

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 928 860**

51 Int. Cl.:

G05B 19/418 (2006.01)

G05D 1/02 (2010.01)

B64F 5/10 (2007.01)

B64F 5/60 (2007.01)

G06Q 10/04 (2012.01)

G06Q 50/04 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2017 E 17206759 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2022 EP 3367195**

54 Título: **Identificación de una ruta para condición de validación de montaje**

30 Prioridad:

23.02.2017 US 201715441104

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

23.11.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SZARSKI, MARTIN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 928 860 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

Identificación de una ruta para condición de validación de montaje

5 Antecedentes

1. Campo de la invención

10 La presente descripción se refiere a la fabricación y, de manera más particular, la realización de una validación automatizada de una condición de un montaje para una estructura.

2. Antecedentes de la invención

15 El montaje de una estructura que está comprendida de cientos de miles de partes puede ser un proceso complejo que implica múltiples etapas de montaje. Por consiguiente, la validación de una condición de montaje durante el curso de esas etapas de montaje ayuda a asegurar el control de calidad. Una "condición de montaje" para una estructura puede ser, por ejemplo, el grado al cual la construcción actual de la estructura coincide o se conforma con una especificación del diseño para esa estructura. Como un ejemplo, el montaje de una estructura de una aeronave, tal como un fuselaje, puede ser un proceso de múltiples etapas complejo. La validación de la condición del montaje del fuselaje, por ejemplo, después de
20 una etapa particular de montaje puede incluir determinar si la construcción actual del fuselaje está dentro de las tolerancias seleccionadas.

25 Actualmente, la validación de la condición del montaje de una estructura compleja, tal como un fuselaje, habitualmente se lleva a cabo manualmente. Por ejemplo, un operador humano puede inspeccionar manualmente un fuselaje y comparar la construcción del fuselaje a cientos de dibujos de ingeniería impresos del fuselaje, un modelo de diseño asistido por computadora (CAD) del fuselaje, o ambos. En algunos casos, este tipo de validación puede requerir que el operador tenga entrenamiento especial y experiencia para maniobrar a través de los dibujos o modelo del fuselaje. Adicionalmente, este tipo de evaluación puede consumir más tiempo y ser más propenso a error que los deseados. Por lo tanto, sería deseable tener métodos mejorados y sistemas para validar la condición de montaje para estructuras.

30 US 2016/0075020 A1 de acuerdo con su resumen, un sistema incluye un dispositivo robótico para mover una herramienta de inspección, un escáner acoplable al dispositivo robótico tal que el dispositivo robótico está configurado para mover automáticamente el escáner para recolectar datos asociados con una superficie del objeto, y un sistema informático configurado para determinar un perfil de la superficie asociada con la superficie del objeto con base en los datos, y generar
35 una ruta de herramienta para inspeccionar el objeto usando la herramienta de inspección con base en el perfil de superficie.

40 US 2016/0264262 A1 de acuerdo con su resumen, un dispositivo para inspeccionar visualmente las superficies externas de una aeronave incluye un área de inspección para recibir una aeronave, al menos un robot de inspección visual, y un centro de control. Una plataforma móvil del robot soporta una torreta que tiene una unidad de observación. El robot incluye una unidad de procesamiento que guía la plataforma móvil y procesa los datos recibidos de la unidad de observación. La unidad de procesamiento del robot está configurada para controlar autónomamente el robot durante la inspección visual de las superficies externas de la aeronave estacionada en el área de inspección; para interrumpir una inspección visual en caso de una detección de una anomalía en la superficie externa de la aeronave; transmitir datos de inspección visual
45 al centro de control; y recibir instrucciones del centro de control.

50 EP 3 045 394 A1 de acuerdo con su resumen, se proporciona un método para reparar una estructura. El método incluye inspeccionar la estructura con un dispositivo robótico para identificar un defecto estructural en la estructura, generar una ruta de herramienta para reparar el defecto estructural, y transmitir la ruta de herramienta al dispositivo robótico desde una ubicación remota del dispositivo robótico.

Breve descripción de la invención

55 La invención reivindicada está dirigida a un método implementado por computadora de la reivindicación 1 y un aparato de la reivindicación 8.

Breve descripción de las figuras

60 Los aspectos de la presente descripción se entienden mejor a partir de la siguiente descripción detalladas cuando es leída con las figuras adjuntas. Se hace énfasis que, de acuerdo con la práctica estandarizada en la industria, varias características no están dibujadas a escala. De hecho, las dimensiones de las diversas características se pueden incrementar arbitrariamente o reducir la claridad de planteamiento. Además, la presente descripción puede repetir números de referencia y/o letras de los diversos ejemplos. Estas repeticiones para el propósito de simplicidad y claridad y no indica en sí mismo una relación entre los diversos ejemplos y/o configuraciones planeadas.

65 La **figura 1** es una ilustración de una aeronave;

La **figura 2** es un diagrama de bloques de un entorno de fabricación;

La **figura 3** es un diagrama de bloques de un generador de ruta y un sistema de sensor de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 4** es una vista isométrica de una estructura de fuselaje;

5 La **figura 5** es una ilustración de una imagen de una porción de una estructura de fuselaje;

La **figura 6** es una ilustración de un informe mostrado en una interfaz de usuario gráfica;

La **figura 7** es una ilustración de un método para llevar a cabo una validación automatizada de una condición de un montaje para una estructura;

10 La **figura 8** es una ilustración de un método para llevar a cabo una validación automatizada de una condición de un montaje para una estructura;

La **figura 9** es una ilustración de un método para llevar a cabo una validación automatizada de una condición de montaje para una estructura de aeronave;

La **figura 10** es una ilustración de un método para establecer una ruta para llevar a cabo un proceso de validación automatizado de acuerdo con una realización ilustrativa;

15 La **figura 11** es una ilustración de un método para determinar un conjunto óptimo de posiciones para llevar a cabo un proceso de validación automatizado;

La **figura 12** es un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de datos;

La **figura 13** es una ilustración de un método de fabricación y servicio; y

20 La **figura 14** es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

En la siguiente descripción, se exponen detalles específicos que describen algunos ejemplos consistentes con la presente descripción. Se exponen numerosos detalles específicos a fin de proporcionar un entendimiento completo de los ejemplos.

25 Será evidente, sin embargo, para uno experto en la técnica que algunos ejemplos se pueden practicar en algunos o todos estos detalles específicos. Los ejemplos específicos descritos en la presente pretenden ser ilustrativos pero no limitantes.

Un experto en la técnica puede llevar a cabo otros elementos que, aunque no descritos específicamente en este punto, están dentro del alcance y espíritu de esta descripción. Además, para evitar repetición innecesaria, una o más características mostradas y descritas en asociación con un ejemplo se pueden incorporar en otros ejemplos a menos que

30 se describa específicamente de otra manera o si la una o más características harían un ejemplo no funcional. En algunos casos, los métodos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos no se han descrito con detalle para no ensombrecer de esta manera innecesariamente los aspectos de los ejemplos.

Los ejemplos reconocen y toman en cuenta que automatizar la validación de la condición del montaje para una estructura puede permitir que esta validación se lleve a cabo más rápidamente y con precisión comparada con métodos manuales.

35 Además, al automatizar la condición de validación de montaje, el tiempo de inactividad necesario para este proceso de validación se puede reducir. Como un ejemplo ilustrativo, cuando la validación se debe llevar a cabo entre dos etapas de montaje, el proceso de validación puede reducir el tiempo de inactivación necesario antes de que comience la siguiente etapa de montaje.

Adicionalmente, los ejemplos proporcionan un método y aparato para automatizar la validación de una condición de montaje para una estructura en una manera que limite el tiempo y recursos de procesamiento necesarios para llevar a cabo esta validación.

40 Una pluralidad de imágenes de una estructura se genera usando un sistema de sensor. La estructura puede ser, por ejemplo, un fuselaje. La validación de la condición de un montaje para el fuselaje puede implicar, por ejemplo, sin limitación, confirmar la presencia de decenas de miles a cientos de miles de sujetadores en ubicaciones específicas. Cada imagen generada puede capturar de decenas, cientos, o miles de sujetadores.

La pluralidad de imágenes de fuselaje se registra un modelo informático de la estructura. Cada imagen en la pluralidad de imágenes se puede segmentar con base en el registro de la pluralidad de imágenes al modelo informático para formar una pluralidad de secciones de imagen. Una puntuación se puede generar para la condición de montaje del fuselaje con base en si cada sección de imagen en la pluralidad de secciones de imagen cumple con una condición correspondiente.

45 La puntuación puede indicar si la condición de montaje es validada.

El sistema de sensor que genera la pluralidad de imágenes se acopla a un vehículo guiado automatizado. El vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de una ruta predeterminada con respecto a la estructura para permitir que el sistema de sensor genere la pluralidad de imágenes. En particular, el vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de la ruta predeterminada tal que el sistema de sensor se puede mover en un conjunto óptimo de posiciones que permiten que se capture una totalidad de un área de la estructura que es de interés usando la menor cantidad de imágenes. De esta manera, el tiempo y los recursos de procesamiento necesarios para llevar a cabo la validación automatizada de la condición del montaje se puede reducir. Los ejemplos pueden proporcionar un método computarizado y aparato para identificar de manera eficiente el conjunto óptimo de posiciones de una pluralidad de posiciones de prueba. La pluralidad de las posiciones de prueba puede incluir, por ejemplo, sin limitación, cientos, miles, decenas de miles de posiciones de prueba.

50 El sistema de sensor que genera la pluralidad de imágenes se acopla a un vehículo guiado automatizado. El vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de una ruta predeterminada con respecto a la estructura para permitir que el sistema de sensor genere la pluralidad de imágenes. En particular, el vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de la ruta predeterminada tal que el sistema de sensor se puede mover en un conjunto óptimo de posiciones que permiten que se capture una totalidad de un área de la estructura que es de interés usando la menor cantidad de imágenes. De esta manera, el tiempo y los recursos de procesamiento necesarios para llevar a cabo la validación automatizada de la condición del montaje se puede reducir. Los ejemplos pueden proporcionar un método computarizado y aparato para identificar de manera eficiente el conjunto óptimo de posiciones de una pluralidad de posiciones de prueba. La pluralidad de las posiciones de prueba puede incluir, por ejemplo, sin limitación, cientos, miles, decenas de miles de posiciones de prueba.

55 El sistema de sensor que genera la pluralidad de imágenes se acopla a un vehículo guiado automatizado. El vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de una ruta predeterminada con respecto a la estructura para permitir que el sistema de sensor genere la pluralidad de imágenes. En particular, el vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de la ruta predeterminada tal que el sistema de sensor se puede mover en un conjunto óptimo de posiciones que permiten que se capture una totalidad de un área de la estructura que es de interés usando la menor cantidad de imágenes. De esta manera, el tiempo y los recursos de procesamiento necesarios para llevar a cabo la validación automatizada de la condición del montaje se puede reducir. Los ejemplos pueden proporcionar un método computarizado y aparato para identificar de manera eficiente el conjunto óptimo de posiciones de una pluralidad de posiciones de prueba. La pluralidad de las posiciones de prueba puede incluir, por ejemplo, sin limitación, cientos, miles, decenas de miles de posiciones de prueba.

60 El sistema de sensor que genera la pluralidad de imágenes se acopla a un vehículo guiado automatizado. El vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de una ruta predeterminada con respecto a la estructura para permitir que el sistema de sensor genere la pluralidad de imágenes. En particular, el vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de la ruta predeterminada tal que el sistema de sensor se puede mover en un conjunto óptimo de posiciones que permiten que se capture una totalidad de un área de la estructura que es de interés usando la menor cantidad de imágenes. De esta manera, el tiempo y los recursos de procesamiento necesarios para llevar a cabo la validación automatizada de la condición del montaje se puede reducir. Los ejemplos pueden proporcionar un método computarizado y aparato para identificar de manera eficiente el conjunto óptimo de posiciones de una pluralidad de posiciones de prueba. La pluralidad de las posiciones de prueba puede incluir, por ejemplo, sin limitación, cientos, miles, decenas de miles de posiciones de prueba.

65 Con referencia ahora a las figuras, en estos ejemplos ilustrativos, se puede usar el mismo número de referencia en más de una figura. Esta reutilización de un número de referencia en diferentes figuras representa el mismo elemento en las

diferentes figuras.

La **figura 1** es una ilustración de una aeronave, representada de acuerdo con un ejemplo. La aeronave **100** incluye el ala **102** y el ala **104** unidas al fuselaje **106**. La aeronave **100** incluye el motor **108** unido al ala **102** y un motor **110** unido al ala **104**. La aeronave **100** también incluye la sección de cola **112**. El estabilizador horizontal **114**, estabilizador horizontal **116**, y el estabilizador vertical **118** están unidos a la sección de cola **112**.

La aeronave **100** es un ejemplo de una aeronave fabricada usando métodos y sistemas para validación automatizada de la condición de montaje de acuerdo con los ejemplos descritos a continuación. Por ejemplo, sin limitación, el fuselaje **106** puede ser un ejemplo de una implementación de una estructura construida usando un proceso de múltiples etapas con validación automatizada de condición de montaje llevado a cabo después de al menos una etapa de montaje.

La **figura 2** es un diagrama de bloques de un entorno de fabricación representado de acuerdo con un ejemplo. El entorno de fabricación **200** es un ejemplo de un entorno en el que se puede llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202**. El proceso de validación automatizado **202** puede ser un proceso automatizado por el que la condición del montaje **204** para una estructura **206** se puede evaluar y determinar que ya sea es válido o inválido. En particular, el proceso de validación automatizado **202** puede permitir la condición del montaje **204** para la estructura **206** que se evalúa con cero o mínima implicación de operadores humanos. La condición del montaje **204** para la estructura **206** puede ser, por ejemplo, el grado al cual una construcción actual de la estructura **206** coincide o se conforma con una especificación del diseño para la estructura **206**.

