codificador giratorio de acuerdo con una implementación de ejemplo;

La Figura 9 ilustra el equipo de trabajo de acuerdo con una implementación de ejemplo;

La Figura 10 ilustra un campo de visión de una cámara de acuerdo con una implementación de ejemplo;

Las Figuras 11-16 ilustran sistemas de marcado por láser de acuerdo con otras implementaciones de ejemplo respectivas;

La Figura 17 ilustra un aparato que puede configurarse para funcionar como o implementar de otro modo uno o sistemas, equipos de trabajo o componentes del mismo, de acuerdo con diversas implementaciones de ejemplo;

Las Figuras 18 y 19 son diagramas de flujo que ilustran diversas etapas en métodos de acuerdo con diversas implementaciones de ejemplo;

La Figura 20 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio de acuerdo con una implementación de ejemplo; y

La Figura 21 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave de acuerdo con una implementación de ejemplo.

#### Descripción detallada

Algunas implementaciones de la presente divulgación se describirán ahora más completas a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas, pero no todas las implementaciones de la divulgación. De hecho, pueden incorporarse diversas implementaciones de la divulgación en diversas formas diferentes y no deben interpretarse como limitadas a las implementaciones establecidas aquí; más bien, estas implementaciones de ejemplo se proporcionan de modo que esta divulgación será minuciosa y completa, y transmitirá completamente el alcance de la divulgación a los expertos en la técnica. Los números de referencia similares se relacionan con elementos similares en todo.

La Figura 1 ilustra un sistema 100 de acuerdo con una implementación de ejemplo de la presente divulgación. Como se muestra, el sistema 100 puede incluir un sistema 102 de marcado de estructura y un equipo 104 de trabajo que

operan en una o más estructuras 106 (por ejemplo, piezas de aeronaves) en uno o más espacios de trabajo, tales como un espacio 108 de trabajo de fabricación o manufactura. En algunos ejemplos, el sistema 102 de marcado de estructura y el equipo 104 de trabajo se pueden empaquetar por separado; o en otros ejemplos, el sistema 102 de marcado de estructura y el equipo 104 de trabajo pueden ubicarse conjuntamente dentro de un paquete integrado.

5 El sistema 102 de marcado de estructura puede configurarse en general para aplicar una o más marcas 110 permanentes tales como marcas de medición lineal (por ejemplo, similar a una regla), marcas de referencia o similares para localizar y/u orientar con precisión la estructura, con la(s) señalización(es) aplicada(s) a la estructura 106 en la respectiva una o más ubicaciones 112 conocidas. En aras de la simplicidad, la Figura 1 ilustra la aplicación de una marca 110 en una ubicación 112 respectiva, aunque se pueden aplicar más marcas. Además, la marca 110 puede tener cualquiera de una serie de geometrías diferentes, tales como un círculo, un polígono (por ejemplo, triángulo, rectángulo, cuadrado, estrella) y similares. De acuerdo con la presente invención, el sistema 102 de marcado de estructura está configurado para determinar la ubicación 112 en la estructura 106 en la cual aplicar la marca 110 con base en un archivo 114 que incluye información que define la estructura 106 y especifica la ubicación 112. Aunque el denominado "archivo", debe entenderse que este y cualquier otro archivo de este documento pueden formatearse de cualquiera de una serie de maneras diferentes, tal como en uno o más archivos electrónicos, una o más bases de datos o similares.

El equipo 104 de trabajo está configurado en general para trabajar la estructura 106, y puede incluir una o más herramientas 116 para trabajar la estructura 106 en una o más ubicaciones 118 de trabajo sobre la misma (una se muestra, por ejemplo). La estructura 106 puede tener la marca 110 aplicada sobre la misma en una ubicación 112 conocida con una relación conocida con la ubicación 118 de trabajo. En algunos ejemplos, la ubicación 118 de trabajo puede ser coincidente con o determinable a partir de la ubicación 112 marcada. El equipo 104 de trabajo puede incluir un sistema 120 informático configurado para determinar la ubicación y la orientación de la estructura 106 para determinar su ubicación (definida por su ubicación y orientación). El sistema 120 informático puede entonces configurarse para colocar la herramienta 116 en alineación al menos parcial con la ubicación 118 de trabajo de acuerdo con la colocación de la estructura. Sin embargo, en algunos casos, la herramienta 116 posicionada todavía puede estar al menos ligeramente desalineada con la ubicación 118 de trabajo. Es decir, la herramienta 116 puede estar alineada con otra (segunda) ubicación 122 desplazada de la ubicación 118 de trabajo.

De acuerdo con las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación, el equipo 104 de trabajo puede incluir una cámara 124 (por ejemplo, una cámara digital, una cámara láser, una cámara infrarroja, una cámara térmica, una cámara con reconocimiento de profundidad o rango, una cámara estéreo) configurada para capturar una imagen de al menos una porción de la estructura 106 y que incluye la marca 110. El sistema 120 informático puede configurarse para dirigir la cámara 124 para capturar la imagen, que en algunos ejemplos también puede incluir la otra ubicación 122 con la cual la herramienta 116 está alineada. El sistema 120 informático puede procesar la imagen para localizar más precisamente la ubicación 118 de trabajo en la estructura 106. El sistema 120 informático puede reposicionar la herramienta 116 a partir de la otra ubicación 122 y en una mayor alineación con la ubicación 118 de trabajo localizada. El sistema 120 informático luego puede controlar la herramienta 116 reposicionada para trabajar la estructura 106 en la ubicación 118 respectiva.

El equipo 104 de trabajo puede configurarse para trabajar la estructura 106 de cualquiera de una serie de maneras diferentes, con cada instancia de trabajo para la estructura que en general incluye una o más operaciones de fabricación o manufactura. En algunos ejemplos, el equipo 104 de trabajo puede incluir una herramienta 116 apropiada para perforar un agujero en la ubicación 118 de trabajo, instalar un sujetador en un agujero en la ubicación 118 respectiva, y similares. En otro ejemplo, el equipo 104 de trabajo puede incluir una herramienta 116 apropiada para cortar a través de la estructura 106 a lo largo de una línea que incluye la ubicación 118 de trabajo. En aún otro ejemplo, el equipo 104 de trabajo puede incluir una herramienta 116 apropiada para sacar una porción de la estructura 106 que incluye la ubicación 118 de trabajo.

Como se muestra en la Figura 1, el sistema 102 de marcado de estructura y el equipo 104 de trabajo pueden operar en la estructura 106 en un espacio 108 de trabajo común. La Figura 2 ilustra otro ejemplo, sin embargo, en el cual cada uno del sistema 102 de marcado de estructura y de trabajo 104 puede operar en la estructura 106 en un espacio 108 de trabajo respectivo. Como se muestra en la Figura 2, en este otro ejemplo, el sistema 102 de marcado de estructura puede configurarse para aplicar la marca 110 a la estructura 106 en un primer espacio 200 de trabajo (por ejemplo, espacio de trabajo de fabricación). La estructura 106 puede después transportarse y ubicarse en un segundo espacio 202 de trabajo donde el equipo 104 de trabajo puede configurarse para posicionar su herramienta 116 y trabajar la estructura 106.

El sistema 102 de marcado de estructura y la estructura 106 pueden disponerse en cualquiera de una serie de maneras diferentes para llevar a cabo la aplicación de marcado. Como se muestra en la Figura 3, por ejemplo, el sistema 102 de marcado de estructura puede estar equipado en una máquina de herramienta 300 configurada para maquinarse la estructura 106 a partir del material 302 en bruto. Los ejemplos de máquinas de herramienta 300 adecuadas incluyen fresadoras, tornos, prensas de perforación y similares. En otro ejemplo, como se muestra en la Figura 4, un robot puede incluir un brazo 400 móvil con un efector 402 de extremo (por ejemplo, efector de extremo desmontable) sobre

el cual el sistema 102 de marcado de estructura puede estar equipado y moverse con respecto a una estructura 106 maquinada. La Figura 5 ilustra otro ejemplo en el cual el sistema 102 de marcado de estructura puede estar equipado en un sistema 500 de sobrecabeza estacionario debajo del cual la estructura 106 se puede mover o de otro modo transportar por un soporte 502 móvil. Por el contrario, la Figura 6 ilustra un ejemplo en el cual el sistema 102 de marcado de estructura puede equiparse en un sistema 600 de sobrecabeza móvil que puede configurarse para moverse sobre la estructura 106, la cual puede ser estacionaria o de otro modo transportada por un soporte estacionario 602.

El sistema 102 de marcado de estructura puede configurarse para aplicar una marca 110 en una ubicación 112 en la estructura 106 de acuerdo con cualquiera de diversos procesos diferentes. Los ejemplos de procesos adecuados incluyen marcado por láser, grabado químico, fotograbado, impresión por chorro de tinta, estampado mecánico, placas de identificación, fundición/moldeo, marcador neumático o marcador de puntos, lápiz vibratorio, marcado con máscara de láser de CO<sub>2</sub> y similares. La Figura 7 ilustra un sistema 700 de marcado por láser de acuerdo con una implementación de ejemplo, y que puede ser un ejemplo del sistema 102 de marcado de estructura del sistema 100 de la Figura 1. Como se muestra, el sistema 700 de marcado por láser incluye una fuente 702 de láser configurada para emitir un haz 704 de láser a través de un conjunto 706 de lente (por ejemplo, lente de objetivo) y sobre una estructura 708 (por ejemplo, estructura 106).

El sistema de marcado por láser puede incluir un conjunto 710 de dirección configurado para dirigir el haz 704 de láser sobre la estructura 708. Como se muestra, por ejemplo, el conjunto 710 de dirección puede incluir un primer y segundo galvanómetros 712, 714 acoplados a los primeros y segundos espejos 716, 718, tal como por el primer y segundo ejes 720, 722 de galvanómetro respectivos de los galvanómetros 712, 714. El conjunto de dirección 710 que se ilustra puede ser capaz de dirigir el haz 704 de láser en múltiples direcciones (por ejemplo, cartesiano x, y) dentro de una envolvente 724. En otros ejemplos, el conjunto 710 de dirección puede incluir solo el primer galvanómetro 712 y el espejo 716, o el segundo galvanómetro 714 y el espejo 718, para dirigir el haz 704 de láser en la dirección x o y. Y en algunos ejemplos, el conjunto 706 de lente puede incluir un módulo de enfoque dinámico (DFM) para habilitar adicionalmente la dirección del haz 704 de láser en la dirección z.

La fuente 702 de láser se puede acoplar a un controlador 726 láser configurado para gestionar su funcionamiento. Asimismo, el conjunto 710 de dirección puede incluir uno o más controladores 728 de galvanómetro acoplados a los galvanómetros 712, 714 y configurados para gestionar su funcionamiento, por separado o en conjunto. Como se muestra, el sistema 700 de marcado por láser también puede incluir un sistema 730 informático acoplado a los controladores 726, 728. El sistema 730 informático puede configurarse para dirigir el funcionamiento de la fuente 702 de láser y los galvanómetros 712, 714 para dirigir el haz 704 de láser de la fuente 702 de láser. En algunos ejemplos, el sistema 700 de marcado por láser que incluye cada uno de sus componentes puede disponerse en conjunto con respecto a la estructura 708 (por ejemplo, las Figuras 3-6). En otros ejemplos, el sistema 730 informático puede disponerse por separado de los otros componentes, y puede estar configurado para comunicarse con los otros componentes por cable o de forma inalámbrica.

En funcionamiento, el sistema 730 informático puede transmitir una señal de control al controlador 726 láser, que puede recibir la señal de control y hacer que la fuente 702 de láser emita el haz 704 de láser con uno o más parámetros controlables tales como potencia, longitud de onda y similares. El haz 704 de láser puede dirigirse a través del conjunto 706 de lente y sobre el primer espejo 716, reflejarse sobre el segundo espejo 718 e incidir sobre la estructura 708. El sistema 730 informático puede transmitir una o más señales de control adicionales al controlador 728 de galvanómetro. El controlador 728 de galvanómetro puede recibir las señales de control adicionales y posicionar de forma controlada los galvanómetros 712, 714 los cuales pueden, a su vez, posicionar de forma controlable espejos 716, 718 respectivos para dirigir el haz 704 de láser. En un ejemplo, cada galvanómetro 712, 714 puede ser controlado para girar a cualquier posición dentro de un rango de aproximadamente 40°. El haz 704 de láser puede dejar de ese modo el segundo espejo 718 en una dirección de vector controlada sobre un rango deseado de ángulos en las direcciones x y y.

Para permitir que el sistema 700 de marcado por láser dirija el haz 704 de láser con mayor precisión, el primer y segundo galvanómetros 712, 714 pueden acoplarse a los respectivos primer y segundo codificadores 732, 734 de retroalimentación posicional, tales como codificadores rotativos ópticos absolutos (transmisivos o reflectantes). Los codificadores 732, 734 pueden acoplarse a uno o más controladores 736 de codificador configurados para gestionar su funcionamiento, por separado o en conjunto. Los codificadores 732, 734 de retroalimentación posicional pueden configurarse para medir la posición angular de los galvanómetros 712, 714, o más específicamente sus respectivos ejes 720, 722, y transmitir las mediciones de posición angular al sistema 730 informático a través del controlador 736 codificador. El sistema 730 informático puede a su vez configurarse para determinar la ubicación del haz 704 de (por ejemplo, coordenadas cartesianas x, y) en la estructura 708 con base en las mediciones de posición angular, y puede dirigir el haz 704 de láser a la ubicación 112 conocida con base en la ubicación determinada. En algunos ejemplos, el sistema 700 de marcado por láser puede incluir otros elementos ópticos (por ejemplo, periscopios, prismas, etcétera) que pueden facilitar dirigir el haz 704 de láser sobre la estructura 704, lo cual puede permitir tanto la línea de visión como el posicionamiento fuera de vista del haz 704 de láser.