Dependiendo de la implementación, la estructura **206** puede tomar un número de diferentes formas. En un ejemplo ilustrativo, la estructura **206** toma la forma de una estructura de fuselaje que está siendo montada para formar el fuselaje **106** de la aeronave **100** en la **figura 1**. En otros ejemplos ilustrativos, la estructura **206** puede ser un tipo diferente de estructura de aeronave, tal como el ala **102**, el ala **104**, o la sección de cola **112** de la aeronave **100** en la **figura 1**. En aún otros ejemplos ilustrativos, la estructura **206** puede ser una estructura de nave espacial, una estructura de embarcación, un submontaje para un vehículo terrestre, o algún otro tipo de estructura que se construya usando un proceso de montaje de múltiples etapas.

El sistema de validación **208** se puede usar para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202**. En un ejemplo ilustrativo, el sistema de validación **208** se puede usar para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** después de que sea completado una etapa particular de montaje. Esta etapa de montaje puede incluir, por ejemplo, sin limitación, la perforación de miles a decenas de miles de orificios en la estructura **206** y la instalación de miles a decenas de miles de sujetadores dentro de estos orificios.

En este ejemplo ilustrativo, el sistema de validación **208** incluye el sistema de sensor **210** y el validador **212**. El sistema de sensor **210** y el validador **212** se pueden acoplar comunicativamente. Por ejemplo, el sistema de sensor **210** y el validador **212** se pueden configurar para comunicarse usando uno o más enlaces de comunicación alámbricos, uno o más enlaces de comunicación inalámbricos, uno o más enlaces de comunicación ópticos o una combinación de los mismos.

En este ejemplo, el sistema de sensor **210** puede tomar la forma del sistema de imágenes **214**. El sistema de imágenes **214** pueden incluir una o más cámaras configuradas para generar datos de imagen **216** para el uso en general una variedad de imágenes **218** de la estructura **206**. Una imagen de la pluralidad de imágenes **218**, tal como la imagen **220**, puede capturar una porción de la estructura **206**. Esta porción de la estructura **206** puede ser una sección grande de la estructura **206**. Por ejemplo, sin limitación, cuando la estructura **206** toma la forma de una estructura de fuselaje, la imagen **220** puede capturar una sección de un panel de fuselaje, un panel de fuselaje completo, múltiples paneles de fuselaje, un piso, o alguna otra porción de la estructura de fuselaje.

En un ejemplo ilustrativo, el sistema de imágenes **214** se puede acoplar al vehículo guiado automatizado **222**. Por ejemplo, sin limitación, el sistema de imágenes **214** se puede unir de manera desmontable al vehículo guiado automatizado **222**, fijado permanentemente al vehículo guiado automatizado **222**, construido como parte del vehículo guiado automatizado **222**, o acoplado al vehículo guiado automatizado **222** en alguna otra manera.

El vehículo guiado automatizado **222** se puede mover a lo largo de la ruta predeterminada **224** con respecto a la estructura **206** para permitir que el sistema de sensor **210** genere datos de imagen **216** en el conjunto de posiciones **226** con respecto a la estructura **206**. EL conjunto de posiciones **226** puede ser un conjunto óptimo de posiciones seleccionado para permitir que una totalidad de un área de la estructura **206** que es de interés sea capturado usando en el menos número de imágenes. El vehículo guiado automatizado móvil **222** con respecto a la estructura **206** puede incluir el vehículo guiado automatizado móvil **222** dentro de un interior de la estructura **206**, a lo largo de un exterior de la estructura **206**, a lo largo de una plataforma situada una distancia seleccionada de la estructura **206**, a lo largo de un piso en una distancia seleccionada de la estructura **206**, a lo largo de un sistema de vías con respecto a la estructura **206**, en alguna otra manera adecuada, o una combinación de los mismos.

En otros ejemplos ilustrativos, el sistema de imágenes **214** puede comprender una pluralidad de sensores de imágenes **228** que se colocan en pluralidad de las posiciones fijas **230** con respecto a la estructura **206**. La pluralidad de posiciones fijas **230** puede ser una pluralidad óptima de posiciones seleccionadas para permitir que una totalidad de un área de la

estructura **206** que es de interés sea capturado usando la menor cantidad de imágenes y la menor cantidad de sensores de imágenes.

El sistema de sensor **210** puede enviar una pluralidad de imágenes **218** a un validador **212** para procesamiento. Dependiendo de la implementación, el validador **212** se puede implementar usando software, hardware, firmware, o una combinación de los mismos. Cuando se usa software, las operaciones llevadas a cabo por el validador **212** se pueden implementar usando, por ejemplo, sin limitación, un código de programa configurado para ejecutarse en una unidad procesadora. Cuando se usa firmware, las operaciones llevadas a cabo por el validador **212** se pueden implementar usando por ejemplo, sin limitación, un código de programa y datos almacenados en la memoria persistente para ejecutarse en una unidad procesadora.

Cuando se emplea hardware, el hardware puede incluir uno o más circuitos que operan para llevar a cabo las operaciones llevadas a cabo por el validador **212**. Dependiendo de la implementación, el hardware puede tomar la forma de un sistema de circuito, un circuito integrado, un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), un dispositivo lógico programable, algún otro tipo adecuado del dispositivo de hardware configurado para llevar a cabo cualquier número de operaciones, o una combinación de los mismos.

En un ejemplo ilustrativo, el validador **212** toma la forma del procesador **232**. En algunos ejemplos ilustrativos, el validador **212** puede ser un sistema informático que comprende una sola computadora o múltiples computadoras en comunicación entre sí. En un ejemplo ilustrativo, el validador **212** puede incluir el componente de procesamiento de imágenes **215** y componente de comparación **217**.

Después de recibir una pluralidad de imágenes **218** del sistema de sensor **210**, el validador **212** registra la pluralidad de imágenes **218** al modelo informático **236** de la estructura **206**. El modelo informático **236** puede ser, por ejemplo, un modelo de diseño asistido por computadora de la estructura **206**. En otros ejemplos ilustrativos, el modelo informático **236** puede comprender una pluralidad de dibujos de ingeniería digital **237** de la estructura **206**.

El validador **212** segmenta cada una de la pluralidad de imágenes **218** con base en el registro de la pluralidad de imágenes **218** al modelo informático **236** para formar una pluralidad de secciones de imágenes **238**. En particular, cada imagen en la pluralidad de imágenes **218** se puede segmentar para formar un conjunto de secciones de imagen, tal como el conjunto de secciones de imagen **240**, que se agrega a la pluralidad de secciones de imagen **238**.

Como un ejemplo ilustrativo, la imagen **220** se puede segmentar para crear un conjunto de secciones de imágenes **2140** con base en el registro de la imagen **220** al modelo informático **236**. Por ejemplo, con base en el registro de la imagen **220** para el modelo informático **236**, el validador **212** puede identificar cada ubicación en la imagen **220** en la que una sola característica de interés se espera que se observe. El validador **212** puede segmentar la imagen **220** para crear una sección de imagen de cada una de estas ubicaciones. De esta manera, cada sección de imagen del conjunto de secciones de imagen **240** captura una porción de la estructura **206** que se espera que tenga una sola característica de interés.

La sección de imagen **242** puede ser un ejemplo de uno del conjunto de secciones de imagen **240**. La sección de imagen **242** se puede esperar que capture una característica de interés seleccionada de un de, por ejemplo, sin limitación, un orificio, un sujetador instalado en un orificio, una ausencia de un orificio, una ausencia de un sujetador, o algún otro tipo de característica. La sección de imagen **242** puede segmentar de la imagen **220** que, por ejemplo, sin limitación, recortada, o de otra manera extraída de la imagen **220**.

Dependiendo de la implementación, el conjunto de secciones de imagen **240** formadas de la imagen **220** puede constituir la totalidad de la imagen **220** o solo una porción de la imagen **220**. Por ejemplo, sin limitación, en algunos casos, solo la porción de la imagen **220** esperada por tener características de interés se puede recortar, cortar o de otra manera extraer de la imagen **220**.

En algunos ejemplos ilustrativos, la recepción de la pluralidad de imágenes **218** del sistema de sensor **210**, el registro de la pluralidad de imágenes **218** al modelo informático **236**, y la segmentación de cada imagen de la pluralidad de imágenes **218** se puede llevar a cabo por el componente de procesamiento de imágenes **215** del validador **212**. En algunos casos, solo los pasos de registro y segmentación se pueden llevar a cabo por el componente de procesamiento de imágenes **215**.

Una vez que la pluralidad de secciones de imagen **238** se ha creado, el validador **212** puede generar la puntuación final **244** para la condición del montaje **204**. El validador **212** puede generar la puntuación final **244** con base en si cada sección de la imagen en la pluralidad de secciones de imagen **238** cumple con una condición correspondiente. En algunos casos, el componente de comparación **217** del validador **212** puede llevar a cabo una comparación de la pluralidad de secciones de imagen **238** para el modelo informático **236** para que genere la puntuación final **244**.

Por ejemplo, sin limitación, el validador **212** puede generar la puntuación inicial **245** al calcular el porcentaje de las secciones de imagen a la pluralidad de secciones de imagen **238** que cumplen con la condición correspondiente para cada sección de imagen respectiva. Se registra la condición correspondiente usada para evaluar cada sección de imagen se puede determinar con base en la porción correspondiente del modelo informático **236** para el cual cada sección de

imagen, tal como la sección de imagen **242**. Por ejemplo, la condición correspondiente para una sección de imagen particular puede ser la presencia o ausencia de una característica particular de interés, como se especificó por el modelo informático **236**. La característica de interés puede ser, por ejemplo, sin limitación, un orificio o un sujetador que se ha instalado en un orificio.

5 Como un ejemplo ilustrativo, el validador **212** puede comparar la sección de imagen **242** con la porción correspondiente del modelo informático **236** al cual se registra la sección de imagen **242**. Esta porción correspondiente del modelo informático **236** puede indicar que la condición correspondiente que se cumple en la presencia de un sujetador. El validador **212** puede usar una o más técnicas de reconocimiento de imagen para determinar si o no la sección de imagen **242** incluye un sujetador.

10 En otros ejemplos ilustrativos, todas las secciones de imagen en la pluralidad de secciones de imagen **238** se pueden evaluar con base en la misma condición correspondiente. Por ejemplo, la condición correspondiente puede ser la presencia de un sujetador. En este ejemplo, la puntuación inicial **245** puede ser el porcentaje de las secciones de imagen en la pluralidad de secciones de imagen **238** que incluyen un sujetador.

15 En algunos ejemplos ilustrativos, el validador **212** usa la puntuación inicial **245** como la puntuación final **244** para la condición de montaje **204**. La puntuación final **244** puede incluir que la condición del montaje **204** sea válida cuando la puntuación final **244** está arriba de un umbral seleccionado. El umbral seleccionado puede ser, por ejemplo, sin limitación, 84 por ciento, 88 por ciento, 92 por ciento, 95 por ciento, 97 por ciento, o algún otro porcentaje, dependiendo de la implementación.

20 En otros ejemplos ilustrativos, el validador **212** puede hacer ajustes para la puntuación inicial **245** con base en si uno o más eventos no de validación se han presentado para generar la puntuación **244**. Por ejemplo, con base en la porción del modelo informático **236** al cual la sección de imagen **242** se registra y la importancia de la condición correspondiente, la falla de la sección de imagen **242** para cumplir con esta condición correspondiente se puede considerar un evento no de validación. Cuando se presenta un evento no de validación, el validador **212** puede ajustar la puntuación inicial **245** por consiguiente.

25 En algunos casos, un solo evento no de validación puede provocar que el validador **212** ajuste la puntuación final **245** a 0 por ciento. De esta manera, un solo evento de invalidación puede provocar que una condición del montaje **204** se invalide a pesar de la puntuación inicial **245** estando arriba de umbral seleccionado. En otros casos, cada evento de invalidación puede provocar que el validador **212** reduzca la puntuación inicial **245** por una cantidad seleccionada. Algunos eventos de invalidación se pueden ponderar como más importante que los otros eventos de invalidación. Por ejemplo, el validador **212** se puede configurar para reducir la puntuación inicial **245** por una mayor cantidad con base en la ocurrencia de un tipo de evento de invalidación comparado con otro tipo de evento de invalidación. En aún otros ejemplos ilustrativos, el **212** puede usar la puntuación inicial **245** como la puntuación final **244** pero puede generar una alerta o marca cuando se han presentado uno o más eventos de invalidación.

30 El validador **212** puede crear el informe **246** que incluye la puntuación final **244**, así como cualquiera de las alertas o avisos que se han generado. En un ejemplo ilustrativo, el validador **212** muestra el informe **246** en la interfaz de usuario gráfica **248** en el sistema de visualización **250**. El sistema de visualización **250** puede acoplar comunicativamente el validador **212**. En otros ejemplos ilustrativos, el validador **212** puede mostrar solo la puntuación final **244** y cualquiera de las alertas o avisos que se han generado en la interfaz de usuario gráfica **248**. Cuando el sistema de visualización **250** puede ser parte del sistema de validación **208** o independiente del sistema de validación **208**, dependiendo de la implementación.

35 En algunos ejemplos ilustrativos, el validador **212** envía el informe **246** a la máquina controlada numéricamente computarizada **252** para procesamiento. El informe **246** se puede usar para ajustar la programación para la máquina numéricamente controlada computarizada **252** o generar un comando para la máquina numéricamente controlada computarizada **252**. Como un ejemplo ilustrativo, la máquina numéricamente controlada computarizada **252** puede ejecutar un programa que inicia una próxima etapa de montaje cuando la máquina numéricamente controlada computarizada **252** recibe el informe **246** indica que la condición del montaje **204** para la estructura **206** es válido.