- La Figura 8 ilustra un codificador 800 rotativo óptico transmisivo de acuerdo con una implementación de ejemplo, y el cual puede ser un ejemplo de un codificador 732, 734 de retroalimentación posicional del sistema 700 de marcado por láser de la Figura 7. Como se muestra, el codificador 800 giratorio incluye una placa 802 codificadora giratoria, transparente y circular (a veces denominada como disco) que tiene uno o más patrones 804 de código dispuestos alrededor de su periferia. El codificador 800 giratorio también incluye una fuente 806 de luz (por ejemplo, un diodo emisor de luz) y un fotodetector 808 alineados entre sí en respectivos lados 810a, 810b opuestos de la placa 802 codificadora, que permanecen estacionarios en relación con la rotación de la placa 802 codificadora. La fuente 806 de luz puede configurarse para emitir un haz 810 de luz sobre la placa 802 codificadora directamente o, como se muestra, a través de un conjunto 812 de condensador. El haz 810 de luz puede incidir sobre una parte del patrón 804 de código alineado con la fuente 806 de luz, y una cantidad de la luz 810 puede pasar a través del patrón 804 de código, y a su vez la placa 802 codificadora transparente, con base en la densidad del patrón. La cantidad de luz 810 que pasa a través de la placa 802 codificadora puede ser detectada por el fotodetector 808 directamente o, como se muestra, a través de una máscara 814 estacionaria. Y el fotodetector 808 puede configurarse para producir una señal eléctrica indicativa de la magnitud de la cantidad de luz que pasa a través de la placa 802 codificadora.
- Como también se muestra, la placa 802 codificadora puede estar montada en un eje 816 giratorio, que a su vez puede estar montado en un eje 818 del galvanómetro (por ejemplo, eje 720, 722). Esto puede de ese modo proporcionar la rotación de la placa 802 codificadora en concierto con la rotación del eje 818 del galvanómetro y su espejo (por ejemplo, el espejo 716, 718) acoplado al mismo. Cuando el espejo cambia de posición, la placa 802 codificadora puede girar, aumentando o disminuyendo de este modo la intensidad del haz de luz detectado por el fotodetector 808. El patrón 804 codificado puede diseñarse para indicar una posición absoluta de la placa 802 codificadora, y los ejes 816 y 818 se pueden acoplar entre sí con su respectiva placa 802 codificadora y el espejo en una posición conocida entre sí. La intensidad del haz 814 de luz detectado puede proporcionar de ese modo una indicación de la posición de la placa 804 codificadora, que a su vez puede proporcionar una indicación de la posición del espejo acoplado al eje 818 del galvanómetro.
- Volviendo a la Figura 7, la fuente 702 de láser puede incluir cualquiera de diversos tipos diferentes de láseres capaces de producir un haz 704 de láser, el cual a su vez es capaz de producir una marca 738 (por ejemplo, marca 110) en la ubicación 740 (por ejemplo, la ubicación 112) en la estructura 708. Los ejemplos de tipos adecuados de láseres incluyen láseres de gas (por ejemplo, láseres de CO, láseres de CO<sub>2</sub>, láseres de excímeros), láseres de estado sólido (por ejemplo, láseres de Nd: YAG), láseres semiconductivos, láseres de fibra y similares. El sistema 700 de marcado por láser puede configurarse para marcar la estructura 708 de acuerdo con cualquiera de una serie de diferentes procesos de marcado por láser, los cuales pueden variarse controlando los parámetros (por ejemplo, potencia, longitud de onda) del haz 704 de láser a partir de la fuente. 702 de láser. En algunos ejemplos, los procesos de marcado por láser adecuados pueden depender del material del cual está formada la estructura 708. Algunos ejemplos de materiales adecuados incluyen metales (por ejemplo, acero inoxidable, aluminio, oro, plata, titanio, bronce, platino, cobre), plásticos (por ejemplo, ABS, policarbonato, poliamida, PMMA, plásticos con aditivos láser), metales recubiertos, plásticos recubiertos, pinturas, madera, vidrio, compuestos de fibras, láminas, películas, envases, laminados y similares.
- Los ejemplos de procesos de marcado por láser adecuados incluyen el grabado con láser, la eliminación, la tinción, el recocido y la formación de espuma. El grabado con láser en general implica usar el haz 704 de láser para fundir y evaporar la superficie de la estructura 708 para producir una impresión en la superficie. La eliminación en general implica usar el haz 704 de láser para eliminar una o más capas superiores aplicadas a la superficie de la estructura 708, lo cual puede producir un contraste en los casos en los cuales la capa superior y la estructura 708 tienen diferentes colores. La tinción en general implica que el haz 704 de láser genera un efecto de calor que provoca una reacción química sobre la superficie de la estructura 708, la cual puede dar como resultado la decoloración de la superficie. De acuerdo con diversos procesos de tinción, la energía del haz se puede ajustar para cambiar las propiedades de superficie de la capa de revestimiento, aunque la energía reflejada también se puede usar para este fin.
- En un proceso de recocido, el efecto de calor del haz 704 de láser puede provocar la oxidación por debajo de la superficie de la estructura 708, lo cual puede dar como resultado la decoloración de la superficie. El proceso de formación de espuma en general usa el haz 704 de láser para fundir la estructura 708 para producir burbujas de gas en su superficie. Las burbujas de gas pueden reflejar difusamente la luz para producir un área de color más claro que otras áreas de la superficie.
- El sistema 730 informático puede configurarse para controlar los parámetros del haz 704 de láser a partir de la fuente 702 de láser para aplicar la(s) marca(s) 738 en la estructura 708 de acuerdo con un proceso de marcado deseado. El sistema 730 informático también puede configurarse para controlar los galvanómetros 712, 714 de acuerdo con un patrón de exploración que puede definir la(s) ubicación(es) 740 en la estructura 708 en la cual aplicar la(s) marca(s) 738. El sistema 730 informático puede ser de operado forma manual o automática para controlar los galvanómetros 712, 713 y, por lo tanto, aplicar la(s) marca(s) 738.

En un ejemplo, el sistema 730 informático puede acoplarse o configurarse para implementar una estación 742 de ingeniería, la cual puede estar dispuesta junto a, o separada de, y en comunicación con, (por cable o de manera

inalámbrica) el sistema 700 de marcado por láser. La estación 742 de ingeniería puede configurarse para ejecutar software apropiado tal como Unigraphics, CATIA u otra aplicación de tipo CAD/CAM para permitir a un usuario (por ejemplo, un ingeniero de diseño) crear un archivo 744 maestro de diseño con respecto a la estructura 708, este archivo está de acuerdo con la presente invención. El archivo 744 maestro de diseño puede especificar información del borde de la estructura que se relaciona con la geometría de la estructura (por ejemplo, puntos, ángulos, líneas) que definen la estructura 708. En un ejemplo, la información del borde de la estructura puede incluir para cada borde de la estructura 708, una serie de objetos puntuales conectables en un gráfico para formar una imagen del borde.

El archivo 744 maestro de diseño también puede incluir información del punto de calibración a partir del cual se puede determinar la colocación de la estructura 708 para permitir la alineación precisa del haz 704 de láser con la ubicación 740 a la cual se aplica la marca 738. Como se explica a continuación, esta información también puede permitir la alineación de una herramienta (por ejemplo, la herramienta 116) para trabajar la estructura 708. En un ejemplo, la información del punto de calibración puede proporcionar las ubicaciones conocidas de múltiples objetivos sobre o próximos a la estructura 708. En diversos ejemplos, estos objetivos pueden incluir esquinas, bordes u otras características de la estructura 708, las cuales pueden ser distintas de la marca 738.

El archivo 744 maestro de diseño especifica, de acuerdo con la presente invención, información de ubicación para marcar y trabajar la estructura 708. La información de ubicación identifica una o más ubicaciones 740 en las cuales marcar la estructura 708. La información de ubicación identifica una o más ubicaciones 746 de trabajo para trabajar la estructura, tal como una ubicación para perforar un agujero, instalar un sujetador, cortar, enrutar y similares. En un ejemplo, la información de ubicación puede proporcionarse por coordenadas absolutas (por ejemplo, cartesianas x, y, z), o coordenadas o distancias con respecto a una o más esquinas, bordes u otras características de la estructura 708 a marcar y trabajar. Como se explicó anteriormente, la ubicación 746 de trabajo puede ser coincidente con o de lo contrario determinable con la marca 738 en su ubicación 740 conocida. De este modo, en un ejemplo, la ubicación 746 de trabajo puede proporcionarse por coordenadas o distancias con respecto a una o más marcas 738.

Independientemente del contenido exacto del archivo 744 maestro de diseño, la estación 742 de ingeniería, el sistema 730 informático u otra instalación acoplada a una o a la estación 742 de ingeniería o el sistema 730 informático pueden procesar y/o reformatear el archivo 744 maestro de diseño para producir uno o más archivos 748 de salida de marcado por láser (por ejemplo, el archivo 114). El archivo 748 de salida de marcado por láser puede incluir información del borde de estructura, información del punto de calibración e información de ubicación para marcar la estructura 708, en un formato que entienda el sistema 730 informático. En un ejemplo, el archivo 748 de salida de marcado por láser también puede incluir parámetros del haz 704 de láser para llevar a cabo el proceso de marcado deseado. En otros ejemplos, el sistema 730 informático puede recibir los parámetros por separado, o la fuente 702 de láser puede configurarse más directamente para producir el haz 704 de láser con los parámetros.

En algunos ejemplos, el archivo 748 de salida de marcado por láser puede transferirse a partir de la estación 742 de ingeniería u otra instalación al sistema 730 informático (descargado o cargado). En otros ejemplos, el archivo 744 maestro de diseño puede transferirse a partir de la estación 742 de ingeniería al sistema 730 informático (descargado o cargado), con el propio sistema 730 informático produciendo el archivo 748 de salida de marcado por láser (o haciendo que la otra instalación produzca el archivo 748 de salida de marcado por láser). Una vez que el sistema 730 informático ha recibido (o producido) el archivo 214 de salida de marcado por láser, el sistema 730 informático puede usar el archivo 742 de salida de marcado por láser para alinear y proyectar el haz 704 de láser en la estructura 708 para aplicar la marca 738 en la ubicación 740 sobre esta.

La Figura 9 ilustra el equipo 900 de trabajo (máquina electromecánica) de acuerdo con una implementación de ejemplo, y que puede ser un ejemplo del equipo 104 de trabajo del sistema 100 de la Figura 1. En un ejemplo, el equipo 900 de trabajo puede implementarse un robot estacionario o móvil. Como se muestra, el equipo 900 de trabajo puede incluir un brazo 902 que tiene un conjunto 904 de efector de extremo. El conjunto 904 de efector de extremo incluye un efector 906 de extremo y una herramienta 908 (por ejemplo, la herramienta 116) que se puede integrar con el efector 908 de extremo. El conjunto 904 de efector de extremo puede moverse (directamente o a través del brazo 902) alrededor de uno o más ejes (x, y, z) para colocar la herramienta 908 con respecto a una estructura 910 para trabajar la estructura 910 (por ejemplo, la estructura 106, 708), que como se explicó anteriormente, puede incluir en general una o más operaciones de fabricación o manufactura (por ejemplo, agujero(s) de perforación, instalación de sujetador(es), corte, enrutamiento).

El equipo 900 de trabajo puede configurarse para trabajar la estructura 910 en una o más ubicaciones 912 de trabajo (por ejemplo, ubicación 118, 746) sobre esta, las cuales pueden coincidir con o de otra manera determinarse a partir de una o más marcas 914 (por ejemplo, marcas 110, 738) en una o más ubicaciones 916 conocidas (por ejemplo, ubicación 112, 740). Para permitir que el equipo de trabajo coloque su herramienta 908 en alineación con la ubicación 912 de trabajo, el equipo 900 de trabajo también puede incluir una o más cámaras, tales como una o más cámaras digitales, cámaras láser, cámaras infrarrojas, cámaras térmicas, cámaras sensibles a la profundidad o de rango, cámaras estéreo o dispositivos similares configurados para capturar imágenes electrónicas. Como se muestra, por ejemplo, el equipo 900 de trabajo puede incluir una primera y una segunda cámaras 918, 920 configuradas para capturar imágenes respectivas dentro del respectivo primero y segundo campos 922, 924 de visión. En algunos

ejemplos, la primera cámara 918 puede estar en una posición fija con respecto al equipo 900 de trabajo, a la vez que la segunda cámara 920 se puede asegurar al conjunto 904 de efector de extremo.

5 El brazo 902, el efector 906 de extremo y/o la herramienta 908 se pueden acoplar a uno o más controladores 926 configurados para gestionar su funcionamiento. El equipo 900 de trabajo también puede incluir un sistema 928 informático (por ejemplo, un sistema 120 informático) acoplado al controlador 926, así como a las cámaras 918, 920. El sistema 928 informático puede configurarse para dirigir las cámaras 918, 920 para capturar y proporcionar imágenes de la estructura 910. El sistema 928 informático se puede configurar para procesar las imágenes para determinar el posicionamiento (ubicación y orientación) de la estructura 910 y localizar la ubicación 912 de trabajo en la cual se trabaja la estructura 910. El sistema 928 informático también puede estar configurado para dirigir el controlador 926 para posicionar la herramienta 908 en alineación con la ubicación 912 de trabajo con base en la colocación de la estructura 910 y la ubicación 912 de trabajo. Y el sistema 928 informático puede dirigir el controlador 926 que controle a su vez la herramienta 908 para trabajar la estructura 910 en la ubicación 912. El mismo proceso o similar de posicionamiento y trabajo puede repetirse para cualquier otra ubicación 912 de trabajo.

15 De acuerdo con diversos ejemplos más particulares, el sistema 928 informático puede transmitir una señal de control a la primera cámara 918, la cual puede recibir la señal de control y capturar una primera imagen de la estructura 910 que cubre el primer campo 922 de visión dentro del cual o se pueden ubicar más objetivos. Como se sugirió anteriormente, los ejemplos de objetivos adecuados incluyen esquinas 930, bordes 932 u otras características de la estructura 910. La primera cámara 918 puede transmitir la primera imagen al sistema 928 informático, que puede procesar la primera imagen para determinar la ubicación de la estructura 910.

20 En algunos ejemplos, el sistema 928 informático puede acoplarse a o configurarse para implementar una estación 934 de ingeniería igual o similar a la estación 742 de ingeniería. Similar a la estación 742 de ingeniería, la estación 934 de ingeniería puede disponerse junto con o separada a partir de y en comunicación con (por cable o de manera inalámbrica) el equipo 900 de trabajo. También similar a la estación 742 de ingeniería, la estación 934 de ingeniería puede usarse para crear un archivo 936 de diseño maestro igual o similar al archivo 744 de diseño maestro. Como se explicó anteriormente, el archivo 936 de diseño maestro puede especificar información del borde de estructura que se relaciona con la geometría de la estructura, e incluye información del punto de calibración con las ubicaciones conocidas de los objetivos 930, 932. En un ejemplo, entonces, el sistema 928 informático puede procesar la primera imagen utilizando el archivo 936 de diseño maestro.

30 En un ejemplo, el equipo 900 de trabajo puede incluir un escáner 938 láser (por ejemplo, un escáner 3D) además a o en lugar de la primera cámara 918. En este ejemplo, el escáner 926 láser puede funcionar de manera similar a la primera cámara 918 para permitir que el sistema 928 informático determine la colocación de la estructura 910. El escáner 938 láser puede configurarse para explorar la estructura 910 y proporcionar mediciones de puntos en la superficie de la estructura 910. El escáner 938 láser puede transmitir las mediciones al sistema 928 informático, el cual puede procesar las medidas generando una nube de puntos u otro modelo 3D de la estructura 910. El sistema 928 informático puede procesar entonces el modelo 3D para determinar la ubicación de la estructura 910. Y similar al anterior, en un ejemplo, el sistema 928 informático puede procesar las medidas o el modelo 3D usando el archivo 936 de diseño maestro.

40 Como también se ha explicado anteriormente, el archivo 936 de diseño maestro también puede especificar información de ubicación que identifica la ubicación 912 de trabajo. En un ejemplo, el sistema 928 informático puede transmitir una señal de control adicional al controlador 926 para posicionar la herramienta 908 con base en la colocación de la estructura 910 y la ubicación 912 de trabajo. A este respecto, el controlador 926 puede recibir la señal de control y ubicar de manera controlable el conjunto 904 de efector de extremo para colocar así la herramienta 908 de forma controlable en alineación al menos parcial con la ubicación 912. En algunos casos, sin embargo, la herramienta 908 posicionada todavía puede estar al menos ligeramente desalineada con la ubicación 912 de trabajo. Es decir, la herramienta 908 puede alinearse con otra ubicación 940 (por ejemplo, ubicación 122) desplazada de la ubicación 912 de trabajo.

50 De acuerdo con las implementaciones de ejemplo, la segunda cámara 920 (por ejemplo, la cámara 124) puede permitir el reposicionamiento de la herramienta 908 para mover su alineación con la otra ubicación 940 a la ubicación 912 de trabajo (o más cerca de la misma). En algunos ejemplos, el sistema 928 informático puede transmitir una señal de control a la segunda cámara 920, la cual puede recibir la señal de control y capturar una segunda imagen de la estructura 910 que cubre el segundo campo 924 de visión dentro del cual puede ubicarse la marca 914, y la cual también puede incluir la otra ubicación 940. La segunda imagen puede incluir de este modo la marca 914. En un ejemplo en el cual la segunda cámara 920 puede asegurarse al conjunto 904 de efector de extremo, el segundo campo 924 de visión puede ser más pequeño que el primer campo 922 de visión. En este ejemplo, la herramienta 908 que se coloca incluso desalineada con la ubicación 912 de trabajo también puede posicionar la segunda cámara 920 de modo que su campo 924 de visión abarca la marca 914. La segunda cámara 920 puede transmitir la segunda imagen al sistema 928 informático, el cual puede procesar la segunda imagen para ubicar más precisamente la ubicación 912 de trabajo en la estructura 910. En un ejemplo, la geometría de la marca 914 puede indicar la manera para trabajar la estructura 910, y en este ejemplo, el sistema 928 informático puede procesar adicionalmente la segunda imagen para

determinar la manera respectiva de trabajar la estructura 910. En algunos ejemplos, la información de ubicación del archivo 936 de diseño maestro puede identificar adicionalmente la ubicación 916 de la marca 914, además de la ubicación 912 de trabajo. En estos ejemplos, el sistema 928 informático puede procesar la segunda imagen nuevamente usando el archivo 936 de diseño maestro.

5 Después de localizar la ubicación 912 de trabajo, el sistema 928 informático puede transmitir una señal de control adicional al controlador 926 para reposicionar la herramienta 908 con base en la ubicación 912 de trabajo localizada. Similar a antes, el controlador 926 puede recibir la señal de control y posicionar de forma controlada el brazo 902 y/o el conjunto 904 de efector extremo para colocar de ese modo controlablemente la herramienta 908 en alineación aumentada con la ubicación 912. En la misma o aún otras señales de control, el sistema 928 informático también  
10 puede dirigir el controlador 926 para controlar a su vez la herramienta 908 para trabajar la estructura 910 en la ubicación 912. En algunos ejemplos, el controlador 926 puede dirigirse para controlar la herramienta 908 para trabajar la estructura 910 de acuerdo con la manera indicada por la geometría de la marca 914. Lo mismo o un posicionamiento y un proceso de trabajo similares pueden repetirse para cualquier otra ubicación 912 de trabajo.

15 En algunos ejemplos, el sistema 928 informático puede configurarse para reposicionar la herramienta 908 en instancias en las cuales el desplazamiento a partir de su ubicación 940 alineada a la ubicación 912 de trabajo es mayor que un umbral predeterminado. La Figura 10 ilustra el campo 924 de visión de la segunda cámara 920, e incluye la ubicación 940 con la cual se alinea la herramienta 908 en lugar de la ubicación 912 de trabajo. El campo 924 de visión puede dividirse en una diversidad de zonas concéntricas de tamaño creciente alrededor la ubicación 940 alineada, que incluye en un ejemplo una primera zona 1000, una segunda zona 1002 más grande situada fuera de la primera  
20 zona 1000, y una tercera zona 1004 aún más grande situada fuera de la segunda zona 1002. Las zonas pueden ser dimensionadas de acuerdo con los umbrales deseables para una desviación aceptable o una desviación inaceptable de la ubicación 940 alineada a partir de la ubicación 912 de trabajo. Por ejemplo, la primera zona 1000 puede definir una desviación aceptable, y la segunda y tercera zonas 1002, 1004 pueden definir una desviación inaceptable.

25 En un caso en el cual la ubicación 912 de trabajo está dentro de la primera zona 1000, el equipo 900 de trabajo puede controlar la herramienta 908 para trabajar la estructura 910 sin reposicionamiento. El equipo 900 de trabajo puede en cambio reposicionar la herramienta 908 antes de trabajar la estructura 910 en casos en los cuales la ubicación 914 de trabajo está dentro de la segunda y/o tercera zonas 1002, 1004. En un ejemplo más particular, el equipo 900 de trabajo puede reposicionar la herramienta 908 en un caso en el cual la ubicación 912 de trabajo está dentro de la segunda zona 1002. En un caso en el cual la ubicación de trabajo está dentro de la tercera zona 1004, el equipo 900 de trabajo  
30 puede producir una notificación de error visual y/o audible a un operado, además o en lugar de reposicionar la herramienta 908.

Como se muestra y se describe con respecto a la Figura 9, el equipo 900 de trabajo puede incluir cámaras 918 y 920 para colocar la estructura 910 y posicionar/reposicionar la herramienta 908 en alineación con la ubicación 912 de trabajo de la estructura 910. En algunos ejemplos, el sistema 700 de marcado por láser puede incluir además una o  
35 más cámaras que pueden permitir que el sistema 700 de marcado por láser coloque de manera similar la estructura 708, y además puede permitir que el sistema 700 de marcado por láser inspeccione una o más marcas 738 aplicadas en una o más ubicaciones 740 respectivas. La Figura 11 ilustra un ejemplo de un sistema 1100 de marcado por láser similar al de la Figura 7 pero que incluye además primera y segunda cámaras 1102, 1104 acopladas al sistema 730 informático y configuradas para capturar imágenes respectivas dentro del respectivo primer y segundo campo 1106, 1108 de visión. En algunos ejemplos, el primer campo 1104 de visión puede ser fijo, a la vez que el segundo campo 1106 de visión puede ser orientable. En el ejemplo que se ilustra, la segunda cámara 1104 puede colocarse con su campo 1108 de visión dirigido a un filtro 1110 óptico en línea con el haz 704 de láser. El filtro 1110 óptico puede estar configurado para pasar el haz 704 de láser, y reflejar la luz a la segunda cámara 1104. En este ejemplo, el segundo campo 1108 de visión puede ser direccionado por el conjunto 710 de dirección de una manera similar al haz 704 de  
40 láser.  
45

De una manera similar a la descrita anteriormente con respecto a la Figura 9, el sistema 730 informático puede configurarse para dirigir la primera cámara 1102 para capturar y proporcionar una primera imagen de la estructura 708 que incluye uno o más objetivos tales como esquinas 1112, bordes 1114 u otras características de la estructura 708. Similar al equipo 900 de trabajo, en un ejemplo, el sistema 1100 de marcado por láser puede incluir un escáner 1116  
50 láser (por ejemplo, un escáner 3D) además o en lugar de la primera cámara 1102. Similar al escáner 938 láser, el escáner 1116 láser puede configurarse para explorar la estructura 708 y proporcionar mediciones de puntos en la superficie de la estructura 708, a partir de la cual el sistema 730 informático puede generar una nube de puntos u otro modelo 3D de la estructura 708. El sistema 730 informático puede procesar la primera imagen o el modelo 3D para determinar la ubicación (localización y orientación) de la estructura 708.

55 El sistema 730 informático puede localizar la ubicación 740 en la cual aplicar la marca 738 con base en la colocación de la estructura, y dirigir el conjunto 710 de dirección para colocar el haz 704 de láser en alineación con la ubicación 740 respectiva. Y el sistema 730 informático puede dirigir el controlador 726 láser para controlar a su vez la fuente 702 de láser para producir el haz 704 de láser para aplicar la marca 738 en la ubicación 740. El mismo o un proceso de posicionamiento y marcado similar pueden repetirse para cualquier otra marca 738.

5 Como o después de que el sistema 1100 de marcado por láser aplica una marca 738, el sistema 1100 de marcado por láser puede usar la segunda cámara 1104 para inspeccionar la marca 738 aplicada, tal como su geometría, ubicación y similares. En algunos ejemplos, la marca 738 puede aplicarse en otra ubicación (véase la ubicación 940) desplazada de su ubicación 740 deseada (véase la ubicación 912 de trabajo). De una manera similar a la descrita anteriormente con respecto a la Figura 9, entonces, el sistema 730 informático puede estar configurado para dirigir la segunda cámara 1004 para capturar y proporcionar una segunda imagen que puede incluir la ubicación 704 deseada, y la marca aplicada en la otra ubicación. El sistema 730 informático puede configurarse para procesar la segunda imagen para ubicar con precisión la ubicación 740 deseada en la estructura 708, y determinar cualquier desplazamiento de la marca 738 a partir de la ubicación 740 deseada localizada. En algunos ejemplos, un desplazamiento dentro de un umbral predeterminado (por ejemplo, dentro de una primera zona 1000) puede considerarse aceptable, a la vez que el sistema 730 informático puede producir una notificación de error visual y/o audible a un operador en casos en los cuales el desplazamiento es mayor que el umbral predeterminado (por ejemplo, dentro de la segunda o tercera zonas 1002, 1004).

15 En otros ejemplos, una cámara similar a la segunda cámara 1104 puede usarse no solo para inspeccionar una marca 738 aplicada, sino también para ubicar la estructura 708. La Figura 12 ilustra un ejemplo de sistema 1200 de marcado por láser de acuerdo con otra implementación de ejemplo. El sistema 1200 de marcado por láser de la Figura 12 es similar al sistema 1100 de la Figura 11, pero que incluye una única cámara 1202 con un campo 1204 de visión orientable. En este ejemplo, el sistema 730 informático puede dirigir el conjunto 710 de dirección para dirigir el campo 1204 de visión de la cámara a una o más áreas dentro de las cuales se pueden localizar uno o más objetivos. Similar a lo anterior, ejemplos de objetivos adecuados incluyen esquinas 1112, bordes 1114 u otras características de la estructura 708. El sistema informático puede dirigir la cámara 1202 para capturar una imagen de la estructura 708 en cada área, a partir de la cual el sistema informático puede ubicar la estructura 708, tal como de una manera similar a la descrita anteriormente pero con una primera imagen. La misma cámara 1202 puede usarse entonces durante o después de que se apliquen las marcas 738 a la estructura.

25 En algunos ejemplos, el sistema 700, 1100, 1200 de marcado por láser puede proyectar además una imagen láser temporal en la ubicación 740 en la estructura 708 antes de la aplicación de la marca 738, lo que puede facilitar una inspección visual de la colocación de la marca 738 antes de aplicarla. La Figura 13 ilustra un ejemplo del sistema 1300 de marcado por láser que puede corresponder a cualquiera de las implementaciones mencionadas anteriormente del sistema 700, 1100, 1200 de marcado por láser pero se muestra sin la(s) cámara(s) 1102, 1104, 1202 apropiada(s) o el filtro 1110 óptico. Como se muestra, el sistema 1300 de marcado por láser puede incluir una segunda fuente 1302 de láser configurada para proyectar una imagen 1304 láser dirigida a un filtro 1306 óptico (el mismo o diferente del filtro 1110 óptico) en línea con el haz 704 de láser. Este filtro 1306 óptico puede estar configurado para pasar el haz 704 de láser, y reflejar la imagen 1304 láser. La imagen láser 1304 puede ser orientada por el conjunto 710 de dirección de una manera similar al haz 704 de láser. Es decir, la imagen 1304 láser puede dirigirse por el conjunto 710 de dirección en múltiples direcciones dentro de una envolvente 1306, que puede coincidir con la envolvente 724. En este ejemplo, la imagen 1304 láser puede dirigirse a la ubicación 740 antes del haz 704 de láser, y de este modo puede proporcionar una indicación visual de la ubicación 740 antes de aplicar la marca 738.

40 En algunos ejemplos, el sistema 700, 1100, 1200, 1300 de marcado por láser puede incluir además uno o más sistemas de metrología tales como rastreadores láser, sensores de rango, sensores de vibración y similares, que pueden facilitar adicionalmente la ubicación de la estructura 708 y/o el marcado 738. La Figura 14 ilustra un ejemplo de sistema 1400 de marcado por láser que puede corresponder a cualquiera de las implementaciones mencionadas anteriormente del sistema 700, 1100, 1200, 1300 de marcado por láser pero que se muestra sin la(s) cámara(s) 1102, 1104, 1202 apropiada(s), el filtro 1110 óptico o la fuente 1302 láser. Como se muestra, el sistema 1400 de marcado por láser puede incluir uno o más rastreadores 1402 láser configurados para proyectar uno o más haces 1404 de láser direccionable sobre objetivos 1406 retroreflectantes (distintos de las marcas 738) en o cerca de la estructura 708 en ubicaciones conocidas. Los objetivos 1406 pueden reflejar el(los) haz(haces) de regreso al (a los) rastreador(es) 1402 láser, que pueden medir el(los) haz(haces) reflejado(s) y proporcionar las mediciones al sistema 928 informático. El sistema 928 informático puede procesar las mediciones del(los) rastreador(es) 1402 láser para determinar la ubicación de la estructura 708. El(los) rastreadores 1402 láser pueden proporcionar mediciones muy precisas a partir de las cuales puede determinarse la ubicación precisa de la estructura 708. Los ejemplos que incluyen el(los) rastreador(es) 1402 láser pueden ser particularmente beneficiosos cuando se desea un marcado altamente preciso tal como en estructuras 708 grandes y/o irregulares.

55 La Figura 15 ilustra un ejemplo de sistema 1500 de marcado por láser que puede corresponder a cualquiera de las implementaciones mencionadas anteriormente del sistema 700, 1100, 1200, 1300, 1400 de marcado por láser, pero que se muestra sin la(s) cámara(s) 1102, 1104, 1202 apropiada(s), el filtro 1110 óptico, la fuente 1302 de láser o el rastreador 1404 láser. Como se muestra, el sistema 1500 de marcado por láser puede incluir uno o más sensores 1502 de rango configurados para proporcionar mediciones de rango entre el sistema 1500 de marcado por láser y la estructura 708, o más particularmente entre el(los) sensor(es) de rango y la estructura 708. Los ejemplos de sensores de rango adecuados incluyen telémetros láser, sensores LiDAR (detección y determinación de la luz), sensores de sonar, cámara u otros sensores visuales, o similares. Para estructuras rectas y planas, el(los) sensor(es) 1502 de rango pueden ser útiles para calcular un punto de enfoque de láser inicial o longitud focal para el funcionamiento de

la fuente 702 de láser. El(los) sensor(es) 1502 de rango también pueden ser útiles para ajustar dinámicamente la distancia focal como el sistema 1500 de marcado por láser aplica marcas 738 en diversos puntos sobre una estructura 708 desigual.

5 La Figura 16 ilustra un ejemplo de sistema 1600 de marcado por láser que puede corresponder a cualquiera de las implementaciones mencionadas anteriormente del sistema 700, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500 de marcado por láser pero que se muestra sin la(s) cámara(s) 1102, 1104, 1202 apropiada(s), el filtro 1110 óptico, la fuente 1302 de láser, el rastreador 1404 de láser o el sensor 1502 de rango. Como se muestra, el sistema 1600 de marcado por láser puede incluir uno o más sensores 1602 de vibración configurados para proporcionar mediciones de vibración de la estructura 708 o el sistema 1600 de marcado por láser incluye el o los sensores 1602 de vibración dispuestos sobre el mismo.  
10 Los ejemplos de sensores de vibración adecuados incluyen cualquiera de diversos tipos diferentes de vibrómetros, vibrómetros Doppler láser (LDV) o similares. El o los sensores 1602 de vibración pueden ser útiles para compensar cualquier movimiento de vibración de la estructura 708 y/o el sistema 1600 de marcado por láser, el cual puede facilitar la aplicación precisa de las marcas 738.