40 De esta manera, el sistema de validación **208** permite que el proceso de validación automatizado **202** se lleve a cabo de manera eficiente. Este proceso de validación automatizado **202** puede reducir el tiempo de inactivación entre las etapas del montaje. Adicionalmente, el uso del sistema de validación **208** para validar la condición del montaje **204** de la estructura **206** puede incorporar la precisión con la cual se evalúa la condición del montaje **204**.

45 La **figura 3** es un diagrama de bloques de un generador de ruta y sistema de sensor **210** de la **figura 2**, representado de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, el generador de ruta **300** se implementa como parte del validador **212** en la **figura 2**.

50 En otros ejemplos ilustrativos, el generador de ruta **300** se puede implementar independientemente del validador **212**. Por ejemplo, el generador de ruta **300** se puede implementar en el procesador **302** dentro del sistema de validación **208**. El procesador **302** se puede acoplar comunicativamente por el procesador **232** en la **figura 2**. Adicionalmente, el procesador

302 se puede acoplar comunicativamente con el sistema de sensor **210**. En aún otros ejemplos ilustrativos, el generador de ruta **300** se puede implementar independientemente del sistema de validación **208**.

El generador de ruta **300** se usa para establecer la ruta **304** para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** en la **figura 2**. La ruta **304** se puede usar como la ruta predeterminada **224** en la **figura 2**. El generador de ruta **300** incluye el componente de registro **303** y el componente de optimización **305**.

De acuerdo con una realización ilustrativa, el sistema de sensor **210** se acopla al vehículo guiado automatizado **222**. El sistema de sensor **210** se mueve en la pluralidad de posiciones de prueba **306** con respecto a la estructura **206**. La pluralidad de posiciones de prueba **306** puede incluir, por ejemplo, sin limitación, decenas, cientos, miles, o decenas de miles de posiciones de prueba, dependiendo de la implementación. En un ejemplo ilustrativo, la pluralidad de posiciones de prueba **306** puede incluir entre **100** y **100,000** posiciones de prueba. La posición de prueba **308** es un ejemplo de la pluralidad de posiciones de prueba **306**. La posición de prueba **308** comprende tanto una ubicación como una orientación para el sistema de sensor **210**. Por consiguiente, la posición de prueba **308** define un campo de vista único para el sistema de sensor **210** con respecto a la estructura **206**.

El sistema de sensor **210** genera datos de imagen en cada posición de prueba de la pluralidad de posiciones de prueba **306** para construir la pluralidad de imágenes de prueba **310**. El sistema de sensor **210** entonces envía la pluralidad de imágenes de prueba **310** al generador de ruta **300** para procesamiento.

El generador de ruta **300** registra cada imagen de prueba de la pluralidad de imágenes de prueba **310** al modelo informático **236** de la estructura **206** para formar la pluralidad de imágenes registradas **312**. En particular, el componente de registro **303** del generador de ruta **300** registra cada imagen de prueba de la pluralidad de imágenes de prueba **310** al modelo informático **236**. La pluralidad de imágenes registradas **312** se agrega a recolección de imágenes registradas **314**. En este ejemplo ilustrativo, la recolección de las imágenes registradas **314** se puede almacenar en la estructura de datos **316**. La estructura de datos **316** puede tomar la forma de, por ejemplo, sin limitación, una base de datos, un depósito de datos, memoria asociativa, o algún otro tipo de estructura de datos.

El generador de ruta **300** determina qué posiciones de la pluralidad de posiciones de prueba **306** permitirán una totalidad de un área de la estructura **206** que es de interés al capturada usando el menor número de imágenes registradas de la recolección de imágenes registradas **314**. Las posiciones particulares identificadas forman el conjunto óptimo de posiciones **318**. El conjunto óptimo de posiciones **318** se puede usar como el conjunto de posiciones **226** en la **figura 2**. En un ejemplo ilustrativo, estos pasos descritos en lo anterior en la identificación del conjunto óptimo de posiciones **318** se puede llevar a cabo al optimizar el componente **305** del generador de ruta **300**.

En este ejemplo ilustrativo, el generador de ruta **300** usa el conjunto óptimo de posiciones **318** para establecer la ruta **304** para mover el vehículo guiado automatizado **222** con respecto a la estructura **206** para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202**. Por ejemplo, sin limitación, el generador de ruta **300** puede calcular la ruta **304** para mover el vehículo guiado automatizado **222** con respecto a la estructura **206** tal que el sistema de sensor **210** se puede mover en el conjunto óptimo de posiciones **318** en al menos una cantidad de tiempo. En algunos casos, la generación de ruta **304** se lleva a cabo al optimizar el componente **305**.

El generador de ruta **300** entonces genera el archivo informático **320** que identifica la ruta **304** para el vehículo guiado automatizado **222** y el conjunto óptimo de posiciones **318** para el sistema de sensor **210**. En un ejemplo ilustrativo, el archivo informático **320** se puede generar al optimizar el componente **305**.

En algunos ejemplos ilustrativos, el generador de ruta **300** puede enviar el archivo informático **320** al validador **212** en la **figura 2** para uso en llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** para validar la condición del montaje **204** para la estructura **206**. En otros ejemplos ilustrativos, el generador de ruta **300** puede almacenar el archivo informático **320** en el almacenamiento de datos **322**. El almacenamiento de datos **322** puede tomar la forma de memoria en comunicación con el procesador **302**, almacenamiento en la nube, o algún otro tipo de almacenamiento de datos.

En estos ejemplos, el archivo informático **320** se puede recuperar por el validador **212** del almacenamiento de datos **322** para uso en llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202**. El uso de la ruta **304** y el conjunto de posiciones óptimo **318** identificado en un archivo informático **320** como es predeterminado por la ruta **224** para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** puede reducir el tiempo y la cantidad de recursos de procesamiento necesarios para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202**.

La ruta **304** y el conjunto de posiciones óptimo **318** identificado en el archivo informático **320** se pueden usar para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** para otras estructuras. Por ejemplo, el validador **212** puede recuperar el archivo informático **320** para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** para una pluralidad de estructuras (no mostradas) que están siendo montadas con base en el modelo informático **236**. En otras palabras, la ruta **304** y el conjunto de posiciones óptimo se puede usar para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** para otras estructuras que coinciden con una misma especificación de diseño como la estructura **206**.

Las ilustraciones del entorno de fabricación **200** en la **figura 2**, el sistema de validación **208** en la **figura 2**, y el generador

de ruta **300** en la **figura 3** no pretenden implicar limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en la que se puede implementar una realización ilustrativa. Dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, otros componentes además de o en lugar de las ilustradas se pueden usar y algunos componentes pueden ser opcionales. Adicionalmente, los bloques pueden ser presentados para ilustrar componentes funcionales. Uno o más de estos bloques se pueden combinar, dividir, o combinar y dividir en diferentes bloques cuando se implementan.

Por ejemplo, cuando el vehículo guiado automatizado **222** se mueve a través de la estructura **206** en la forma de un fuselaje, tal como el fuselaje **106** en la **figura 1**, el vehículo guiado automatizado **222** se puede mover dentro de las porciones cilíndricas interiores del fuselaje. Sin embargo, en otros ejemplos ilustrativos, cuando la estructura **206** toma la forma del ala **102** en la **figura 1**, el vehículo guiado automatizado **222** se puede mover a lo largo de la superficie exterior del ala **102**. De esta manera, el vehículo guiado automatizado **222** se puede mover en diferentes formas con respecto a la estructura **206** dependiendo del tipo de estructura **206**.

La **figura 4** es una vista isométrica de una estructura del fuselaje, representada de acuerdo con un ejemplo. La estructura del fuselaje **400** puede ser un ejemplo de una implementación para la estructura **206** descrita en la **figura 2**. Adicionalmente, la estructura del fuselaje **400** puede estar en medio de un proceso de montaje para construir un fuselaje, tal como el fuselaje **106** en la **figura 1**.

La estructura del fuselaje **400** incluye una pluralidad de paneles del fuselaje **402**. En este ejemplo ilustrativo, la estructura del fuselaje **400** puede tener paneles del fuselaje superiores que no se muestran tal que el interior **404** de la estructura del fuselaje **400** se puede observar mejor.

El vehículo guiado automatizado **406** puede moverse a través del interior **404** de la estructura del fuselaje **400** para llevar a cabo varias operaciones usando el sistema de imágenes **408** unido al vehículo guiado automatizado **406**. El sistema de imágenes **408** puede ser un ejemplo de una implementación para el sistema de imágenes **214** en la **figura 2**. En un ejemplo ilustrativo, el sistema de imágenes **408** se puede controlar para cambiar la orientación con respecto a la estructura del fuselaje **400** tal que el sistema de imágenes **408** pueda capturar una vista diferente del interior **404**.

Dependiendo de la implementación, el sistema de imagen **408** puede tener uno o más grados de libertad lineal, uno o más grados de libertad rotacional, o una combinación de los mismos con respecto a un vehículo guiado automatizado **406**. Por consiguiente, el sistema de imagen **408** puede tener seis grados de libertad, tres grados de libertad, un grado de libertad, o algún otro número de grados de libertad con respecto al vehículo guiado automatizado **406**. Por ejemplo, sin limitación, el sistema de imagen **408** puede ser capaz de moverse con tres grados rotacionales de libertad con respecto al vehículo guiado automatizado **406**.

En un ejemplo ilustrativo, el vehículo guiado automatizado **406** se puede mover a través del interior **404** de la estructura de fuselaje **400** para el propósito de establecer una ruta, tal como la ruta **304** en la **figura 3**, para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** descrito en la **figura 2**. Por ejemplo, sin limitación, el vehículo guiado automatizado **406** se puede mover a lo largo de la ruta de prueba predeterminada **410** con respecto a la estructura del fuselaje **400**. En este ejemplo ilustrativo, la ruta de prueba predeterminada **410** puede ser una ruta de línea recta a lo largo de la línea central **412** de la estructura del fuselaje **400**. En otros ejemplos ilustrativos, la ruta de prueba predeterminada **410** puede ser una ruta curvada, una ruta en zigzag, o algún otro tipo de ruta.

Además, el vehículo guiado automatizado **406** se puede mover en varias posiciones a lo largo de la ruta de prueba predeterminada **410** para permitir que el sistema de imagen **408** se mueva en una pluralidad de posiciones de prueba. Por ejemplo, sin limitación, el vehículo guiado automatizado **406** se puede mover a aproximadamente 50 posiciones a lo largo de la ruta de prueba predeterminada **410**. En cada una de estas 50 posiciones, el sistema de imagen **408** se puede mover con respecto al vehículo guiado automatizado **406** en algún número de posiciones de prueba. Por ejemplo, sin limitación, el sistema de imagen **408** se puede mover en 10 o más posiciones de prueba en cada parada hecha por el vehículo guiado automatizado **406** a lo largo de la ruta de prueba predeterminada **410**. Cada posición de prueba comprende una ubicación de prueba y una orientación de prueba con respecto a un sistema de coordenadas de referencia. Este sistema de coordenadas de referencia puede ser un sistema de coordenadas para el vehículo guiado automatizado **406**, un sistema de coordenadas para la estructura del fuselaje **400**, o algún otro sistema de coordenadas.

En cada posición de prueba, el sistema de imagen **408** genera una imagen de prueba. La pluralidad de imágenes de prueba generadas por el sistema de imagen **408** se puede enviar a, por ejemplo, al generador de ruta **300** como se describe en la **figura 3** para procesamiento. El generador de ruta **300** puede usar estas imágenes de prueba para establecer la ruta **304** para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** para la estructura del fuselaje **400**. Una vez que la ruta **304** se ha establecido, la ruta **304** se puede usar para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** para la estructura del fuselaje **400**, así como otras estructuras del fuselaje que se montan de acuerdo con alguna especificación de diseño como la estructura del fuselaje **400**.

La **figura 5** es una ilustración de una imagen de una porción de la estructura del fuselaje **400** de las **figuras 4-5**, representada de acuerdo con el ejemplo. La imagen **500** puede ser un ejemplo de una implementación para la imagen **220** descrita en la **figura 2**. La imagen **500** se puede generar por, por ejemplo, el sistema de imagen **408** en la **figura 4**, dentro del interior **404** de la estructura del fuselaje **400**.

5 El validador **212** de la **figura 2** puede registrar la imagen **500** a un modelo informático para la estructura del fuselaje **400**. Con base en este registro, el validador **212** puede identificar las diversas porciones de la imagen **500** que se espera que tengan sujetadores instalados. El validador **212** entonces puede segmentar la imagen **500** en un conjunto de secciones de imagen **502**. Por ejemplo, sin limitación, el validador **212** puede recortar, cortar, o de otra manera extraer la pluralidad de secciones de imagen **502** de la imagen **500**. El conjunto de secciones de imagen **502** puede ser un ejemplo de una implementación, para el conjunto de secciones de imagen **240** descritas en la **figura 2**.

10 Cada sección de imagen de la pluralidad de secciones de imagen **502** entonces se puede analizar para determinar si la sección de imagen cumple con una condición correspondiente con base en el modelo informático para la estructura de fuselaje **400**. Por ejemplo, sin limitación, la condición correspondiente puede ser ya sea una presencia de un sujetador o la ausencia de un sujetador.

15 La **figura 6** es una ilustración de un informe mostrado en una superficie de usuario gráfica, representado de acuerdo con un ejemplo. El informe **600** se muestra en una interfaz de usuario gráfica **602**. El informe **600** puede ser un ejemplo de una implementación del informe **246** en la **figura 2**. La interfaz de usuario gráfica **602** puede ser un ejemplo de una implementación para la interfaz de usuario gráfica **248** en la **figura 2**. El informe **600** se puede generar por el validador **212** en la **figura 2** después de una validación automatizada de la condición del montaje para la estructura del fuselaje **400** en la **figura 4** que se ha llevado a cabo.

20 Como fue representado, el informe **600** incluye el diagrama **604**. El diagrama **604** puede representar el interior **404** de la estructura del fuselaje **400**. En este ejemplo ilustrativo, el diagrama **604** identifica la pluralidad de sujetadores esperados **606**, que pueden ser todos los sujetadores que se espera que estén presentes en la estructura del fuselaje **400** después de una etapa particular del montaje.

25 En este ejemplo ilustrativo, el conjunto de indicadores gráficos **608** se puede usar para indicar cada sujetador de la pluralidad de sujetadores esperados **606** que no se presenta en la estructura del fuselaje **400**. De esta manera, el diagrama **604** puede permitir que un operador humano observe el informe **600** para identificar fácil y rápidamente las ubicaciones en la estructura del fuselaje **400** que pueden requerir atención adicional.

30 Adicionalmente, el informe **600** también incluye información general **610**. Por ejemplo, sin limitación, la información general **610** puede incluir la fecha **612**, número de línea **614**, modelo **616**, y región de inspección **618**. La fecha **612** puede identificar la fecha en la que la validación automatizada de la condición del montaje se llevó a cabo. El número de línea **614** y el modelo **616** pueden identificar específicamente la estructura del fuselaje **400**. La región de inspección **618** puede identificar la región particular de la estructura del fuselaje **400** para la que la validación automatizada de la condición del montaje se llevó a cabo.

35 Adicionalmente, el informe **600** incluye el resumen de la condición **620**. El resumen de la condición **620** puede identificar los resultados de la validación automatizada de la condición del montaje. Por ejemplo, sin limitación, el resumen de la condición **620** puede identificar la puntuación final **622**, el número de problemas **624**, el número de sujetadores **626**, y número de secciones de imagen **628**. La puntuación final **622** puede ser un ejemplo de una implementación para la puntuación final **244** en la **figura 2**.

40 La puntuación final **622** identifica el porcentaje de secciones de imagen analizadas que cumplen con sus condiciones correspondientes respectivas. El número de problemas **624** identifica el número de problemas que se detectaron. En otras palabras, el número de problemas **624** puede identificar el número de secciones de imagen que no cumplen con sus condiciones correspondientes respectivas. El número de sujetadores **626** identifica el número de sujetadores que fueron reconocidos por el validador **212** usando una o más técnicas de imagen. El número de secciones de imagen **628** puede identificar el número total de secciones de imagen que se usaron y se analizaron para generar el informe **600**.

45 Las ilustraciones en la **figura 1** y **figuras 4-6** no cumplen para implicar limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en la que se puede implementar un ejemplo. Se pueden usar otros componentes además de o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales. Los diferentes componentes mostrados en la **figura 1** y las **figuras 4-6** pueden ser ejemplos ilustrativos de cómo los componentes mostrados en la forma de bloque en las **figuras 2** y **3** se pueden implementar como estructuras físicas. Adicionalmente, algunos de los componentes en la **figura 1** y **figuras 4-6** se pueden combinar con los componentes en las **figuras 2** y **3**, usados con los componentes en las **figuras 2** y **3**, de otra manera implicados con los componentes en las **figuras 2** y **3**, o una combinación de los mismos.

50 La **figura 7** es una ilustración de un método para llevar a cabo una validación automatizada de una condición del montaje para una estructura, representada de acuerdo con un ejemplo. El método **700** ilustrado en la **figura 7** se puede usar para llevar a cabo, por ejemplo, el proceso de validación automatizado **202** como se describe previamente en la **figura 2**. El método **700** se ilustra como un conjunto de operaciones o procesos. No todas las operaciones ilustradas se pueden llevar a cabo en todos los ejemplos del método **700**. Adicionalmente, uno o más procesos que no se ilustran expresamente en la **figura 7** se pueden incluir antes, después, entre, o como parte de las operaciones. En algunos ejemplos, una o más de estas operaciones pueden ser opcionales y por lo tanto omitidas.

El método **700** comienza al registrar una pluralidad de imágenes de la estructura un modelo informático de la estructura en la que una imagen en la pluralidad de imágenes captura una porción de la estructura (operación **702**). En la operación **702**, la estructura puede ser, por ejemplo, una estructura de fuselaje tal como la estructura del fuselaje **400** en la **figura 4**. En otros ejemplos ilustrativos, la estructura puede ser algún otro tipo de estructura de aeronave. Después, cada imagen en la pluralidad de imágenes se puede segmentar con base en el registro de la pluralidad de imágenes al modelo informático para llevar a cabo una pluralidad de secciones de imagen (operación **704**). La operación **704** se puede llevar a cabo usando, por ejemplo, sin limitación, una o más técnicas de reconocimiento y registro de imágenes.

Después, una puntuación final para la condición del montaje de la estructura se puede generar con base en si cada sección de imagen en la pluralidad de secciones de imagen cumple con una condición correspondiente en la que la puntuación final indica si la condición del montaje es válida (operación **706**). En un ejemplo ilustrativo, la puntuación final puede ser el porcentaje de la pluralidad de secciones de imagen que cumplen con su condición correspondiente respectiva con base en su registro al modelo informático. La puntuación final entonces se puede mostrar en una interfaz de usuario gráfica en un sistema de visualización (operación **708**), con el proceso que termina después. Cada una de las operaciones del proceso de validación automatizado descrito en el método **700** en la **figura 7** se puede llevar a cabo de manera autónoma.

La **figura 8** es una ilustración de un método para llevar a cabo una validación automatizada de una condición del montaje para una estructura, representada de acuerdo con un ejemplo. El método **800** ilustrado en la **figura 8** se puede usar para llevar a cabo, por ejemplo, el proceso de validación automatizado **202** como se describe previamente en la **figura 2**. El método **800** se ilustra como un conjunto de operaciones o procesos. No todas las operaciones ilustradas se pueden llevar a cabo en todos los ejemplos del método **800**. Adicionalmente, uno o más procesos que no se ilustran expresamente en la **figura 8** se pueden incluir antes, después, entre, o como parte de las operaciones. En algunos ejemplos, una o más de las operaciones pueden ser opcionales y por lo tanto omitidas.

El método **800** puede comenzar al generar una pluralidad de imágenes de una estructura usando un sistema de sensor (operación **802**). En un ejemplo ilustrativo, el sistema de sensor comprende una pluralidad de sensores colocados en una pluralidad de posiciones fijas con respecto a la estructura. En otros ejemplos ilustrativos, el sistema de sensor se puede acoplar a un vehículo guiado automatizado. En estos ejemplos, el vehículo guiado automatizado se puede mover a lo largo de una ruta predeterminada con respecto a la estructura para mover el sistema de sensor en un conjunto de posiciones para generar la pluralidad de imágenes. El conjunto de posiciones puede ser un conjunto de posiciones óptimo que permite una totalidad de un área o región de la estructura que es de interés que se capture con el menor número de imágenes.

Después, la pluralidad de imágenes de la estructura se registra a un modelo informático de la estructura (operación **804**). En la operación **804**, el modelo informático puede ser, por ejemplo, sin limitación, un modelo de diseño asistido por computadora. Entonces, cada imagen en la pluralidad de imágenes se segmenta en un conjunto de secciones de imágenes para formar de esta manera una pluralidad de secciones de imagen (operación **806**). La operación **806** se puede llevar a cabo, por ejemplo, sin limitación, recorte, corte, o de otra manera extraer uno o una o más secciones de imagen de cada imagen. En algunos casos, la totalidad de la imagen se puede segmentar. En otros casos, solo ciertas porciones de la imagen se pueden segmentar tal que cada sección de imagen creada captura una porción de la estructura que se espera que tenga una sola característica de interés. La única característica de interés puede ser, por ejemplo, sin limitación, un orificio, un sujetador instalado en el orificio, o algún otro tipo de característica que se puede detectar visualmente.

Después, un porcentaje de la pluralidad de secciones de imagen que cumplen con una condición correspondiente para cada sección de imagen respectiva se calcula para generar una puntuación inicial para la condición o montaje para la estructura (operación **808**). En la operación **808**, una condición correspondiente para una sección de imagen particular puede ser, por ejemplo, ya sea una presencia o ausencia de una característica particular de interés. En algunos ejemplos ilustrativos, la condición correspondiente se puede seleccionar de una de una presencia de un orificio, una presencia de un sujetador instalado en un orificio, una ausencia de un orificio, una ausencia de un sujetador en un orificio, o algún otro tipo de condición.

Se puede hacer una determinación en cuánto si cualquiera de los eventos de invalidación se ha identificado (operación **810**). En la operación **810**, un evento de invalidación puede ser, por ejemplo, una sección de imagen particular que no cumple con una condición correspondiente que es crítica con la condición del montaje para la estructura. Por ejemplo, en algunos casos, la presencia de un sujetador en una ubicación particular puede ser crítica a la condición del montaje. Si cualquiera de los eventos de invalidación se ha identificado, la puntuación inicial se ajusta para generar una puntuación final para la condición del montaje para la estructura (operación **812**). En particular, en la operación **812**, la puntuación inicial se ajusta con base en los eventos de invalidación identificados. En la operación **812** se puede llevar a cabo, por ejemplo, al ajustar la puntuación inicial a cero por ciento para indicar que los eventos de invalidación han hecho la condición del montaje invalidado. En otros ejemplos ilustrativos, se puede hacer un ajuste a la puntuación inicial para cada evento de invalidación, con el ajuste que se pondera con base en una importancia de cada evento de invalidación a la condición del montaje para la estructura.

Luego se genera un informe que incluye la puntuación final y un diagrama que representa la estructura y las características

de interés en la estructura (operación **814**). El informe se envía a una máquina numéricamente controlada computarizada para procesamiento (operación **816**), con el proceso que termina después. En algunos casos, el informe se usa para ajustar la máquina numéricamente controlada computarizada o generar un comando para la máquina numéricamente controlada computarizada.

5

Con referencia nuevamente a la operación **810**, si no se han identificado eventos de invalidación, la puntuación inicial se usa como la puntuación final para la condición del montaje para la estructura (operación **818**). El método **800** luego procede al proceso **814** como se describe en lo anterior.

10

La **figura 9** es una ilustración de un método para llevar a cabo una validación automatizada de una condición del montaje para una estructura de aeronave, representada de acuerdo con un ejemplo. El método **900** ilustrado en la **figura 9** se puede usar para llevar a cabo, por ejemplo, el proceso de validación automatizado **202** como se describe previamente en la **figura 2**. El método **900** se ilustra como un conjunto de operaciones o procesos. No todas las operaciones ilustradas se pueden llevar a cabo en todos los ejemplos del método **900**. Adicionalmente, uno o más procesos que no se ilustran expresamente en la **figura 9** se pueden incluir antes, después, entre, o como parte de las operaciones. En algunos ejemplos, una o más de las operaciones pueden ser opcionales y por lo tanto omitidas.

15

El método **900** puede comenzar al generar datos de imagen para uso en generar una pluralidad de imágenes de una estructura de aeronave usando un sistema de sensor unido a un vehículo guiado automatizado en el que una imagen en la pluralidad de imágenes captura una porción de la estructura del aeronave (operación **902**). Después, la pluralidad de imágenes se envía a un validador para procesamiento (operación **904**). El validador se puede implementar usando un procesador o sistema informático. La pluralidad de imágenes se puede registrar a un modelo informático de la estructura de aeronave (operación **906**).

20

Después, cada imagen en la pluralidad de imágenes se puede segmentar con base en el registro de la pluralidad de imágenes al modelo informático para formar una pluralidad de secciones de imagen (operación **908**). Una puntuación final se genera para la estructura de aeronave con base en si cada sección de imagen en la pluralidad de secciones de imagen cumple con una condición correspondiente con respecto al modelo informático de la estructura de aeronave (operación **910**). En la operación **910**, la puntuación final indica si la condición del montaje para la estructura es válido. La puntuación final entonces se muestra en una interfaz de usuario gráfica en un sistema de visualización (operación **912**) con el proceso después.

30

La **figura 10** es una ilustración de un método para establecer una ruta para llevar a cabo un proceso de validación automatizado, representado de acuerdo con una realización ilustrativa. El método **1000** ilustrado en la **figura 10** se puede usar para establecer una ruta, tal como la ruta **304** en la **figura 3**, para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** como se describe previamente en la **figura 2**. El método **1000** se ilustra como un conjunto de operaciones o procesos. No todas las operaciones ilustradas se pueden llevar a cabo en todos los ejemplos del método **1000**. Adicionalmente, uno o más procesos que no se ilustran expresamente en la **figura 10** se pueden incluir antes, después, entre, o como parte de las operaciones. En algunos ejemplos, una o más de las operaciones pueden ser opcional y por lo tanto se omite.

35

40

El método **1000** comienza al mover un sistema de sensor acoplado a un vehículo guiado automatizado en una pluralidad de posiciones de prueba con respecto a la estructura (operación **1002**). La operación **1002** se puede llevar a cabo, por ejemplo, al mover el vehículo guiado automatizado a lo largo de una ruta de prueba predeterminada para permitir que el sistema de sensor se mueva en la pluralidad de posiciones de prueba. Después, los datos de imagen se generan en cada posición de prueba de la pluralidad de posiciones de prueba usando el sistema de sensor para construir una pluralidad de imágenes de prueba (operación **1004**). Cada imagen de prueba de la pluralidad de imágenes de prueba se registra a un modelo informático de la estructura para formar una pluralidad de imágenes registradas que se agregan a una recolección de imágenes registradas (operación **1006**).

45

50

La operación **1006** se puede llevar a cabo, por ejemplo, sin limitación, al extraer correspondencias entre las características de la estructura que se detectan en una imagen de prueba y esas mismas características en el modelo informático. Este proceso puede incluir usar, por ejemplo, varios algoritmos y metodologías, incluidas, pero no limitadas a, RANSAC (el algoritmo Consenso de Muestra Aleatorio) e ICP (el algoritmo de punto más cercano iterativo).