15 De acuerdo con las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación, el sistema 100 que incluye su sistema 102 de marcado de estructura y el equipo 104 de trabajo pueden implementarse por diversos medios. De forma similar, los ejemplos de un sistema 700, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600 de marcado por láser y el equipo 900 de trabajo que incluyen cada uno de sus respectivos componentes, pueden implementarse por diversos medios de acuerdo con implementaciones de ejemplo. Los medios para implementar los sistemas 100, 700, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600 y los equipos 900 de trabajo y sus respectivos componentes pueden incluir hardware, solo o bajo la dirección de  
20 una o más instrucciones de código de programa de ordenador, instrucciones de programa o instrucciones de código de programa legibles por ordenador a partir de un medio de almacenamiento legible por ordenador.

En un ejemplo, se pueden proporcionar uno o más aparatos que están configurados para funcionar como, o de otro modo implementar, uno o más de los controladores 726, 728, 736, el sistema 730 informático y/o la estación 742 de ingeniería de cualquiera de los ejemplos sistemas 700, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600 de marcado por láser. De forma similar, se pueden proporcionar uno o más aparatos que están configurados para funcionar o de otro modo implementar uno o más del controlador 926, el sistema 928 informático y/o la estación 934 de ingeniería del ejemplo del equipo 900 de trabajo. En ejemplos que implican más de un aparato, los aparatos respectivos pueden estar conectados o comunicarse entre sí de diversas formas diferentes, tal como directa o indirectamente a través de un cable o de manera inalámbrica.

30 Ahora se hace referencia a la Figura 17, que ilustra un aparato 1700 de ejemplo que puede configurarse para funcionar como, o de otro modo implementar, uno o más de los componentes antes mencionados de cualquiera de los sistemas 700, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600 de marcado por láser de ejemplo y/o uno o más de los componentes mencionados anteriormente del equipo 900 de trabajo de ejemplo. En general, el aparato 1700 de las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación puede comprender, incluir o estar incorporado en uno o más dispositivos electrónicos fijos o portátiles. El aparato 1700 puede incluir uno o más de cada uno de una serie de  
35 componentes tales como, por ejemplo, un procesador 1702 conectado a una memoria 1704.

El procesador 1702 en general es cualquier pieza de hardware que es capaz de procesar información tal como, por ejemplo, datos, código de programa legible por ordenador, instrucciones o similares (en general "programas de ordenador", por ejemplo, software, firmware, etcétera) y/u otra información electrónica adecuada. El procesador está compuesto por una colección de circuitos electrónicos, algunos de los cuales pueden estar empaquetados como un circuito integrado o como múltiples circuitos integrados interconectados (un circuito integrado que a veces se denomina comúnmente "chip"). El procesador 1702 puede estar configurado para ejecutar programas informáticos, que pueden almacenarse dentro del procesador 1702 o de otro modo almacenarse en la memoria 1704 (del mismo u otro aparato 1700).

45 El procesador 1702 puede ser una cantidad de procesadores, un núcleo multiprocesador o algún otro tipo de procesador, dependiendo de la implementación particular. Además, el procesador 1702 puede implementarse usando diversos aparatos de procesador heterogéneos en los cuales un procesador principal está presente con uno o más procesadores secundarios en un solo chip. Como otro ejemplo ilustrativo, el procesador 1702 puede ser un aparato multiprocesador simétrico que contiene procesadores múltiples del mismo tipo. En aún otro ejemplo, el procesador 1702 puede incorporarse o incluir de otro modo uno o más circuitos integrados específicos de aplicación (ASICs), arreglos de puerta programables en campo (FPGAs) o similares. Por lo tanto, aunque el procesador 1702 puede ser capaz de ejecutar un programa informático para realizar una o más funciones, el procesador 1702 de diversos ejemplos puede ser capaz de realizar una o más funciones sin la ayuda de un programa informático.

55 La memoria 1704 es en general cualquier pieza de hardware de ordenador que es capaz de almacenar información tal como, por ejemplo, datos, programas de ordenador y/u otra información adecuada ya sea temporalmente o de forma permanente. En un ejemplo, la memoria 1704 puede configurarse para almacenar diversa información en una o más bases de datos. La memoria 1704 puede incluir la memoria volátil y/o no volátil, y puede ser fija o desmontable. Los ejemplos de memoria 1704 adecuada incluyen una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo

- lectura (ROM), un disco duro, una memoria flash, una memoria USB, un disquete de ordenador desmontable, un disco óptico, una cinta magnética o alguna combinación de las anteriores. Los discos ópticos pueden incluir un disco compacto, memoria de solo lectura (CDROM), disco compacto, lectura/escritura (CD-R/W), DVD o similares. En diversos casos, la memoria 1704 puede denominarse como un medio de almacenamiento legible por ordenador el cual, como un dispositivo no transitorio capaz de almacenar información, puede distinguirse de los medios de transmisión legibles por ordenador, tales como señales electrónicas transitorias capaces de transportar información de un lugar a otro. El medio legible por ordenador como se describe aquí puede referirse en general a un medio de almacenamiento legible por ordenador o un medio de transmisión legible por ordenador.
- Además de la memoria 1704, el procesador 1702 también puede, pero no necesariamente, estar conectado a una o más interfaces para visualizar, transmitir y/o recibir información. Las interfaces pueden incluir una o más interfaces 1706 de comunicaciones y/o una o más interfaces de usuario. La interfaz 1706 de comunicaciones puede estar configurada para transmitir y/o recibir información, tal como y/o a partir de otro(s) aparato(s), red(es) o similares. La interfaz 1706 de comunicaciones puede configurarse para transmitir y/o recibir información mediante enlaces de comunicaciones físicos (por cable) y/o inalámbricos. Los ejemplos de interfaces de comunicación adecuadas incluyen un controlador de interfaz de red (NIC), NIC inalámbrico (WNIC) o similar.
- Las interfaces de usuario pueden incluir una pantalla 1708 y/o una o más interfaces 1710 de entrada de usuario. La pantalla 1708 puede configurarse para presentar o mostrar información a un usuario, ejemplos adecuados de los cuales incluyen una pantalla de cristal líquido (LCD), pantalla de diodos emisores de luz (LED), pantalla de plasma (PDP) o similar. Las interfaces 1710 de entrada de usuario pueden ser por cable o inalámbricas, y pueden estar configuradas para recibir información de un usuario en el aparato 1700, tal como para procesamiento, almacenamiento y/o visualización. Ejemplos adecuados de interfaces 1710 de entrada de usuario incluyen un micrófono, un dispositivo de captura de imagen o video, un teclado o teclado numérico, un joystick, una superficie sensible al tacto (separada de o integrada en una pantalla táctil), un sensor biométrico o similar. Las interfaces de usuario pueden incluir además una o más interfaces para comunicarse con periféricos tales como impresoras, escáneres o similares.
- Como se indicó anteriormente, las instrucciones de código de programa pueden almacenarse en la memoria y ejecutarse por un procesador para implementar las funciones del sistema, los aparatos y sus respectivos elementos descritos aquí. Como se apreciará, cualquier instrucción de código de programa adecuada puede cargarse en un ordenador u otro aparato programable a partir de un medio de almacenamiento legible por ordenador para producir una máquina particular, de modo que la máquina particular se convierta en un medio para implementar las funciones especificadas aquí. Estas instrucciones de código de programa también se pueden almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador que puede dirigir un ordenador, un procesador u otro aparato programable para funcionar de una manera particular para generar de este modo una máquina particular o un artículo de fabricación particular. Las instrucciones almacenadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador pueden producir un artículo de fabricación, donde el artículo de fabricación se convierte en un medio para implementar las funciones descritas aquí. Las instrucciones de código de programa pueden recuperarse de un medio de almacenamiento legible por ordenador y cargarse en un ordenador, procesador u otro aparato programable para configurar el ordenador, procesador u otro aparato programable para ejecutar operaciones que se realizarán en el ordenador, procesador u otro aparato programable.
- La recuperación, la carga y la ejecución de las instrucciones de código de programa se pueden realizar secuencialmente de manera que una instrucción se recupera, carga y ejecuta a la vez. En algunas implementaciones de ejemplo, la recuperación, la carga y/o la ejecución se pueden realizar en paralelo de modo que se recuperen, carguen y/o ejecuten en conjunto las instrucciones múltiples. La ejecución de las instrucciones de código de programa puede producir un proceso implementado por ordenador tal que las instrucciones ejecutadas por el ordenador, procesador u otro aparato programable proporcionen operaciones para implementar funciones descritas aquí.
- La ejecución de instrucciones por un procesador, o el almacenamiento de instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador, soporta combinaciones de operaciones para realizar las funciones especificadas. También se entenderá que una o más funciones, y combinaciones de funciones, se pueden implementar mediante sistemas informáticos y/o procesadores informáticos con base en hardware los cuales realizan las funciones específicas, o combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones de código de programa.
- La Figura 18 ilustra diversas etapas en un método 1800 de acuerdo con implementaciones de ejemplo de la presente divulgación. El método 1800 puede incluir capturar una imagen de al menos una pieza de una estructura 708 para trabajar, e incluir uno o más objetivos 1112, 1114 en o próximos a la estructura 708, como se muestra en el bloque 1802. O en otro ejemplo, el método puede incluir puntos de medición en una superficie de la estructura a partir de la cual se puede generar un modelo 3D de la estructura. El método 1800 también puede incluir procesar la imagen o el modelo 3D para determinar la ubicación de la estructura 708 y localizar una ubicación 740 conocida en la cual aplicar una marca 738 permanente con base en la ubicación de la estructura, como se muestra en el bloque 1804. En un ejemplo, el método 1800 puede incluir proyectar una imagen 1304 láser en la estructura 708 en la ubicación 740, como se muestra en el bloque 1806.

- 5 El método 1800 puede incluir la operación de dirección de un conjunto 710 de dirección para dirigir un haz 704 de láser a la ubicación 740 conocida en la estructura 708 en la cual aplicar la marca 738, como se muestra en el bloque 1808. La ubicación 740 respectiva puede tener una relación conocida con una ubicación 746 de trabajo en la cual se trabaja la estructura 708. El método 1800 puede incluir el funcionamiento directo de una fuente 702 de láser para emitir el haz 704 de láser sobre la estructura 708, como se muestra en el bloque 1810. El haz 704 de láser puede emitirse con uno o más parámetros controlables para aplicar la marca 738 permanente a la estructura 708.
- 10 En un ejemplo, la operación de dirección del conjunto 710 de dirección puede incluir girar de forma controlada un galvanómetro 712, 714 acoplado a un espejo 716, 718 configurado para reflejar el haz 704 de láser, con el galvanómetro 712, 714 y el espejo 716, 718 siendo girada de forma controlada para dirigir el haz 704 de láser en una dirección particular (por ejemplo, x, y). En este ejemplo, una posición angular del galvanómetro 712, 714 puede medirse mediante un codificador 732, 734 giratorio óptico acoplado al galvanómetro 712, 714. Y una ubicación del haz 704 de láser en la estructura 708 puede determinarse con base en la medición, y el haz 704 de láser puede dirigirse a la ubicación 740 conocida con base en la ubicación determinada.
- 15 En un ejemplo, la ubicación 740 conocida es una ubicación deseada, y en al menos un caso la marca 738 está desplazada de la ubicación 740 deseada. En este ejemplo, el método 1800 puede incluir además capturar una imagen de al menos una porción de la estructura 708 y que incluye la ubicación 740 deseada y la marca 738, como se muestra en el bloque 1812. La imagen puede procesarse para localizar la ubicación 740 deseada, y puede determinarse el desplazamiento de la marca 738 a partir de la ubicación 740 deseada localizada, como se muestra en el bloque 1814. Esto puede permitir la inspección de la marca 738 aplicada a la estructura 708.
- 20 En un ejemplo adicional, la imagen puede capturarse mediante una cámara 1202 que tiene un campo 1204 de visión dirigitible por el conjunto 710 de dirección. En este ejemplo, el método 1800 puede incluir además dirigir la operación del conjunto 710 de dirección para dirigir el campo 1204 de visión a una o más áreas dentro de las cuales se encuentran uno o más objetivos 1112, 1114 en o próximos a la estructura 708. También en este ejemplo, el método 1800 puede incluir la captura de una o más áreas, una o más imágenes de al menos una porción de la estructura 708 y que incluye el(los) objetivo(s) 1112, 1114. La(s) imagen(es) pueden entonces procesarse para determinar la ubicación de la estructura 708, y la ubicación 740 conocida en la cual se aplica la marca 738 se puede ubicar con base en la ubicación de la estructura.
- 25 Este proceso puede entonces repetirse para aplicar la marca 738 en cualquier otra ubicación 740 deseable, como se muestra en el bloque 1816.
- 30 La Figura 19 ilustra diversas etapas en un método 1900 de acuerdo con otras implementaciones de ejemplo de la presente divulgación. El método 1900 puede incluir determinar la ubicación de una estructura 910 que tiene una marca 914 aplicada a una ubicación 916 conocida con una relación conocida con una ubicación 912 de trabajo sobre ella, como se muestra en el bloque 1902. El método 1900 puede incluir ubicar una herramienta 908 en alineación al menos parcial con la ubicación 912 de trabajo de acuerdo con la ubicación de la estructura, como se muestra en el bloque 1904. En al menos un caso, sin embargo, la herramienta 908 puede alinearse con otra ubicación 940 desplazada de la ubicación 912 de trabajo. El método 1900 también puede incluir capturar una imagen de al menos una porción de la estructura 910 e incluir la marca 914, y además incluir la otra ubicación 940 con la cual se alinea la herramienta 908, como se muestra en el bloque 1906.
- 35 En un ejemplo, la imagen es una segunda imagen capturada por una segunda cámara 920. En este ejemplo, la determinación de la ubicación de la estructura puede incluir la captura por una primera cámara 918, una primera imagen de al menos una porción de la estructura 910 y que incluye uno o más objetivos 930, 932 en o próximos a la estructura 910. La primera imagen puede entonces procesarse para determinar de este modo la ubicación de la estructura.
- 40 En un ejemplo, un conjunto 904 de efector de extremo móvil puede incluir un efector 906 de extremo y la herramienta 908, la imagen puede capturarse mediante una cámara 920 asegurada al conjunto 904 de efector de extremo. En este ejemplo, la ubicación de la herramienta 908 puede incluir colocar el conjunto 904 de efector extremo y por lo tanto la herramienta 908, con la cámara 920 también posicionada de tal modo que un campo 924 de visión de la cámara 920 abarca la marca 914.
- 45 El método 1900 puede incluir además procesar la (segunda) imagen para localizar la ubicación 912 de trabajo, como se muestra en el bloque 1908. El método puede a veces incluir el reposicionamiento de la herramienta 908 a partir de la otra ubicación 940 y alinearse más con la ubicación 912 de trabajo localizada, y controlar la herramienta 908 reposicionada para trabajar la estructura 910 en la ubicación 912 de trabajo localizada. En un ejemplo en el cual la imagen es captada por una cámara 920, su campo 924 de visión puede dividirse en una diversidad de zonas concéntricas de creciente tamaño sobre la otra ubicación 940 con la cual la herramienta 908 está alineada. Las zonas pueden incluir una primera zona 1000 que define un desplazamiento aceptable, y una segunda zona 1002 más grande situada fuera de la primera zona 1000 que define un desplazamiento inaceptable. Reposicionar la herramienta 908 y controlar la herramienta 908 reposicionada para trabajar la estructura 910, entonces, puede incluir el
- 50
- 55

reposicionamiento de la herramienta 908 antes de controlar la herramienta 908 para trabajar la estructura 910 en un caso en el cual la ubicación de trabajo localizada está dentro de la segunda zona, como se muestra en los bloques 1910 y 1912. O controlar la herramienta 908 para trabajar la estructura 910 sin reposicionar en un caso en el cual la ubicación 912 de trabajo localizada está dentro de la primera zona 1000, como en el bloque 1912.