55

Después, un conjunto de posiciones óptimo que permite una totalidad de un área de la estructura que es de interés que sea capturado usando un menor número de imágenes registradas de la recolección de imágenes registradas se determina de la pluralidad de posiciones de prueba (operación **1008**). Después, se genera una ruta para mover el vehículo guiado automatizado tal que el sistema e sensor se puede mover en cada uno del conjunto de posiciones óptimas en al menos una cantidad de tiempo (operación **1010**). Un archivo informático se genera para uso en llevar a cabo un proceso de validación automatizado para validar la condición del montaje para la estructura en la que el archivo informático identifica la ruta para mover el vehículo guiado automatizado y el conjunto de posiciones óptimo para el sistema de sensor (operación **1012**).

60

El archivo informático luego se almacena para uso en llevar a cabo el proceso de validación automatizado para una pluralidad de estructuras que coinciden con una misma especificación de diseño como la estructura (operación **1014**), con el proceso que termina después. Por ejemplo, la ruta y el conjunto de posiciones óptimo identificado en el archivo

65

informático se pueden usar para mover el vehículo guiado automatizado y el sistema de sensor, respectivamente, con respecto a otras estructuras que están siendo montadas de acuerdo con el mismo modelo informático como la estructura para propósitos de llevar a cabo el proceso de validación automatizado. En algunos ejemplos ilustrativos, el archivo informático también se puede almacenar para uso en llevar a cabo el proceso de validación automatizado para diferente montaje o etapas de montaje o fabricación para la estructura.

5

La **figura 11** es una ilustración de un método para determinar un conjunto óptimo de posiciones para llevar a cabo un proceso de validación automatizado, representado de acuerdo con una realización ilustrativa. El método **1100** ilustrado en la **figura 11** es una realización del proceso que se usa para implementar la operación **1008** en la **figura 10**. El método **1100** se ilustra como un conjunto de operaciones o procesos. Dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, no todas las operaciones usadas se pueden llevar a cabo en todos los ejemplos del método **1100**, y uno o más proceso que no se ilustran expresamente en la figura 11 se pueden incluir antes, después, entre, o como parte de las operaciones. Dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, una o más de las operaciones pueden ser opcionales y por lo tanto se omite.

10

15

El método **1100** comienza al seleccionar el menor número de imágenes registradas de la recolección de imágenes registradas que permiten que la totalidad de un área de la estructura que es de interés sea capturada para formar un conjunto de imágenes final (operación **1102**). Después, una posición de prueba que corresponde a cada imagen registrada en el conjunto de imagen final se identifica para formar el conjunto de posiciones óptimas (operación **1104**), con el proceso que termina después.

20

La **figura 12** es un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de datos, representado de acuerdo con un ejemplo. El sistema de procesamiento de datos **1200** se puede usar para implementar el validador **212** en la **figura 1** y el generador de ruta **300** en **figura 3**. Como es representado, el sistema de procesamiento de datos **1200** incluye la estructura de comunicaciones **1202**, que proporciona comunicaciones entre la unidad procesadora **1204**, los dispositivos de almacenamiento **1206**, la unidad de comunicación **1208**, la unidad de entrada/salida **1210**, y la pantalla **1212**. En algunos casos, la estructura de comunicación **1202** se puede implementar como un sistema de bus.

25

La unidad procesadora **1204** está configurada para ejecutar instrucciones para el software para llevar a cabo una variedad de operaciones. La unidad procesadora **1204** puede comprender un número de procesadores, un núcleo multiprocesador, y/o algún otro tipo de procesador, dependiendo de la implementación. En algunos casos, la unidad procesadora **1204** puede tomar la forma de una unidad de hardware, tal como un sistema de circuitos, un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), un dispositivo lógico programable, u algún otro tipo adecuado de unidad de hardware.

30

Las instrucciones para el sistema operativo, aplicaciones y/o programas ejecutadas por la unidad procesadora **1204** se pueden situar en los dispositivos de almacenamiento **1206**. Los dispositivos de almacenamiento **1206** pueden estar en comunicación con la unidad procesadora **1204** a través de la estructura de comunicaciones **1202**. Como se usa en la presente, un dispositivo de almacenamiento, también referido como un dispositivo de almacenamiento legible por computadora, es cualquier pieza de hardware capaz de almacenar información sobre una base temporal y/o permanente. Esta información puede incluir, pero no se limita a, datos, código de programa y/u otra información.

35

40

La memoria **1214** y el almacenamiento persistente **1216** son ejemplos de dispositivos de almacenamiento **1206**. La memoria **1214** puede tomar la forma de, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o algún tipo de dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil. El almacenamiento persistente **1216** puede comprender cualquier número de componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenamiento persistente **1216** puede comprender un disco duro, una memoria flash, un disco óptico reescribible, una cinta magnética reescribible, o alguna combinación de lo anterior. El medio usado por el almacenamiento persistente **1216** puede o no ser extraíble.

45

La unidad de comunicaciones **1208** permite que el sistema de procesamiento de datos **1200** se comunique con otro sistema de procesamiento de datos y/o dispositivos. La unidad de comunicación **1208** puede proporcionar comunicaciones usando enlaces de comunicaciones físicas y/o alámbricas.

50

La unidad de entrada/salida **1210** permite que la entrada sea recibida de y la salida se envíe a otros dispositivos conectados al sistema de procesamiento de datos **1200**. Por ejemplo, la unidad de entrada/salida **1210** puede permitir que la entrada del usuario sea recibida a través de un teclado, un ratón y/o algún otro tipo de dispositivo de entrada. Como otro ejemplo, la unidad de entrada/salida **1210** puede permitir que la salida se envíe a una impresora conectada al sistema de procesamiento de datos **1200**.

55

La pantalla **1212** está configurada para mostrar información a un usuario. La pantalla **1212** puede comprender, por ejemplo, sin limitación, un monitor, una pantalla táctil, una pantalla láser, una pantalla holográfica, un dispositivo de visualización virtual, y/o algún otro tipo de dispositivo de visualización.

60

En este ejemplo ilustrativo, los procesos de los diferentes ejemplos se pueden llevar a cabo por la unidad procesadora **1204** usando instrucciones implementadas por computadora. Estas instrucciones pueden ser referidas como un código de programa, código de programa utilizable por computadora, o código de programa legible por computadora y se pueden leer y ejecutar por uno o más procesadores en la unidad procesadora **1204**.

65

En estos ejemplos, el código de programa **1218** se sitúa en una forma funcional en el medio legible por computadora **1220**, que es extraíble selectivamente, y se puede cargar en o transferir al sistema de procesamiento de datos **1200** para ejecución por la unidad procesadora **1204**. El código de programa **1218** y el medio legible por computadora **1220** juntos forman el producto de programa informático **1222**. En este ejemplo ilustrativo, el medio legible por computadora **1220** puede ser un medio de almacenamiento legible por computadora **1224** o medio de señal legible por computadora **1226**.

El medio de almacenamiento legible por computadora **1224** es un dispositivo de almacenamiento físico tangible usado para almacenar un código de programa **1218** en lugar de un medio que se propaga o transmite el código de programa **1218**. El medio de almacenamiento legible por computadora **1224** puede ser, por ejemplo, sin limitación, un disco óptico magnético o un dispositivo de almacenamiento persistente que se conecta al sistema de procesamiento de datos **1200**.

Alternativamente, el código de programa **1218** se puede transferir al sistema de procesamiento de datos **1200** usando el medio de señal legible por computadora **1226**. El medio de señal legible por computadora **1226** puede ser, por ejemplo, un código de programa que contiene una señal de datos propagada **1218**. Esta señal de datos puede ser una señal electromagnética, una señal óptica y/o algún otro tipo de señal que se puede transmitir sobre enlaces de comunicaciones inalámbricas y/o alámbricas.

La ilustración del sistema de procesamiento de datos **1200** en la **figura 12** no pretende proporcionar limitaciones arquitectónicas a la manera en lo que los ejemplos se pueden implementar. Los diferentes ejemplos se pueden implementar en un sistema de procesamiento de datos que incluye componentes además de o en lugar a aquellos ilustrados para el sistema de procesamiento de datos **1200**. Además, los componentes mostrados en la **figura 12** se pueden variar de los ejemplos ilustrativos mostrados.

Los ejemplos de la descripción se pueden describir en el contexto del método de fabricación y servicio de la aeronave **1300** como se muestra en la **figura 13** y la aeronave **1400** como se muestra en la **figura 14**. La **figura 13** es una ilustración de un método de fabricación y servicio de la aeronave, representado de acuerdo con un ejemplo. El método de fabricación y servicio de la aeronave **1300** se puede usar para fabricar, por ejemplo, la aeronave **100** en la **figura 1**. Durante la pre-producción, el método de fabricación y servicio de la aeronave **1300** puede incluir especificación y diseño **1302** de la aeronave **1400** en la **figura 14** y suministro de material **1304**.

Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación del componente y su montaje **1306** y la integración del sistema **1308** de la aeronave **1400** en la **figura 14**. Después, la aeronave **1400** en la **figura 14** puede ir a través de la certificación y envío **1310** a fin de ser puesta en servicio **1312**. Mientras que está en servicio **1312** por un cliente, la aeronave **1400** en la **figura 14** se programa para mantenimiento y servicio de rutina **1314**, que puede incluir modificación, reconfiguración, actualización, y otro mantenimiento o servicio.

Cada uno de los procesos del método de fabricación y servicio de la aeronave **1300** se pueden llevar a cabo o realizar por un integrador de sistema, terceros y/o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y sub-contratistas de sistemas principales; terceros pueden incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, sub-contratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, una empresa de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

La **figura 14** es un diagrama de bloques de una aeronave, representada de acuerdo con un ejemplo. En este ejemplo, la aeronave **1400** se produce por el método de fabricación y servicio de la aeronave **1300** en la **figura 13** y puede incluir un fuselaje **1402** con una pluralidad de sistemas **1404** e interior **1406**. Los ejemplos de los sistemas **1404** incluyen uno o más del sistema de propulsión **1408**, sistema eléctrico **1410**, sistema hidráulico **1412**, y sistema ambiental **1414**. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo de una nave aeroespacial, se pueden aplicar diferentes ejemplos a otras industrias, tal como la industria automotriz.

Los aparatos y métodos incorporados en la presente se pueden emplear durante al menos una de las etapas del método de fabricación y servicio de la aeronave **1300** en la **figura 13**. En particular, el proceso de validación automatizado **202** de la **figura 2** se puede llevar a cabo durante cualquiera de las etapas del método de fabricación y servicio de la aeronave **1300**. Por ejemplo, sin limitación, el sistema de validación **208** en la **figura 2** se puede usar para llevar a cabo el proceso de validación automatizado **202** para validar una condición del montaje para una estructura de la aeronave **1400** durante al menos uno de la fabricación del componente y su montaje **1306**, intervención del sistema **1308**, mantenimiento y servicio de rutina **1314**, o algún otra etapa del método de fabricación y servicio de la aeronave **1300**. Todavía adicionalmente, el generador de ruta **300** de la **figura 3** se puede usar para establecer una ruta para llevar a cabo un proceso de validación automatizado **202** durante cualquiera de las etapas del método de fabricación y servicio de la aeronave **1300**.

En un ejemplo ilustrativo, los componentes o sub-montajes producidos en la fabricación del componente y sub-montaje **1306** en la **figura 13** se puede fabricar o manufacturar en una manera similar a los componentes o submontajes producidos mientras que la aeronave **1400** está en servicio **1312** en la **figura 13**. Como todavía otro ejemplo, uno o más ejemplos del aparato, ejemplos del método, o una combinación de los mismos se pueden utilizar durante las etapas de producción, tal como la fabricación del componente y submontaje **1306** y la integración del sistema **1308** en la **figura 13**.

Uno o más ejemplos del aparato, ejemplos del método, o una combinación de los mismos se puede utilizar mientras que la aeronave **1400** está en servicio **1312** y/o durante el mantenimiento y servicio **1314** en la **figura 13**. El uso de un número de los diferentes ejemplos puede acelerar sustancialmente el montaje de y/o reducir el costo de la aeronave **1400**.