5 Este proceso puede entonces repetirse para funcionar en otras ubicaciones 912 de trabajo en la estructura 910, tal como usar la misma u otras imágenes que incluyen la misma u otras marcas 914, como se muestra en el bloque 1914.

10 Las implementaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una diversidad de posibles aplicaciones, particularmente en la industria del transporte, que incluye, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas y automotriz. Por lo tanto, haciendo referencia ahora a las Figuras 20 y 21, las implementaciones de ejemplo se pueden usar en el contexto de un método 2000 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la Figura 20, y una aeronave 2100 como se muestra en la Figura 21. Durante la preproducción, el método de ejemplo puede incluir especificación y diseño 2002 de la aeronave 2100, secuencia de fabricación y planificación 2004 de procesamiento y adquisición 2006 de material. El método divulgado puede especificarse para su uso, por ejemplo, durante la adquisición 2006 de material.

15 Durante la producción de la aeronave 2100, tiene lugar la fabricación 2008 de componentes y subconjuntos y la integración 2010 de sistemas. El sistema y método descritos pueden ser usados para marcar estructuras y/o estructuras marcadas de trabajo de la aeronave 2100 ya sea cualquiera o ambos del proceso 2008 de fabricación del componente y el subconjunto o el sistema 2010 de integración. A partir de entonces, la aeronave 2100 puede ir a través de la certificación y la entrega 2012 con el fin de ponerse en servicio 2014. A la vez que está en servicio 2014 por un cliente, la aeronave 2100 se puede programar para servicio 2016 y mantenimiento de rutina (el cual también puede incluir modificación, reconfiguración, reacondicionamiento o similar). Las estructuras de la aeronave 2100 se pueden marcar y/o trabajar de acuerdo con el método divulgado durante el servicio 2014, y en un ejemplo, durante el servicio 2016 y el mantenimiento.

25 Cada uno de los procesos del método 2000 de ejemplo puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistema, un tercero y/u operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, por ejemplo, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, por ejemplo, cualquier cantidad de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede incluir, por ejemplo, una línea aérea, compañía de leasing, una entidad militar, una organización de servicios o similares.

30 Como se muestra en la Figura 21, una aeronave 2100 de ejemplo producida por el método 2000 de ejemplo puede incluir un fuselaje 2102 con una diversidad de sistemas 2104 y un interior 2106. Las estructuras marcadas y/o trabajadas de acuerdo con el método y el sistema descritos puede ser utilizadas en la estructura de la aeronave 2102 y dentro del interior. Los ejemplos de sistemas 2104 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 2108 de propulsión, un sistema 2110 eléctrico, un sistema 2112 hidráulico, un sistema 2114 ambiental o similares. Se puede incluir cualquier cantidad de otros sistemas 2104. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, como las industrias marítima y automotriz.

35 Los sistemas, aparatos y métodos incorporados aquí se pueden emplear durante una o más de las etapas del método 2000 de ejemplo de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 2008 de producción pueden marcarse y/o trabajarse de acuerdo con el método divulgado a la vez que la aeronave 2100 está en servicio 2014. Además, una o más implementaciones de sistema de ejemplo, implementaciones de aparatos, implementaciones de métodos o una combinación de los mismos pueden utilizarse para marcar estructuras y/o trabajar estructuras marcadas durante las etapas 2008 y 2010 de producción, lo cual puede acelerar sustancialmente el ensamblaje o reducir el coste de una aeronave 2100. De manera similar, por ejemplo, una o más implementaciones de sistemas, implementaciones de aparatos, implementaciones de métodos o una combinación de las mismas pueden utilizarse a la vez que la aeronave 2100 está en servicio 2014.

40 Diversas modificaciones y otras implementaciones de la divulgación expuestas aquí se le ocurrirán a un experto en la técnica al cual pertenece esta divulgación que tiene el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Por lo tanto, debe entenderse que la divulgación no está limitada a las implementaciones específicas divulgadas y que las modificaciones y otras implementaciones están destinadas a ser incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque los términos específicos se emplean aquí, se usan solo en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de marcado por láser que comprende:
- una fuente (702) de láser configurada para emitir un haz (704) de láser;
- 5 un conjunto (710) de dirección configurado para dirigir el haz (704) de láser sobre una estructura (106) a trabajar; caracterizado por:
- un archivo maestro de diseño el cual comprende información que define la geometría de la estructura (106) y especifica una ubicación (112) conocida en la estructura (106) en el cual aplicar la marca y una ubicación (118) de trabajo para trabajar la estructura, y
- 10 un sistema (730) informático acoplado a la fuente (702) de láser y al conjunto (710) de dirección, y configurado para dirigir el funcionamiento de la fuente (702) de láser para emitir el haz (704) de láser con uno o más parámetros controlables para aplicar una marca permanente a la estructura (106),
- es donde el sistema (730) informático también está configurado para dirigir el funcionamiento del conjunto (710) de dirección para dirigir el haz (794) de láser en función del contenido del archivo (744) maestro de diseño, la ubicación (112) conocida que tiene una relación conocida con la ubicación (118) de trabajo.
- 15 2. El sistema de marcado por láser de la reivindicación 1, en donde el conjunto (710) de dirección comprende:
- un galvanómetro (712) acoplado a un espejo (716) configurado para reflejar el haz (704) de láser, el galvanómetro (712) y el espejo (716) pueden girar de manera controlable para dirigir el haz (704) de láser en una dirección particular; y
- 20 un codificador (732) giratorio óptico acoplado al sistema (730) informático y galvanómetro (712), y configurado para medir una posición angular del galvanómetro (712), y
- en donde el sistema (730) informático está configurado para determinar una ubicación del haz (704) de láser sobre la estructura (106) con base en la medición, y dirigir el haz (104) de láser a la ubicación (112) conocida con base de la ubicación determinada.
3. El sistema de marcado por láser de las reivindicaciones 1 o 2 que además comprende:
- 25 una cámara (124) o un escáner (938) láser acoplado al sistema (730) informático, estando configurada la cámara para capturar una imagen de al menos una porción de la estructura (106) y que incluye uno o más objetivos en la estructura o próximos a ella, y el escáner (938) láser configurado para medir puntos en una superficie de la estructura a partir de la cual se puede generar un modelo 3D de la estructura,
- 30 en donde el sistema (730) informático está configurado para procesar la imagen o modelo 3D para determinar la ubicación de la estructura (106), y localice la ubicación (112) conocida en la cual aplicar la marca con base en la ubicación.
4. El sistema de marcado por láser de las reivindicaciones 1, 2 o 3, en donde la ubicación (112) conocida es una ubicación deseada, y en al menos un ejemplo la marca está desviada de la ubicación deseada, y en donde el sistema de marcado por láser comprende además:
- 35 una cámara (124) acoplada al sistema informático y configurada para capturar una imagen de al menos una porción de la estructura y que incluye la ubicación y marca deseados,
- en donde el sistema (730) informático está configurado para procesar la imagen para localizar la ubicación deseada y determinar un desplazamiento de la marca a partir de la ubicación deseada.
- 40 5. El sistema de marcado por láser de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la cámara (124) tiene un campo de visión dirigible por el conjunto (710) de dirección, estando configurado el sistema (730) informático para dirigir el funcionamiento del conjunto (710) de dirección para dirigir el campo de visión a una o más áreas dentro de las cuales se encuentran uno o más objetivos en o próximos a la estructura,
- en donde para la una o más áreas, la cámara (124) está configurada para capturar una o más imágenes de al menos una porción de la estructura (106) y que incluye el uno o más objetivos, y

en donde el sistema (730) informático está configurado para procesar la una o más imágenes para determinar la ubicación de la estructura (106) y localizar la ubicación conocida en la cual aplicar la marca con base en la ubicación.

6. El sistema de marcado por láser de cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende además:

5 una segunda fuente (1302) de láser configurada para proyectar una imagen de láser sobre la estructura en la ubicación antes de que se emita el haz láser para aplicar la marca permanente a la estructura (106) en la ubicación respectiva.

7. El sistema de marcado por láser de cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende además:

un rastreador (1402) láser configurado para proyectar uno o más haces láser dirigibles sobre objetivos retro reflectantes sobre o próximos a la estructura en ubicaciones conocidas, y proporcionar mediciones de uno o más haces reflejados a partir de los objetivos para determinar la ubicación de la estructura (106).

10 8. El sistema de marcado por láser de cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende además:

un sensor (1502) de rango configurado para proporcionar mediciones de alcance entre el sistema de marcado por láser y la estructura para calcular un punto de enfoque inicial o longitud focal para el funcionamiento de la fuente (702) de láser, o el ajuste dinámico de la longitud focal.

9. El sistema de marcado por láser de cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende además:

15 un sensor (1602) de vibración configurado para proporcionar medidas de vibración de la estructura (106), o el sistema de marcado por láser que incluye el sensor de vibración dispuesto sobre el mismo, para la compensación del movimiento vibratorio de la estructura o sistema de marcado por láser.

10. Un método que comprende:

20 dirigir el funcionamiento de una fuente (702) de láser para emitir un haz (704) de láser sobre una estructura (106) a trabajar, emitiendo el haz (704) de láser con uno o más parámetros controlables para aplicar una marca permanente a la estructura (106); caracterizado porque el método comprende:

proporcionar un archivo maestro de diseño que comprende información que define la geometría de la estructura (106) y especificar una ubicación (112) conocida en la estructura (106) en la cual aplicar la marca y una ubicación (118) de trabajo en la cual trabajar la estructura (106);

25 dirigir la operación de un conjunto (710) de dirección para dirigir el haz (702) de láser dependiendo del contenido del archivo (744) maestro de diseño, teniendo la ubicación (112) conocida una relación conocida con la ubicación (118) de trabajo;

ubicar una herramienta (116) configurada para trabajar la estructura en alineación al menos parcial con la ubicación (118) de trabajo.

30 11. El método de la reivindicación 10, en donde la operación de dirección del conjunto de dirección comprende:

girar de manera controlada un galvanómetro (712) acoplado a un espejo (716) configurado para reflejar el haz (702) de láser, el galvanómetro (712) y el espejo (716) giran de forma controlable para dirigir el haz (702) de láser en una dirección particular;

35 medir una posición angular del galvanómetro (712) mediante un codificador (732) giratorio óptico acoplado al galvanómetro (712); y

determinar una ubicación del haz (702) de láser en la estructura (106) con base en la medición, y dirigir el haz (702) de láser hacia la ubicación conocida con base en la ubicación determinada.

12. El método de la reivindicación 10 que además comprende:

40 capturar una imagen de al menos una porción de la estructura (106) e incluir uno o más objetivos en o próximos a la estructura (106), o puntos de medición en una superficie de la estructura a partir de la cual se puede generar un modelo 3D de la estructura; y

procesar la imagen o el modelo 3D para determinar la ubicación de la estructura (106) y localizar la ubicación conocida en la cual aplicar la marca con base en la ubicación.

13. El método de la reivindicación 10, en donde la ubicación conocida es una ubicación deseada, y en al menos un caso la marca está desplazada de la ubicación deseada, y en donde el método comprende además:

capturar una imagen de al menos una porción de la estructura (106) e incluir la ubicación y la marca deseadas; y

5 procesar la imagen para localizar la ubicación deseada y determinar un desplazamiento de la marca a partir de la ubicación deseada localizada.

14. El método de la reivindicación 13, en donde la imagen es capturada por una cámara (124) que tiene un campo de visión dirigitible por el conjunto (710) de dirección, y el método comprende además:

dirigir la operación del conjunto (710) de dirección para dirigir el campo de visión a una o más áreas dentro de las cuales se encuentran uno o más objetivos en o próximos a la estructura (106);

10 capturar una o más áreas, una o más imágenes de al menos una porción de la estructura (106) e incluir el uno o más objetivos; y

procesar la una o más imágenes para determinar la ubicación de la estructura y localizar la ubicación conocida en la cual aplicar la marca con base en la ubicación.

15. El método de la reivindicación 10 que además comprende:

15 proyectar una imagen de láser sobre la estructura en la ubicación antes de que se emita el haz (704) de láser para aplicar la marca permanente a la estructura en la ubicación respectiva.

16. El método de la reivindicación 10 que además comprende:

20 proyectar uno o más haces (1404) de láser dirigibles sobre objetivos retro reflectantes en o cerca de la estructura en ubicaciones conocidas, y proporcionar mediciones de uno o más haces reflejados a partir de los objetivos para la determinación de la ubicación de la estructura.

17. El método de la reivindicación 10, en donde la fuente (702) de láser y el conjunto (710) de dirección son componentes de un sistema de marcado por láser, y en donde el método comprende además:

25 proporcionar mediciones de rango entre el sistema de marcado por láser y la estructura para calcular un punto de enfoque inicial o una longitud focal para el funcionamiento de la fuente de láser, o un ajuste dinámico de la longitud focal.

18. El método de la reivindicación 10, en donde la fuente (702) de láser y el conjunto (710) de dirección son componentes de un sistema de marcado por láser, y en donde el método comprende además:

30 proporcionar mediante un sensor (1602) de vibración, mediciones de vibración de la estructura (106), o el sistema de marcado por láser que incluye el sensor de vibración dispuesto sobre el mismo, para compensar el movimiento vibratorio de la estructura o el sistema de marcado por láser.