- 5 Aunque ciertos ejemplos se han descrito y mostrado en las figuras adjuntas, se debe entender que estos ejemplos son simplemente ilustrativos. Adicionalmente, se debe entender que los ejemplos no se limitan a las construcciones y disposiciones específicas mostradas y descritas, puesto que varias otras modificaciones se pueden presentar a aquellos de experiencia ordinaria en la técnica.
- 10 Además, en la descripción detallada de los ejemplos, se han expuesto numerosos detalles específicos a fin de proporcionar un entendimiento completo de la descripción. sin embargo, será obvio para uno experto en la técnica que los ejemplos se pueden practicar sin estos detalles específicos. En algunos casos, los métodos bien conocidos, procedimientos, y componentes no se han descrito con detalle. El contenido por lo que la protección se busca se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por computadora para establecer una ruta (304) para llevar a cabo una validación automatizada (202) de una condición de montaje (204) para una estructura (206), el método comprende:
- 5 mover (1002) un sistema de sensor (210) acoplado a un vehículo guía automatizado (222) en una pluralidad de posiciones de prueba (308) con respecto a la estructura (206);
 generar (1004) datos de imagen en cada posición de prueba de la pluralidad de posiciones de prueba (308) usando el sistema de sensor (210) para construir una pluralidad de imágenes de prueba (310);
 10 registrar (1006) cada imagen de prueba de la pluralidad de imágenes de prueba (310) a un modelo informático (236) de la estructura (206) para formar una pluralidad de imágenes registradas (312) que se agregan a una recolección de imágenes registradas (314);
 determinar (1008) un conjunto de posiciones (318) de la pluralidad de posiciones de prueba (308) que permite que una totalidad de un área de la estructura (206) que es de interés sea capturado usando un número de imágenes registradas de la recolección de imágenes registradas (314);
 15 generar (1010) la ruta (304) para mover el vehículo guiado automatizado (222) a cada una del conjunto de posiciones (318); y
 generar (1012) un archivo informático (320) para uso al llevar a cabo un proceso de validación automatizado (202) para validar la condición del montaje (204) para la estructura (206) en la que el archivo informático (320) identifica la ruta (304),
 20 donde la generación (1004) de los datos de imagen en cada posición de prueba comprende generar una imagen de prueba cuando el sistema del sensor se mueve en una posición de prueba comprende generar una imagen de prueba cuando el sistema de sensor (210) se mueve en una posición de prueba (308), donde la posición de prueba (308) comprende una ubicación de prueba y al menos una orientación de prueba con respecto a un sistema de coordenadas de referencia, y donde la determinación (1008) del conjunto de posiciones (318) de la pluralidad de posiciones de prueba (308) comprende:
- 25 seleccionar (1102) el número de imágenes registradas de la recolección de imágenes registradas (314) que permite que la totalidad del área de la estructura (206) que es de interés sea capturada para formar un conjunto de imágenes finales; e identificar (1104) una posición de prueba (308) que corresponde a cada imagen registrada en el conjunto de imágenes finales para formar el conjunto de posiciones (318).
- 30 2. El método de la reivindicación 1, donde mover (1002) el sistema de sensor (210) comprende:
 mover el vehículo guiado automatizado (222) a lo largo de una ruta de línea recta para permitir que el sistema de sensor (210) se mueva en la pluralidad de posiciones de prueba (308).
- 35 3. El método de la reivindicación 1 o 2, donde mover (1002) el sistema de sensor (210) comprende:
 mover el vehículo guiado automatizado (222) a lo largo de una ruta de prueba predeterminada (304) con respecto a la estructura (206) para permitir que el sistema de sensor (210) se mueva en la pluralidad de posiciones de prueba (308).
- 40 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde identificar (1104) la posición de prueba (308) que corresponde a cada imagen registrada comprende:
 identificar una ubicación de prueba y una orientación de prueba para sistema de sensor (210) que corresponde a una imagen registrada en el conjunto de imágenes finales.
- 45 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde mover (1002) el sistema de sensor (210) comprende:
 mover el sistema de sensor (210) entre aproximadamente 100 y aproximadamente 100,000 posiciones de prueba con respecto a la estructura (206), donde cada posición de prueba comprende una ubicación de prueba y una orientación de prueba con respecto a un sistema de coordenadas de referencia.
- 50 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además comprende:
 mover el sistema de sensor (210) acoplado al vehículo guiado automatizado (222) en el conjunto de posiciones (318) a lo largo de la ruta (304) identificada en el archivo informático (320) para llevar a cabo el proceso de validación automatizado (202).
- 55 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende:
 almacenar (1014) el archivo informático (320) para uso en llevar a cabo el proceso de validación automatizado (202) para una pluralidad de estructuras (206) que coinciden con una misma especificación de diseño como la estructura (206).
8. Un aparato que comprende:
- 60 un generador de ruta (300) que comprende:
 un componente de registro (303) que está adaptado para recibir una pluralidad de imágenes de prueba (310) de un sistema de sensor (210) acoplado a un vehículo guía automatizado (222) que generó la pluralidad de imágenes de prueba (310) en una pluralidad de posiciones de prueba (308) con respecto a una estructura (206) y está adaptado para registrar cada imagen de prueba a la pluralidad de imágenes de prueba (310) generadas para un modelo informático (236) de la estructura (206); y
- 65

5 un componente de optimización (305) que está adaptado para desminar un conjunto de pociones (318) de la pluralidad de posiciones de prueba (308) que permite que una totalidad de un área de la estructura (206) que es de interés sea capturada usando un número de imágenes de prueba; está adaptado para generar una ruta (304) para mover el vehículo guiado automatizado (222) a cada uno del conjunto de posiciones (318); y está adaptado para generar un archivo para uso en llevar a cabo a validación automatizada (202) de la condición del montaje (204) para la estructura (206) en la que el archivo identifica la ruta (304),

10 donde una imagen de prueba en la pluralidad de imágenes de prueba (310) generadas en una posición de prueba (308) corresponde a una ubicación de prueba particular y una orientación de prueba particular para el sistema de sensor (210) con respecto a un sistema de coordenadas de referencia, y donde el componente de optimización (305) está adaptado para determinar un conjunto de posiciones comprende que sea adaptado para:

15 seleccionar (1102) el número de imágenes registradas de la recolección de imágenes registradas (314) que permite la totalidad del área de la estructura (206) que es de interés sea capturada para formar un conjunto de imágenes final; y identificar (1104) una posición de prueba (308) que corresponde a cada imagen registrada en el conjunto de imágenes final para formar el conjunto de posiciones (318).

20 9. El aparato de la reivindicación 8 que además comprende: el sistema de sensor (210), donde el sistema de sensor (210) está acoplado a un vehículo guía automatizado (222) configurado para mover el sistema de sensor (210) en la pluralidad de posiciones de prueba (308) con respecto a la estructura (206).

25 10. El aparato de la reivindicación 8 o 9, donde la estructura (206) es una estructura de fuselaje (206) y donde una imagen de prueba en la pluralidad de imágenes de prueba (310) captura al menos una de una pluralidad de orificios en la estructura de fuselaje (206) o una pluralidad de sujetadores instalados en la pluralidad de orificios en la estructura de fuselaje (206).

30 11. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 8-10, donde la pluralidad de imágenes de prueba (310) incluye entre aproximadamente 100 y 100,000 imágenes de prueba.

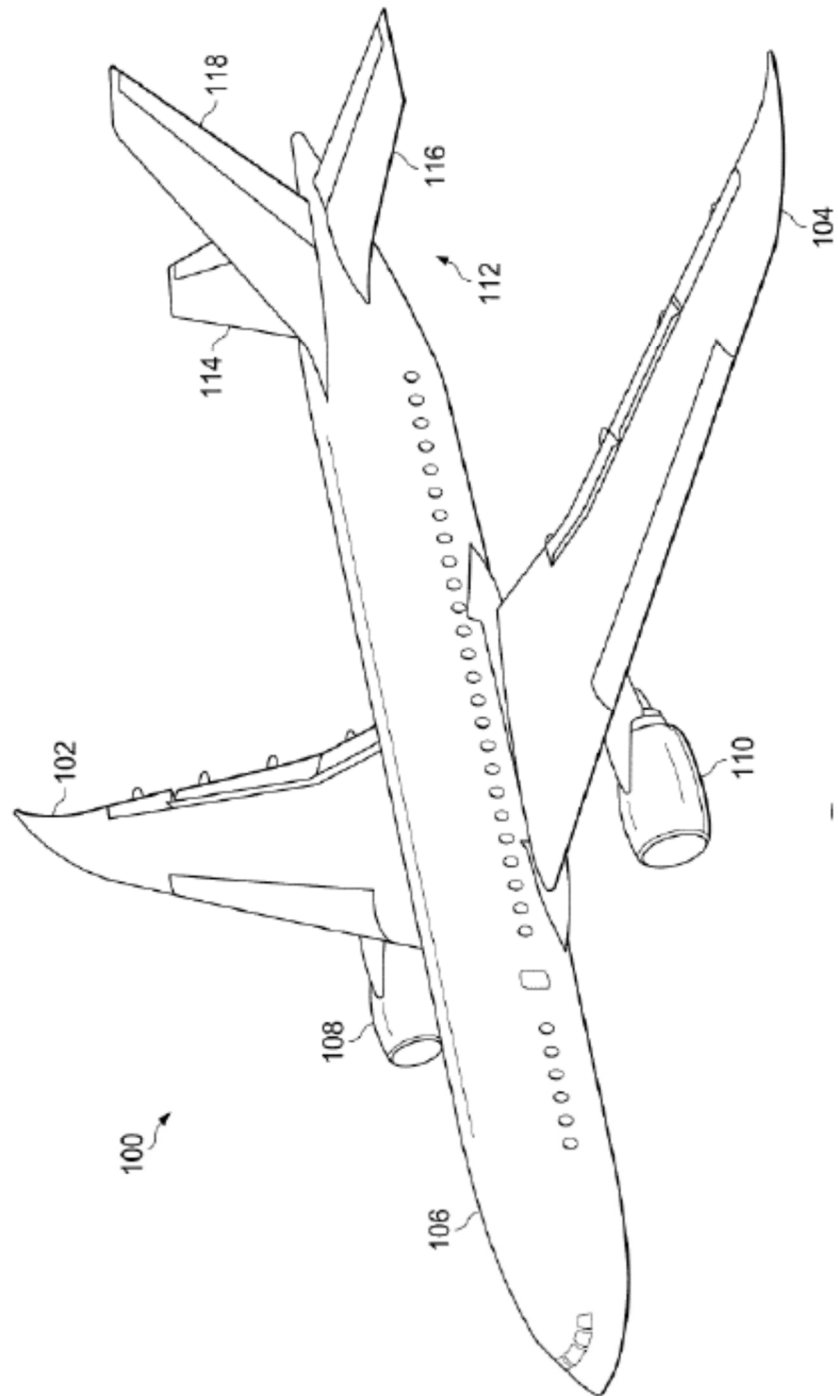
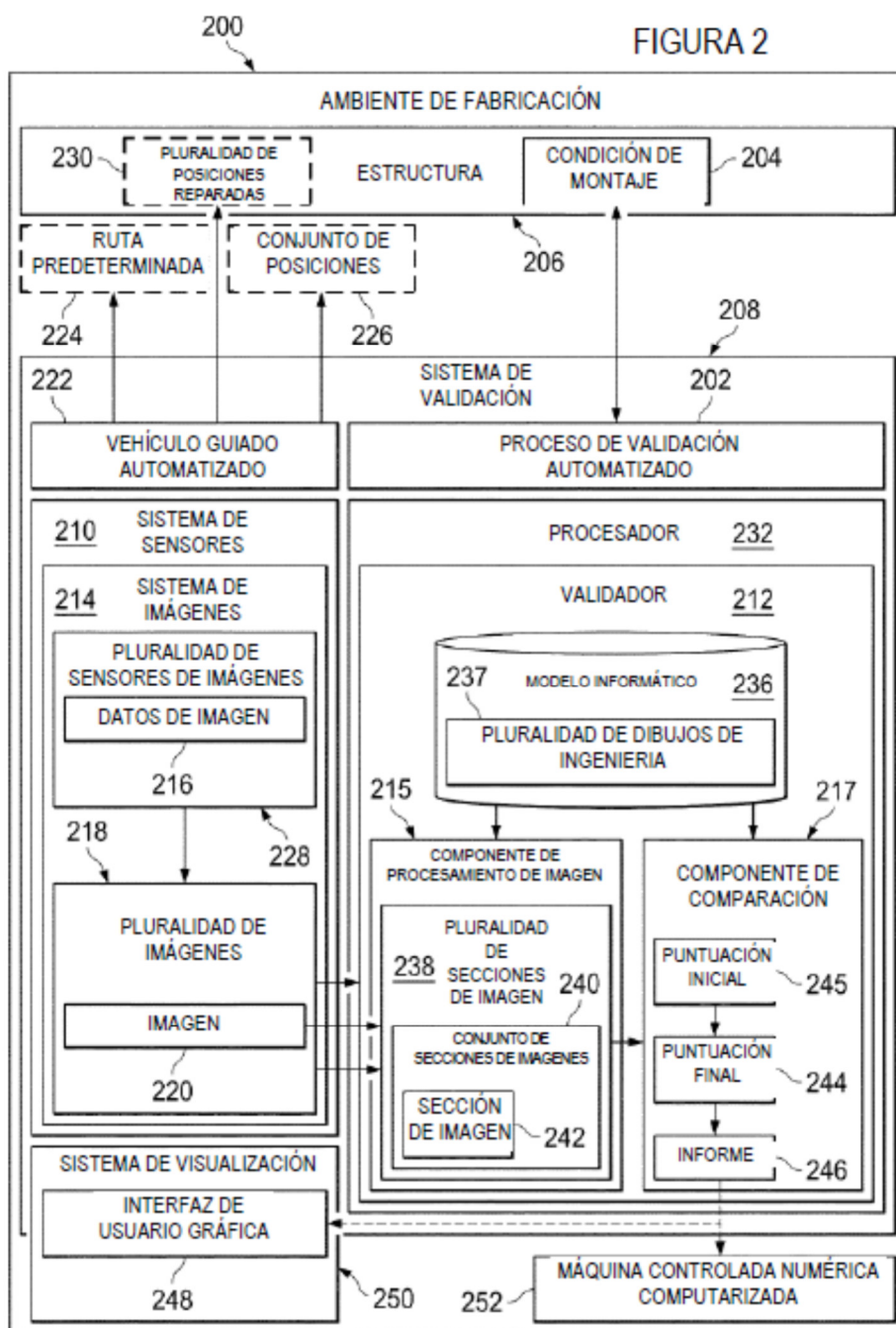
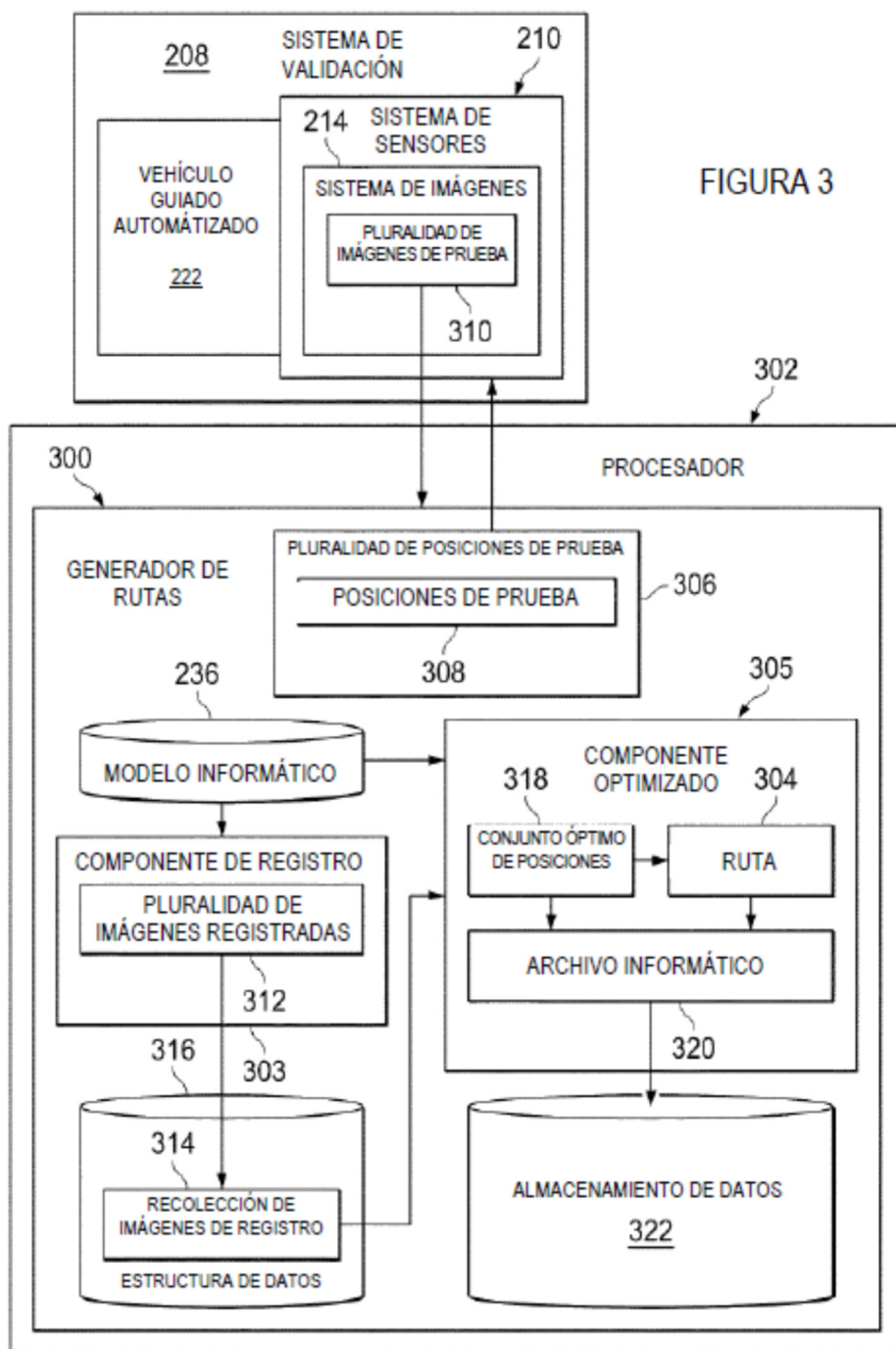