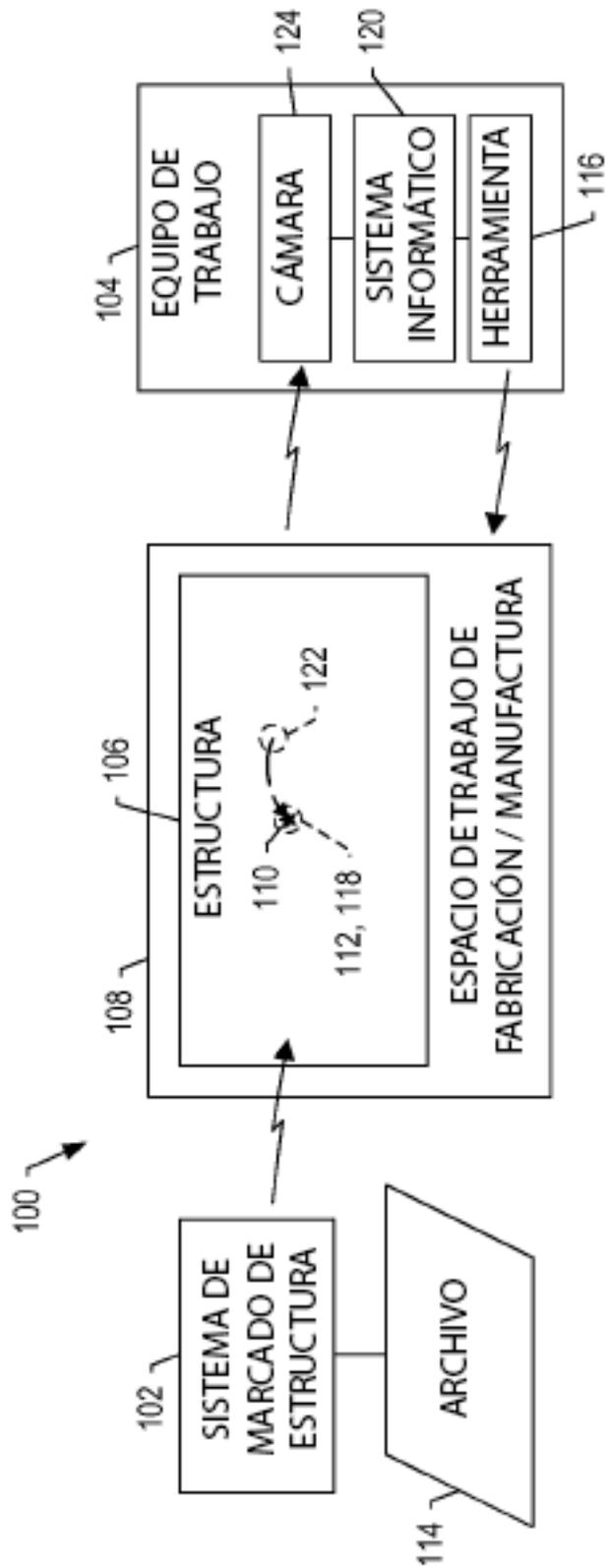


FIG. 1

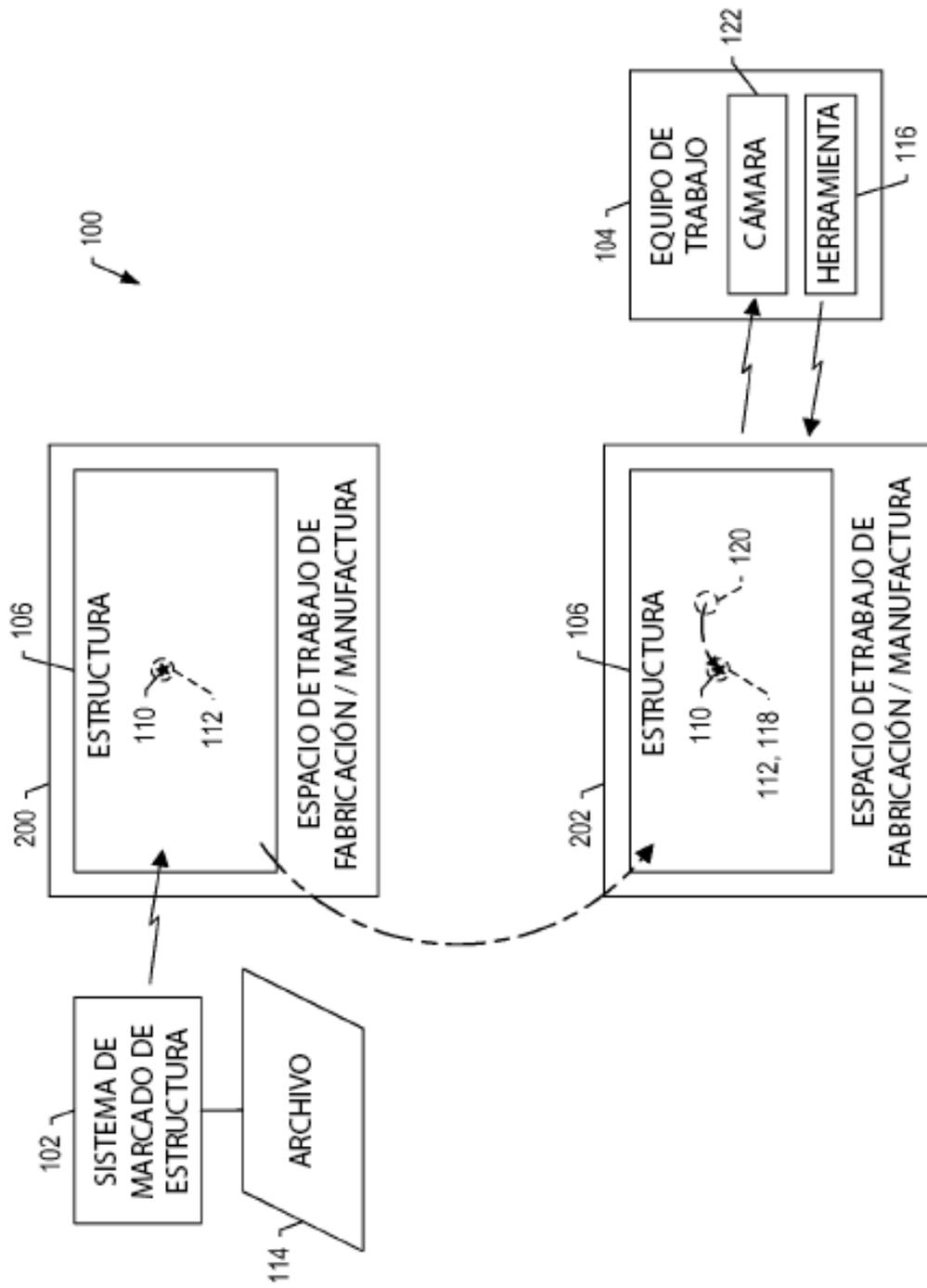


FIG. 2

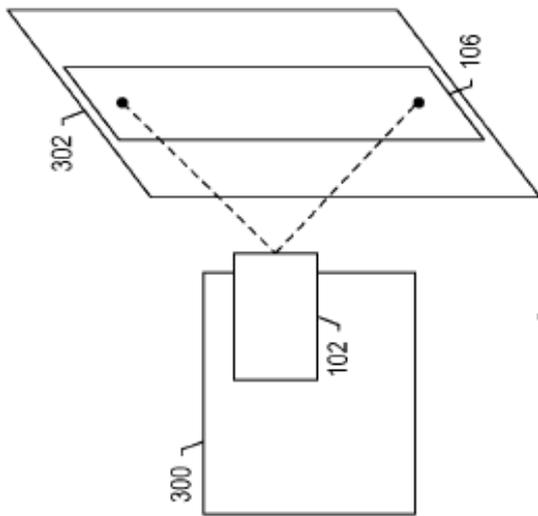


FIG. 3

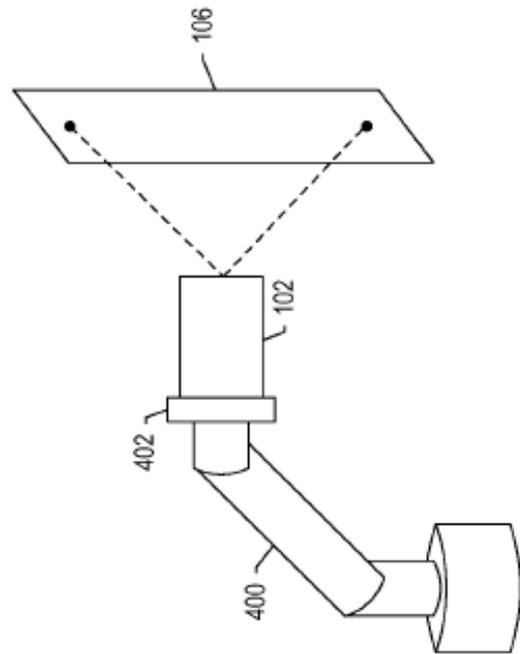


FIG. 4

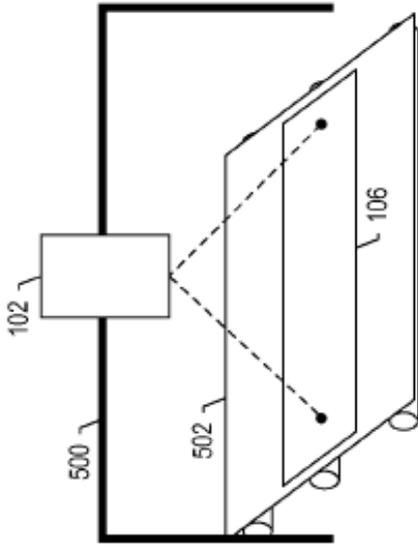


FIG. 5

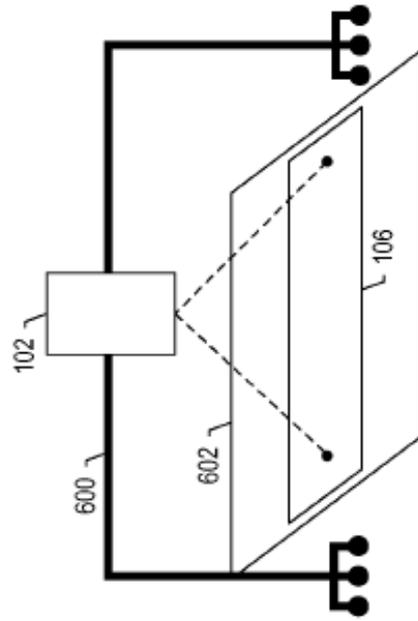


FIG. 6

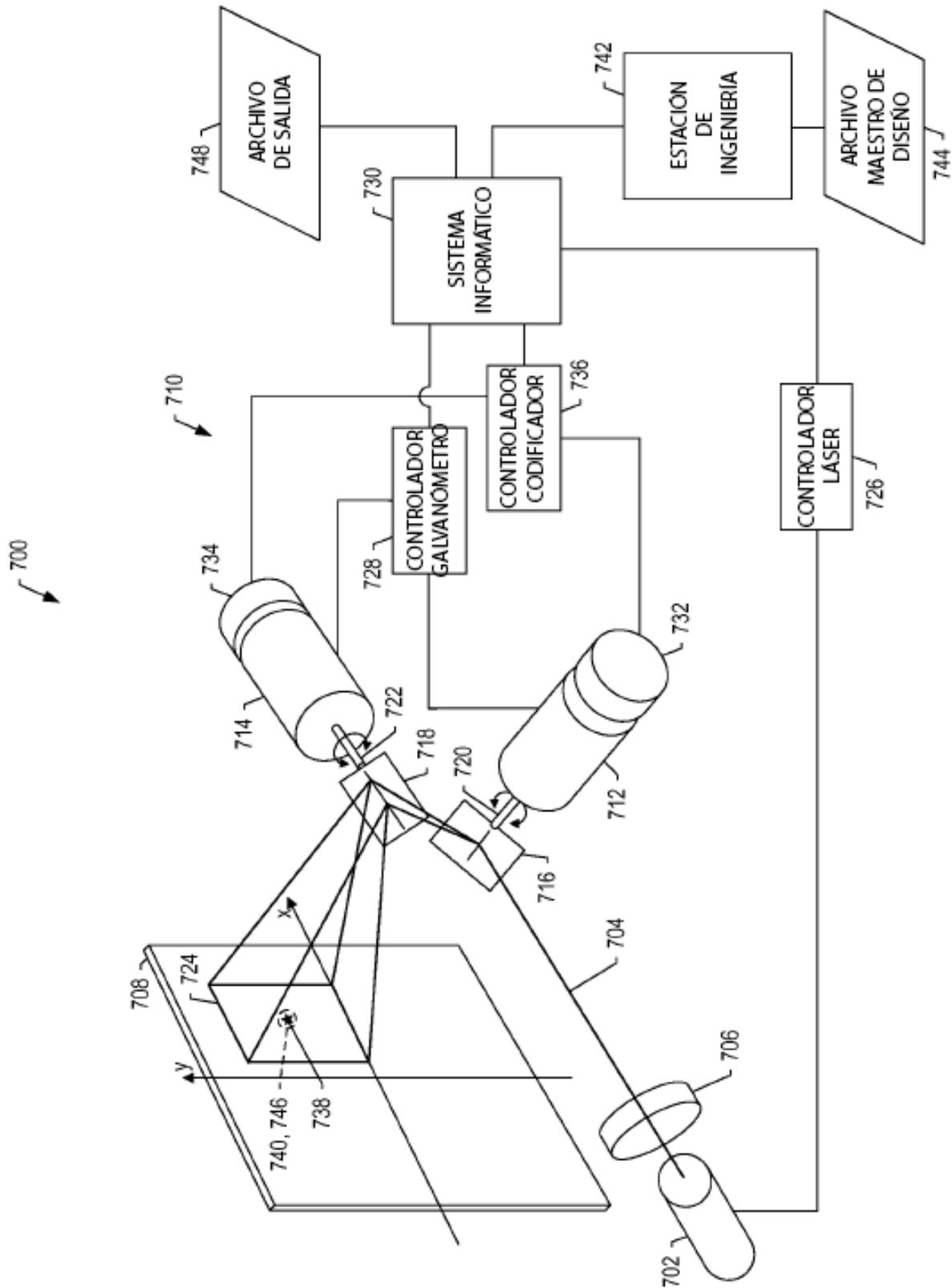


FIG. 7

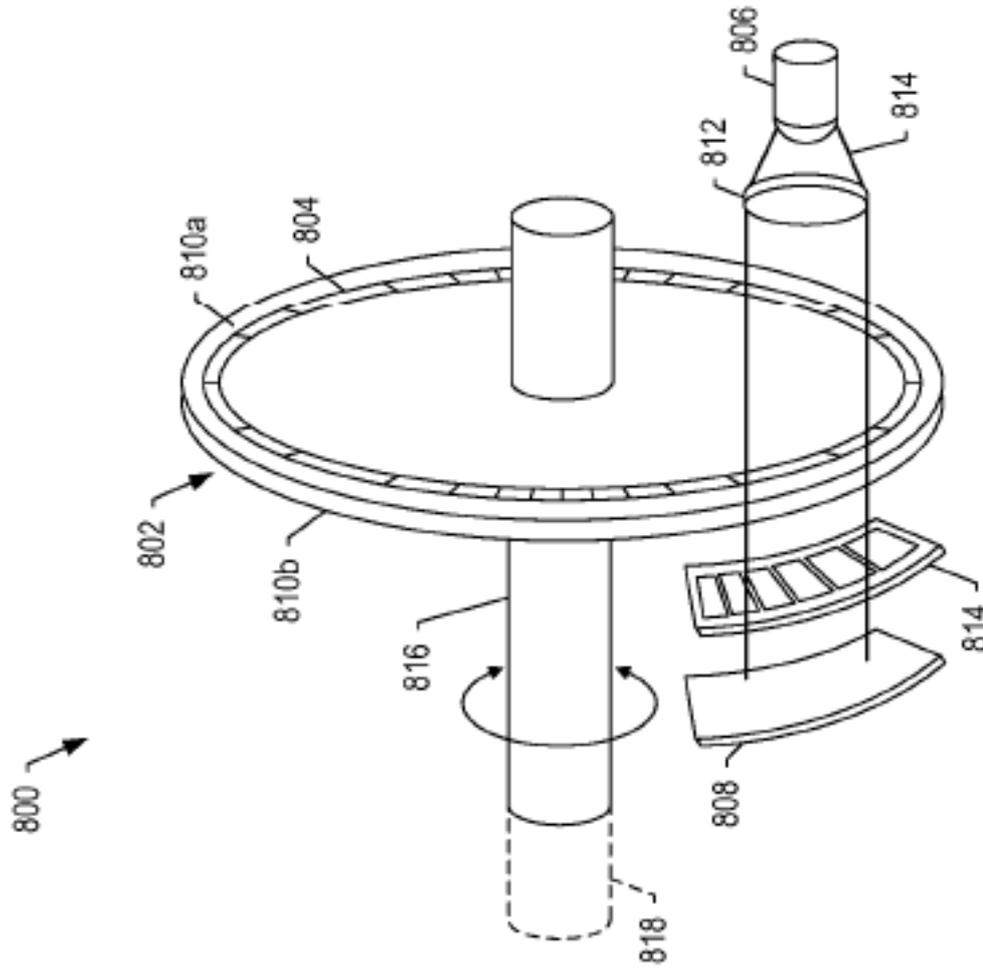


FIG. 8

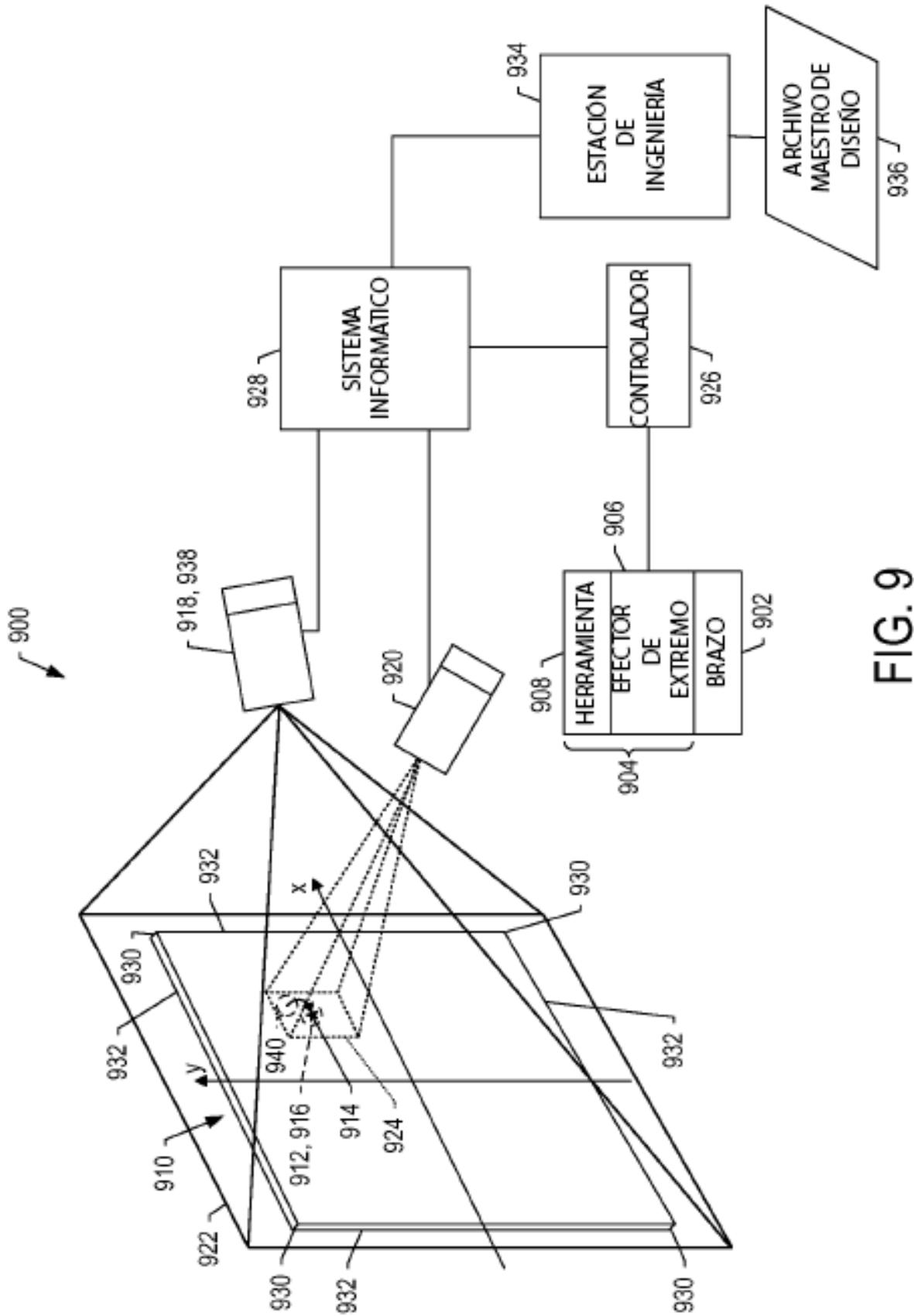


FIG. 9

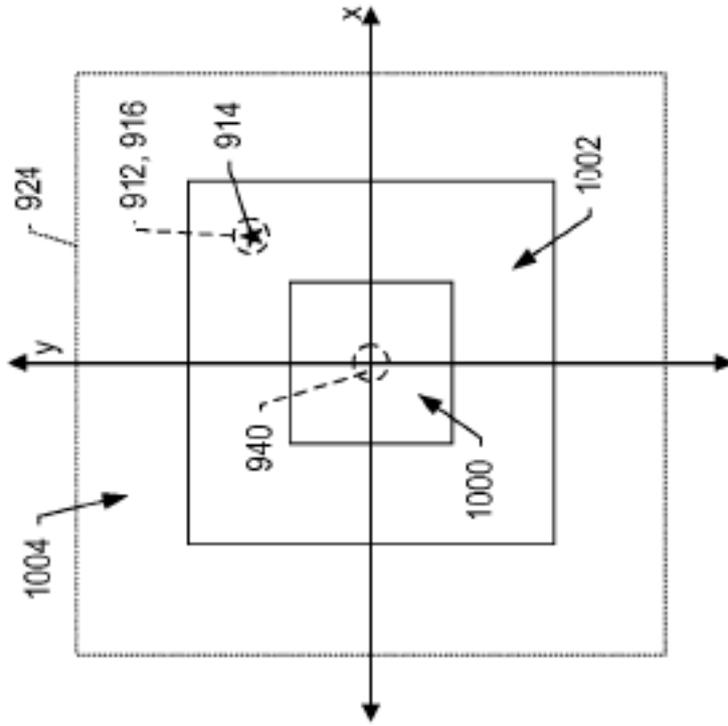


FIG. 10

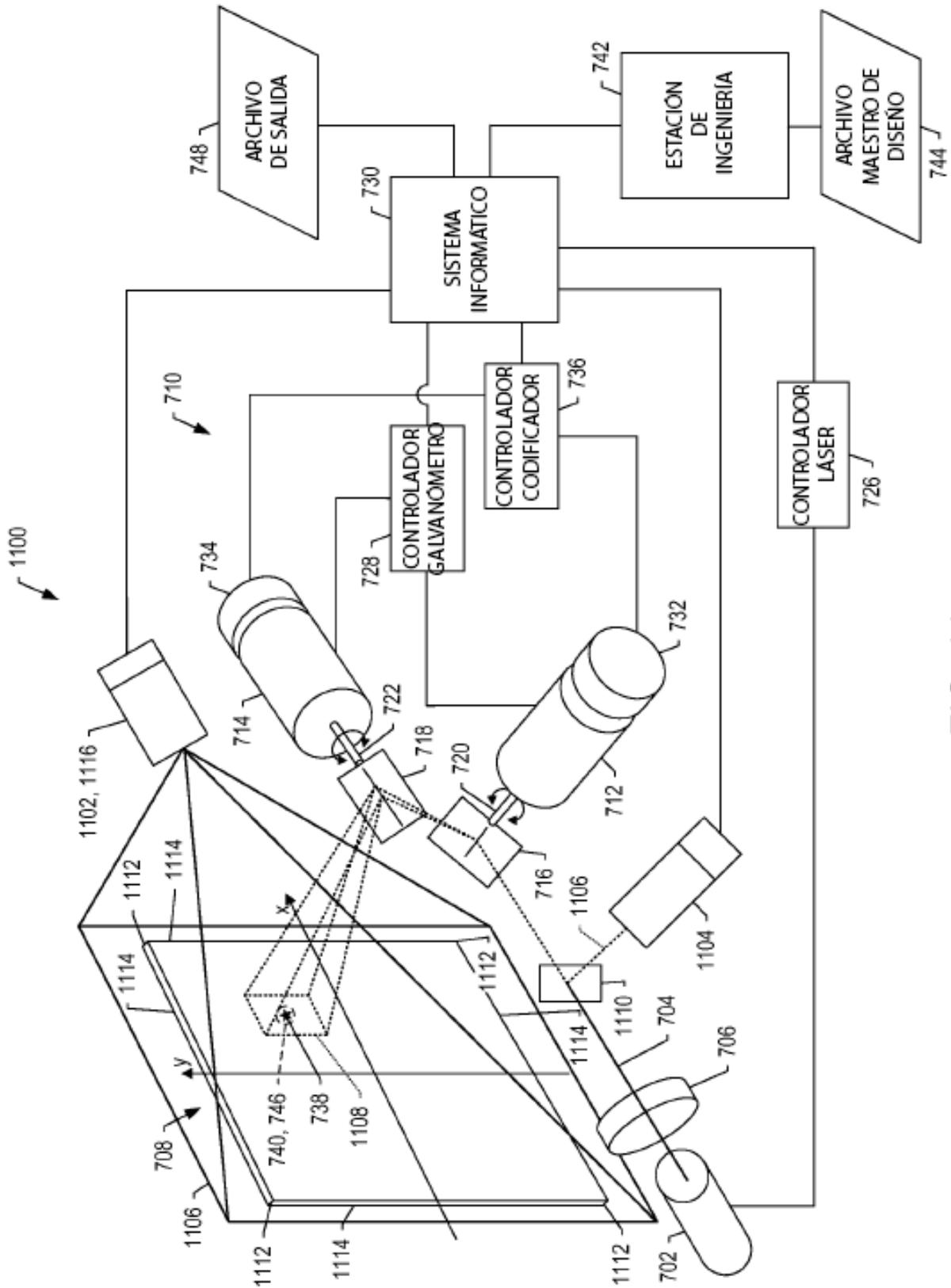


FIG. 11



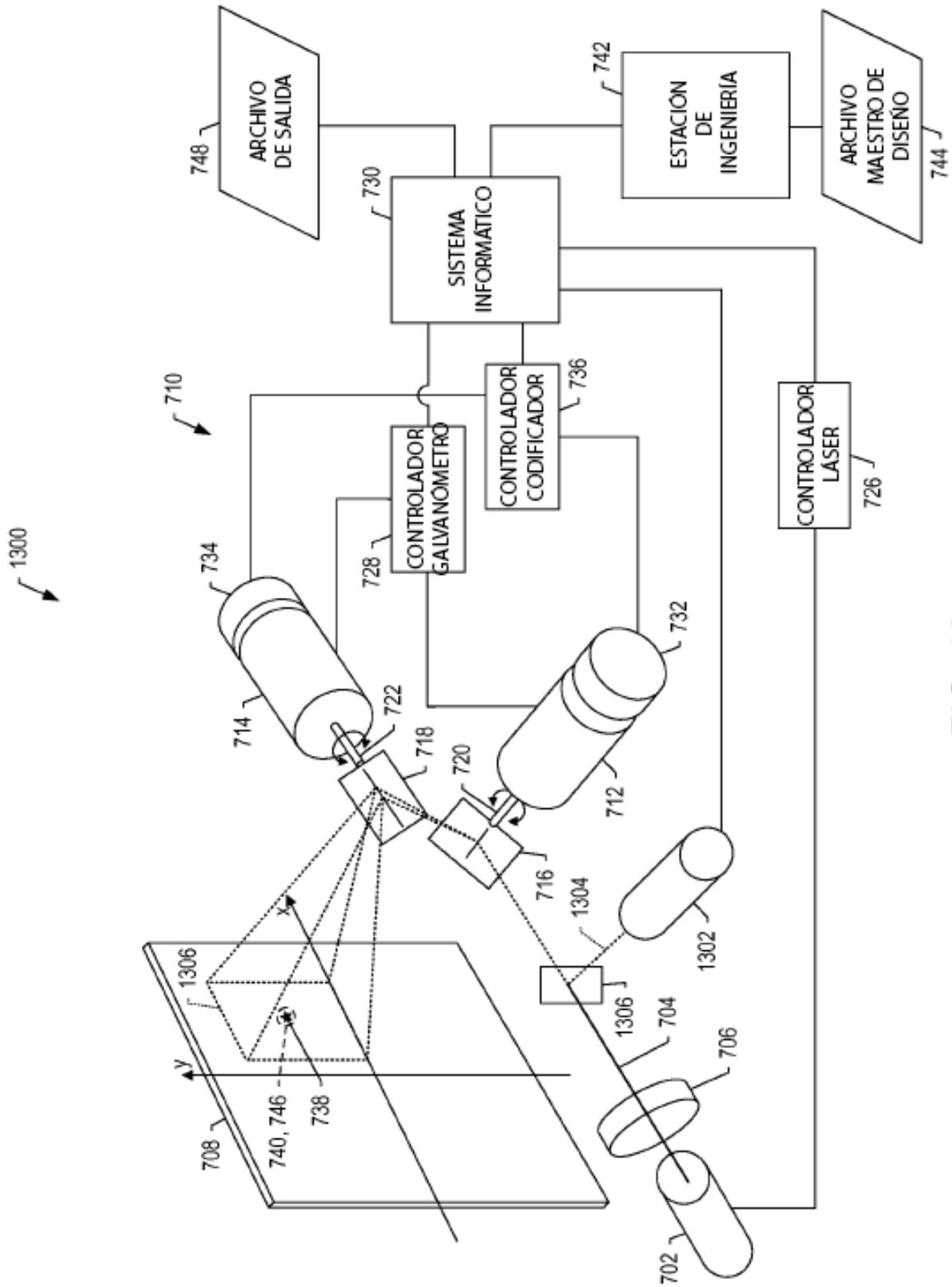


FIG. 13