FIGURA 1

FIGURA 2





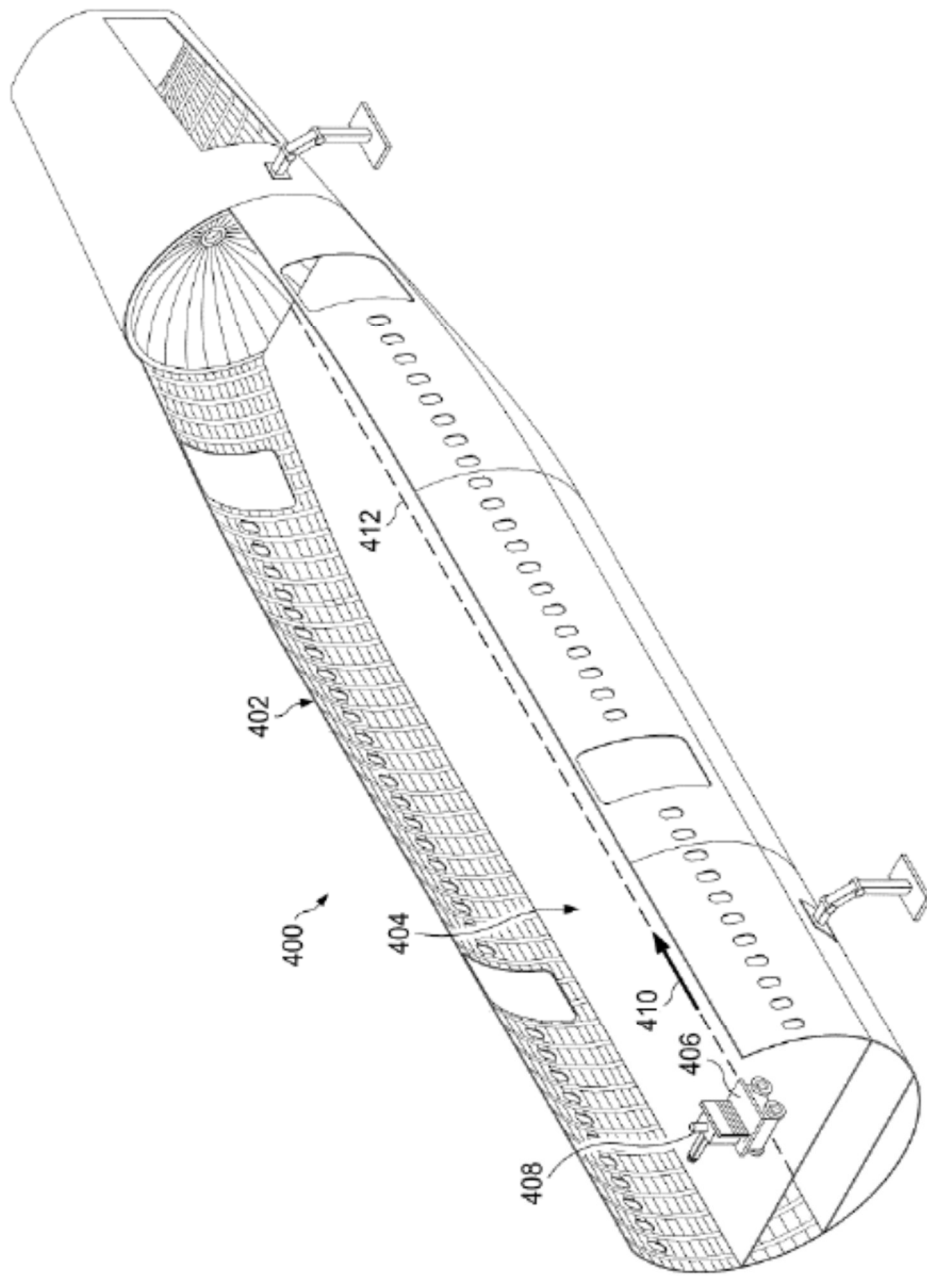


FIGURA 4

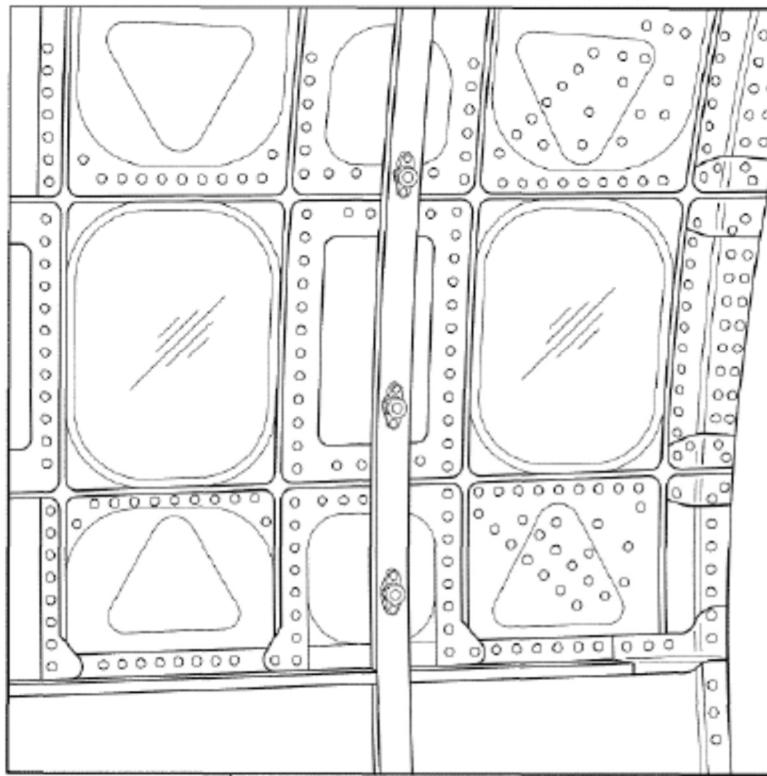


FIGURA 5

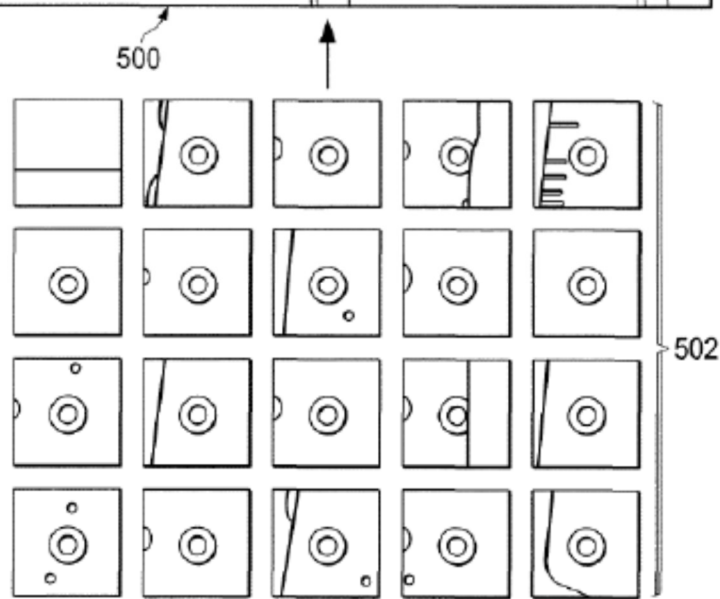
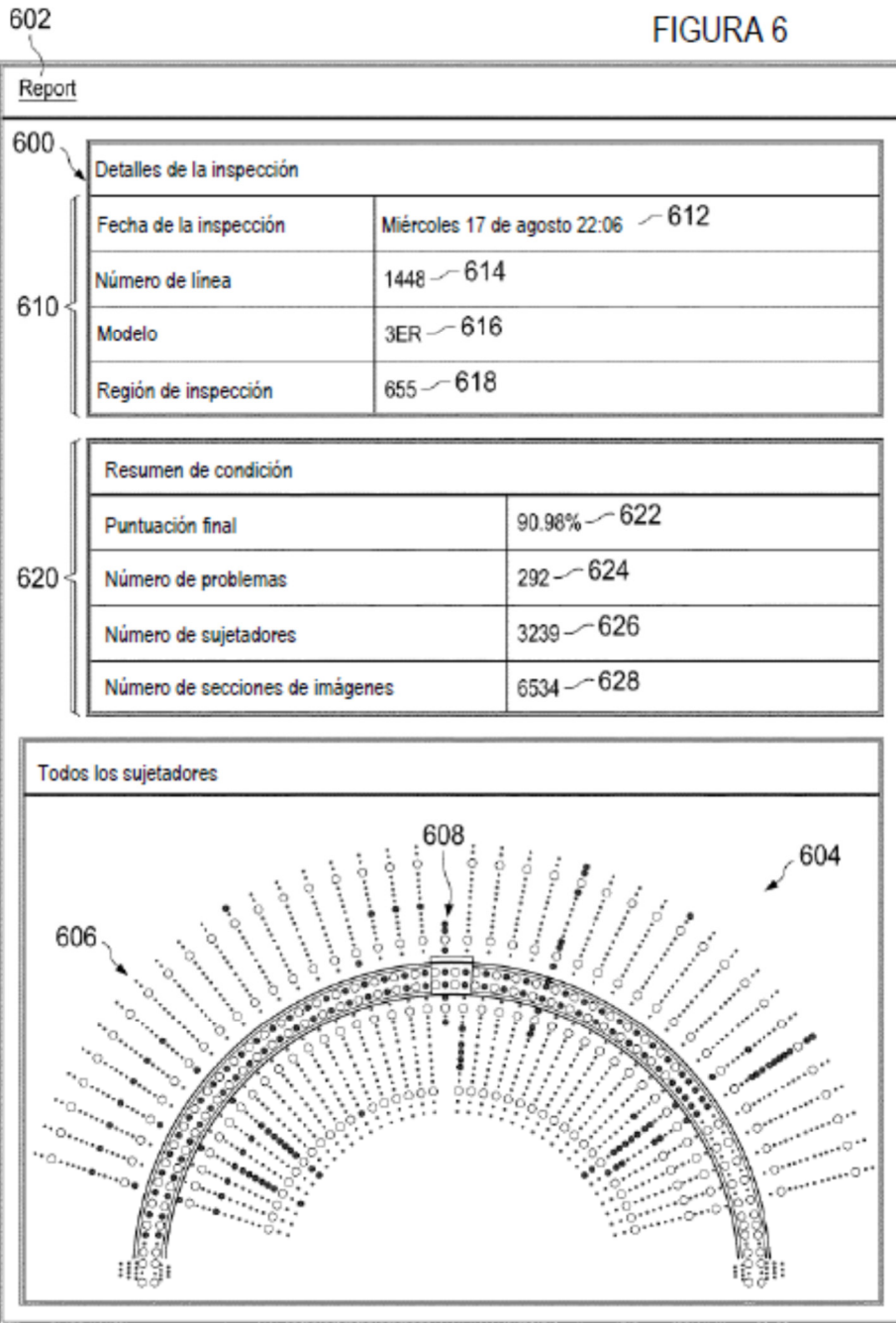