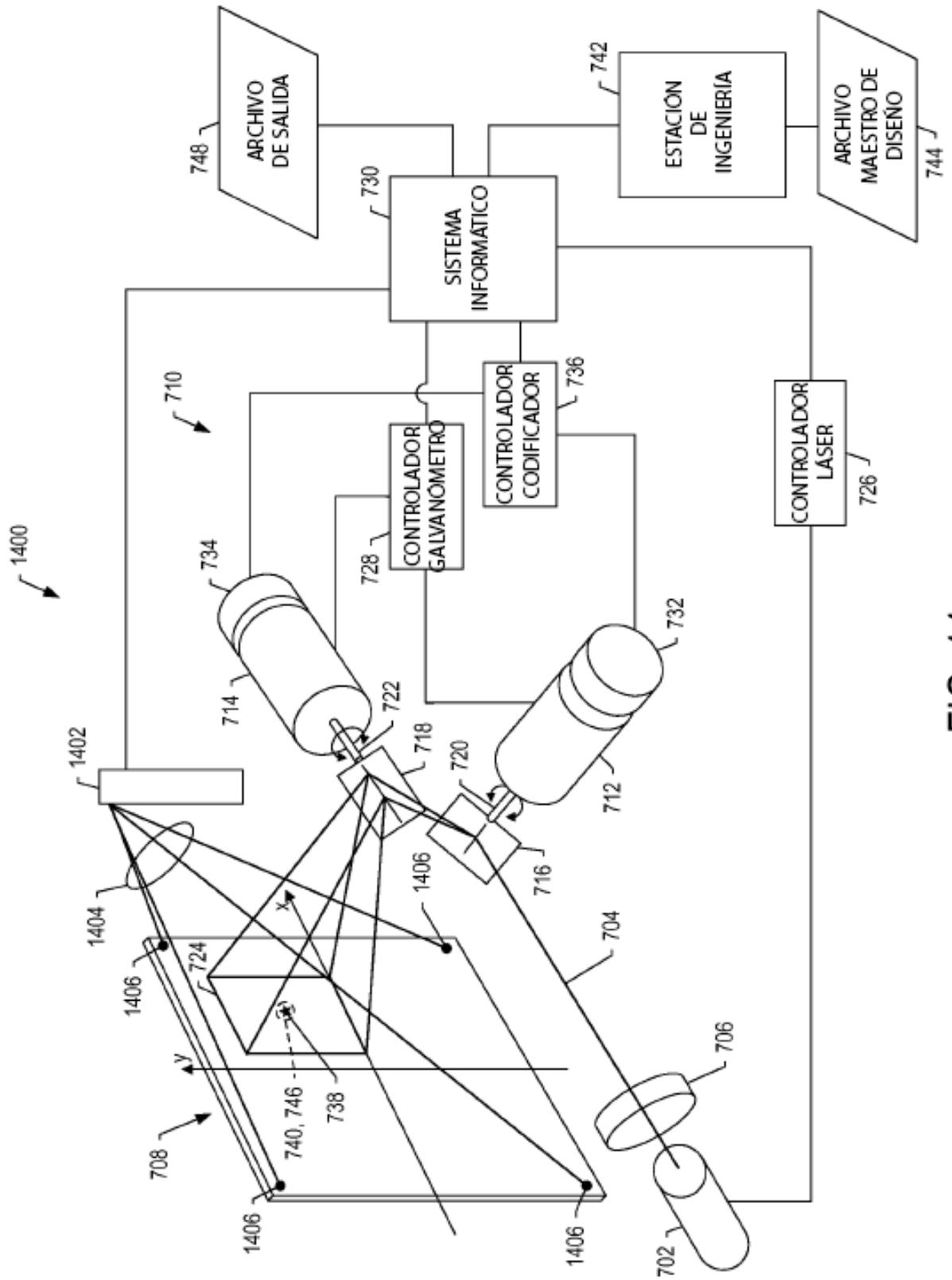


FIG. 14





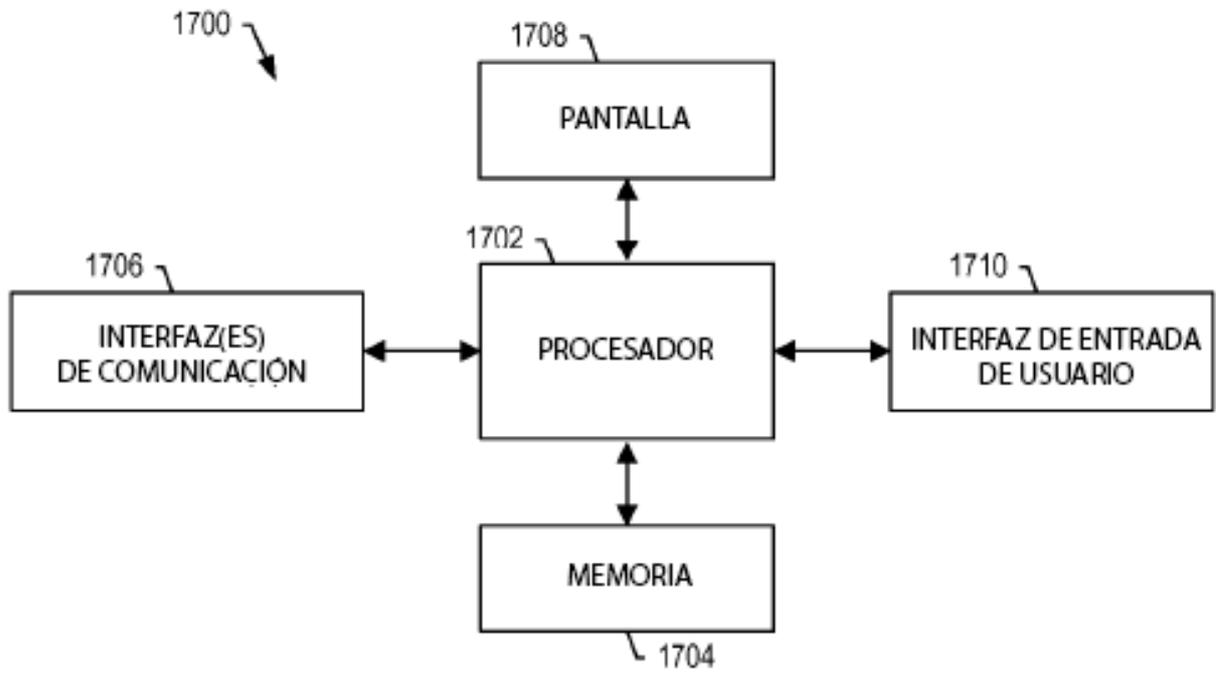


FIG. 17

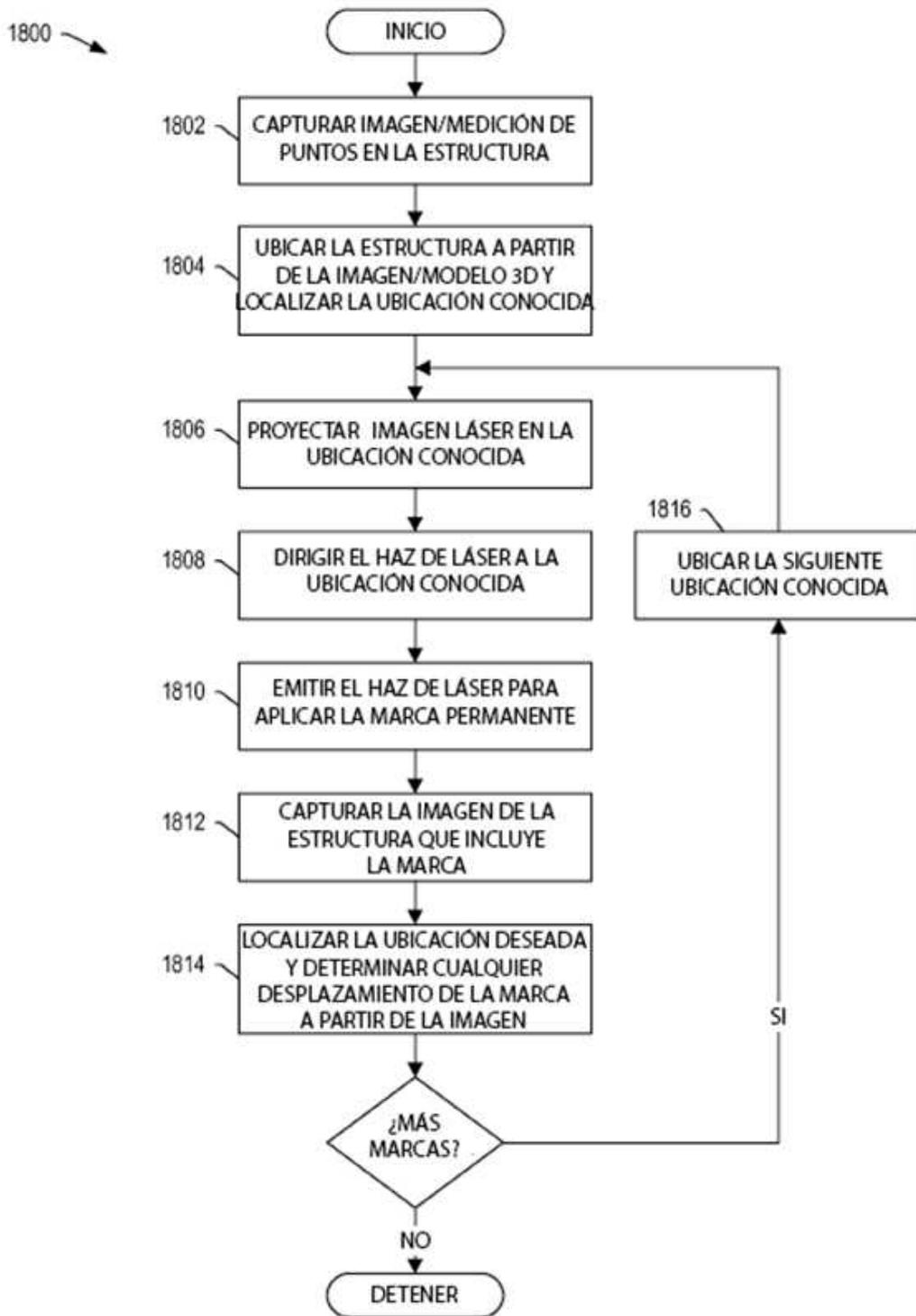


FIG. 18

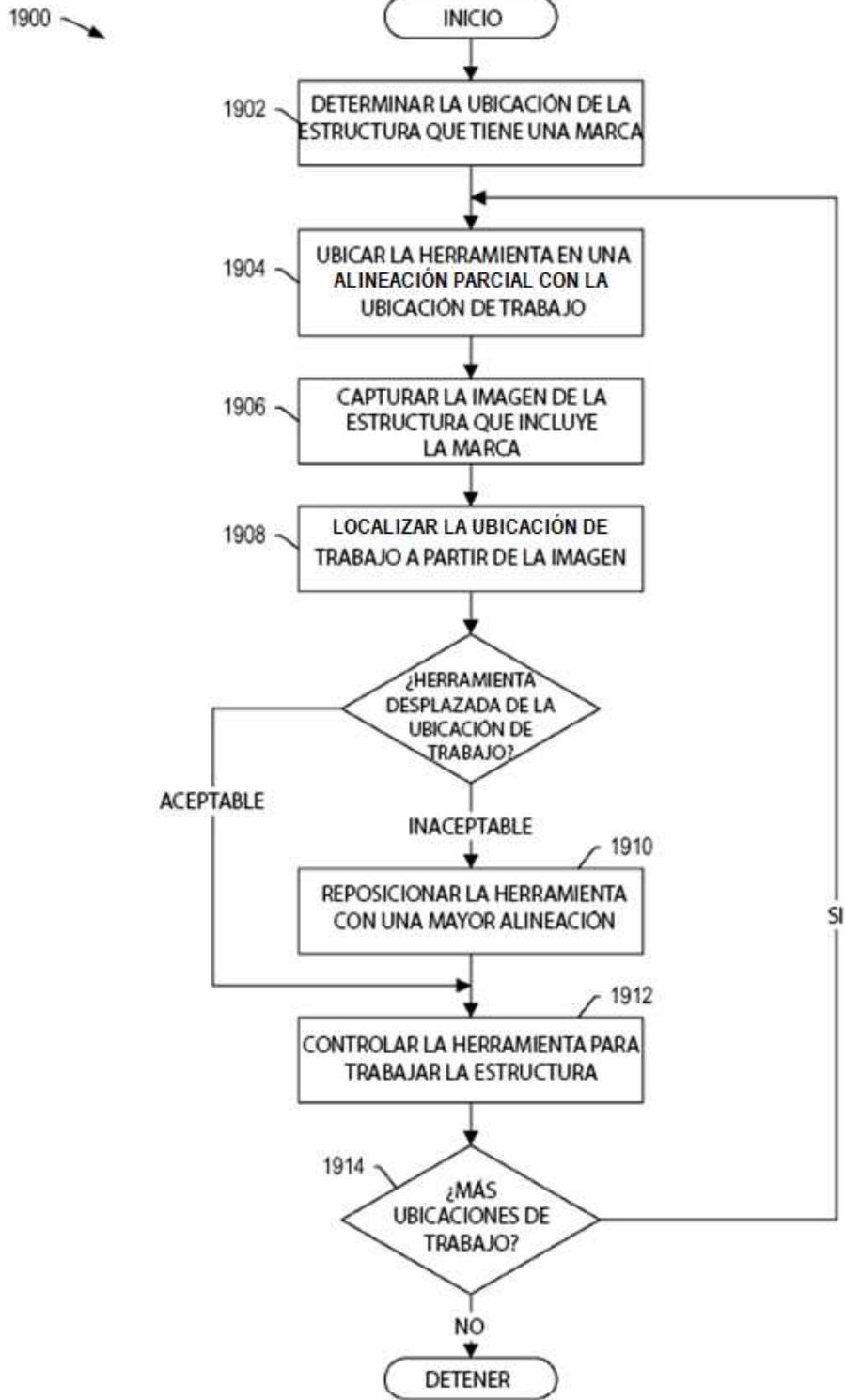


FIG. 19

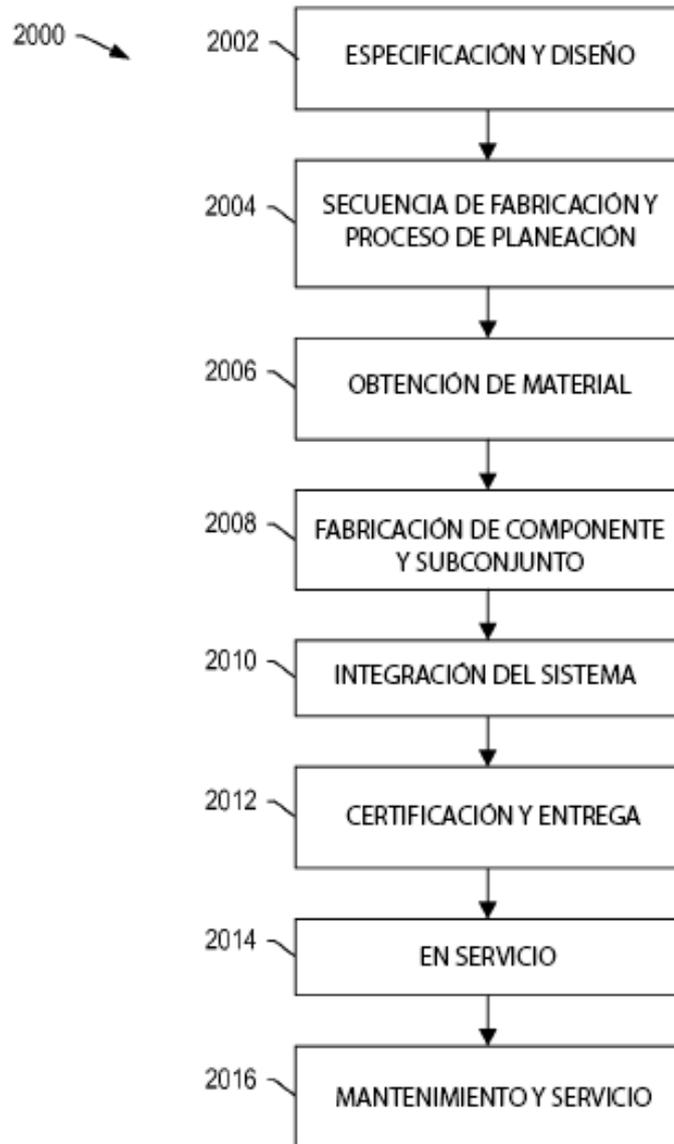


FIG. 20

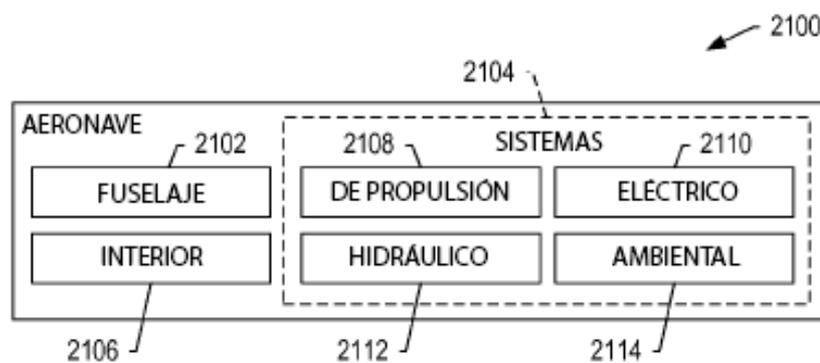


FIG. 21