FIGURA 6



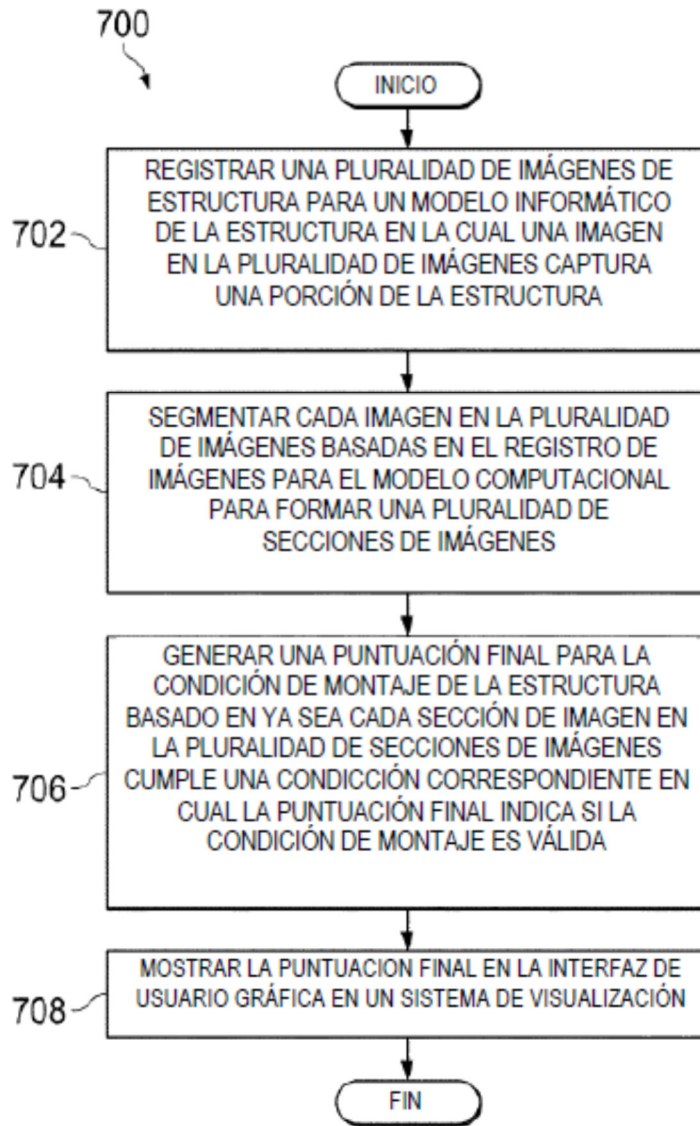


FIGURA 7

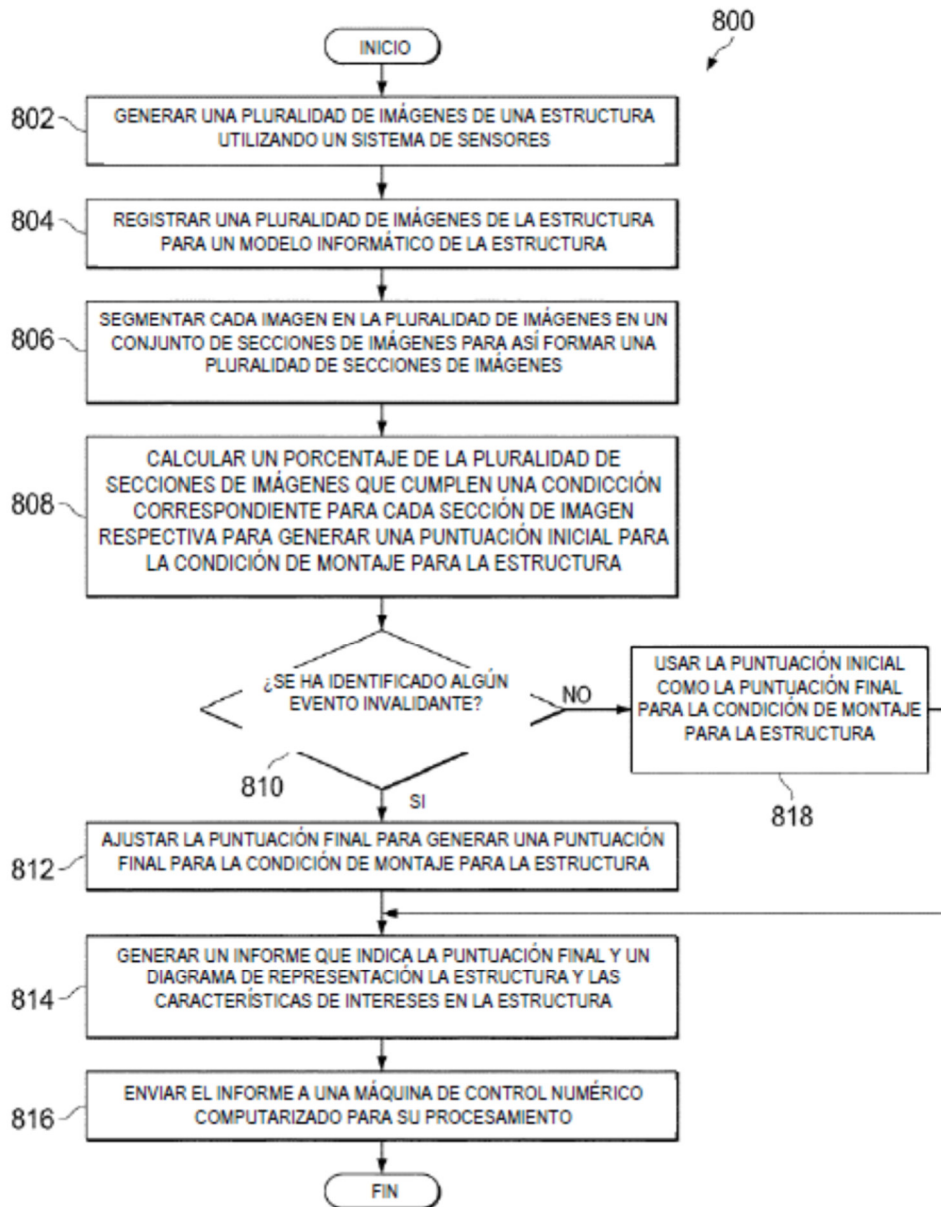


FIGURA 8

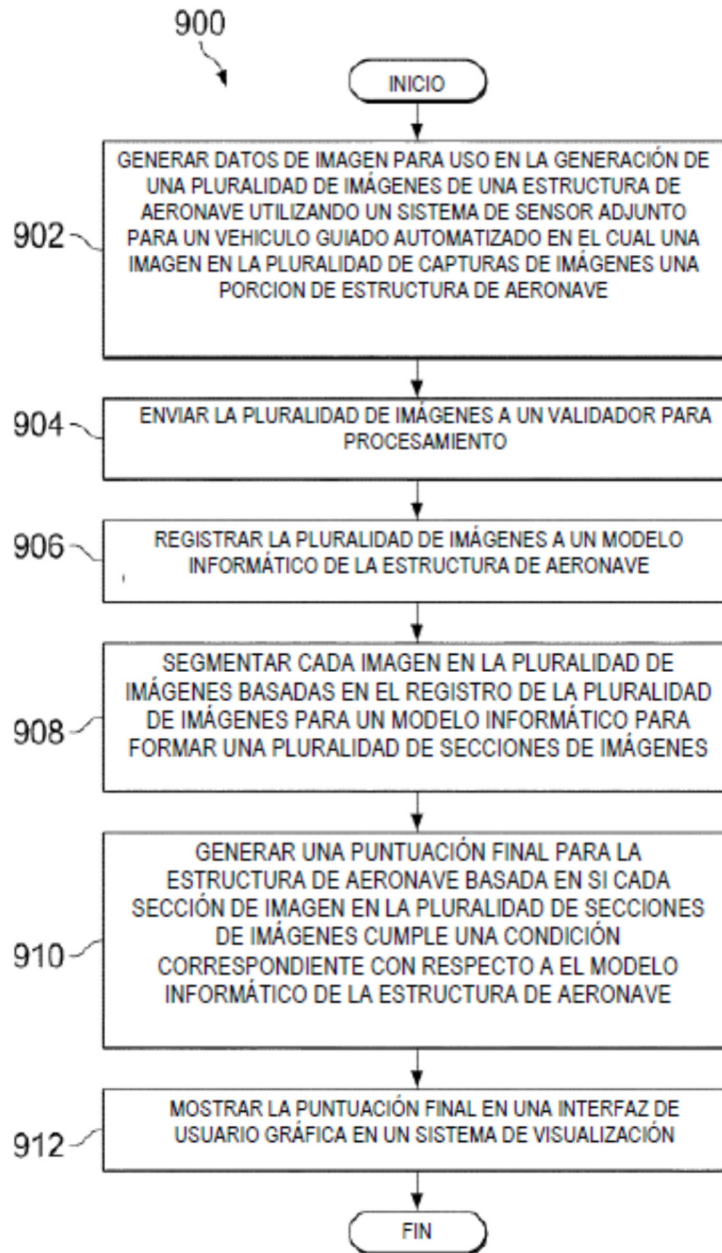


FIGURA 9

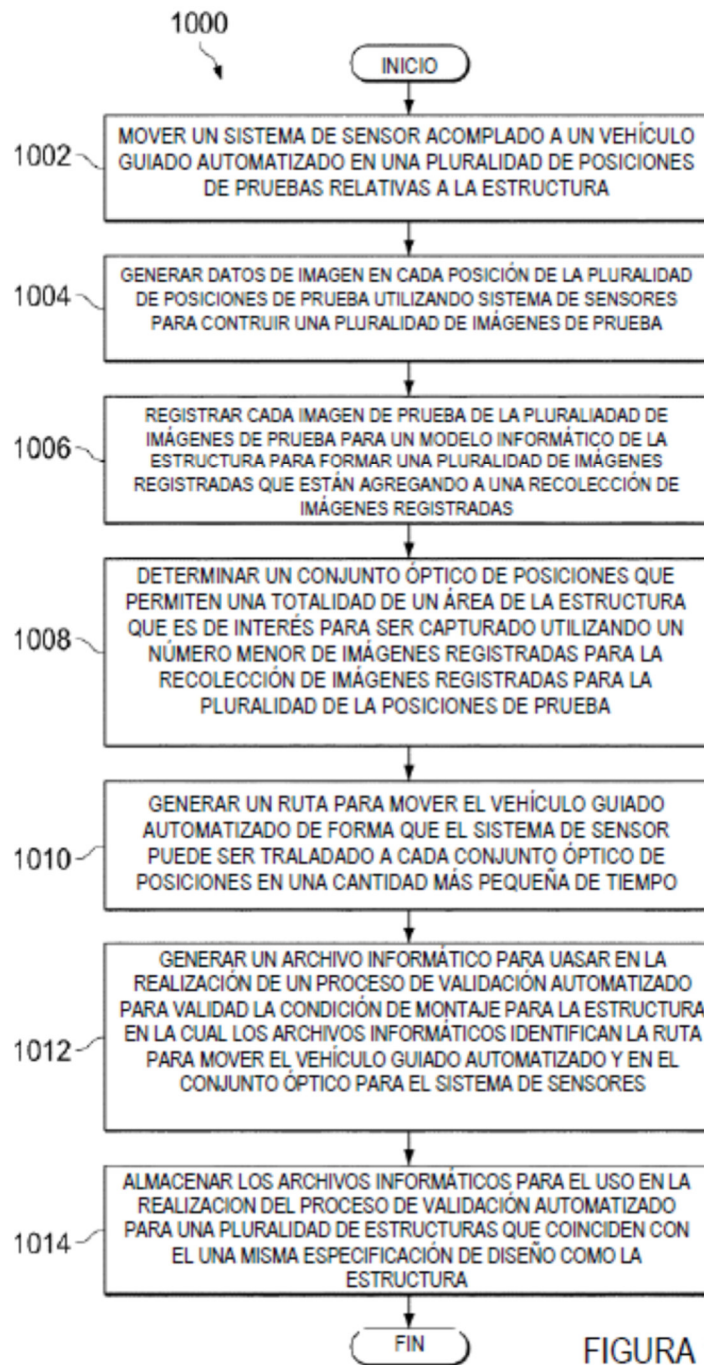


FIGURA 10

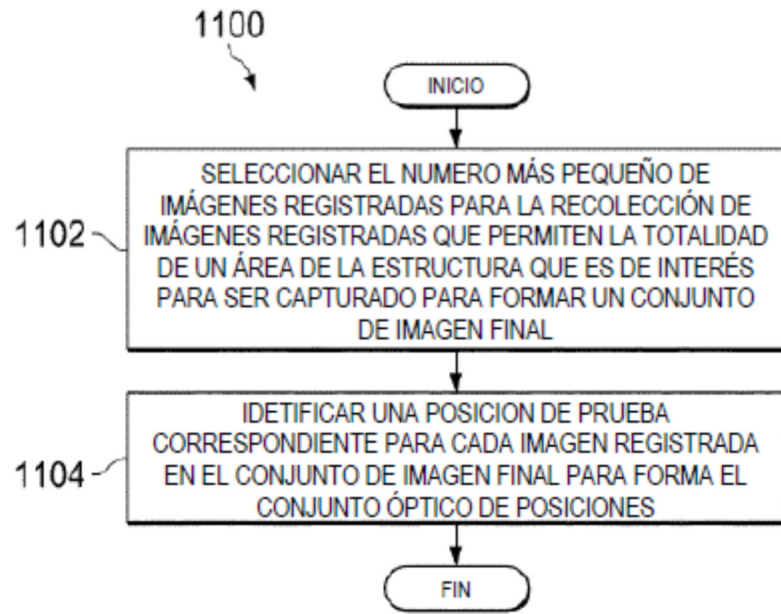


FIGURA 11

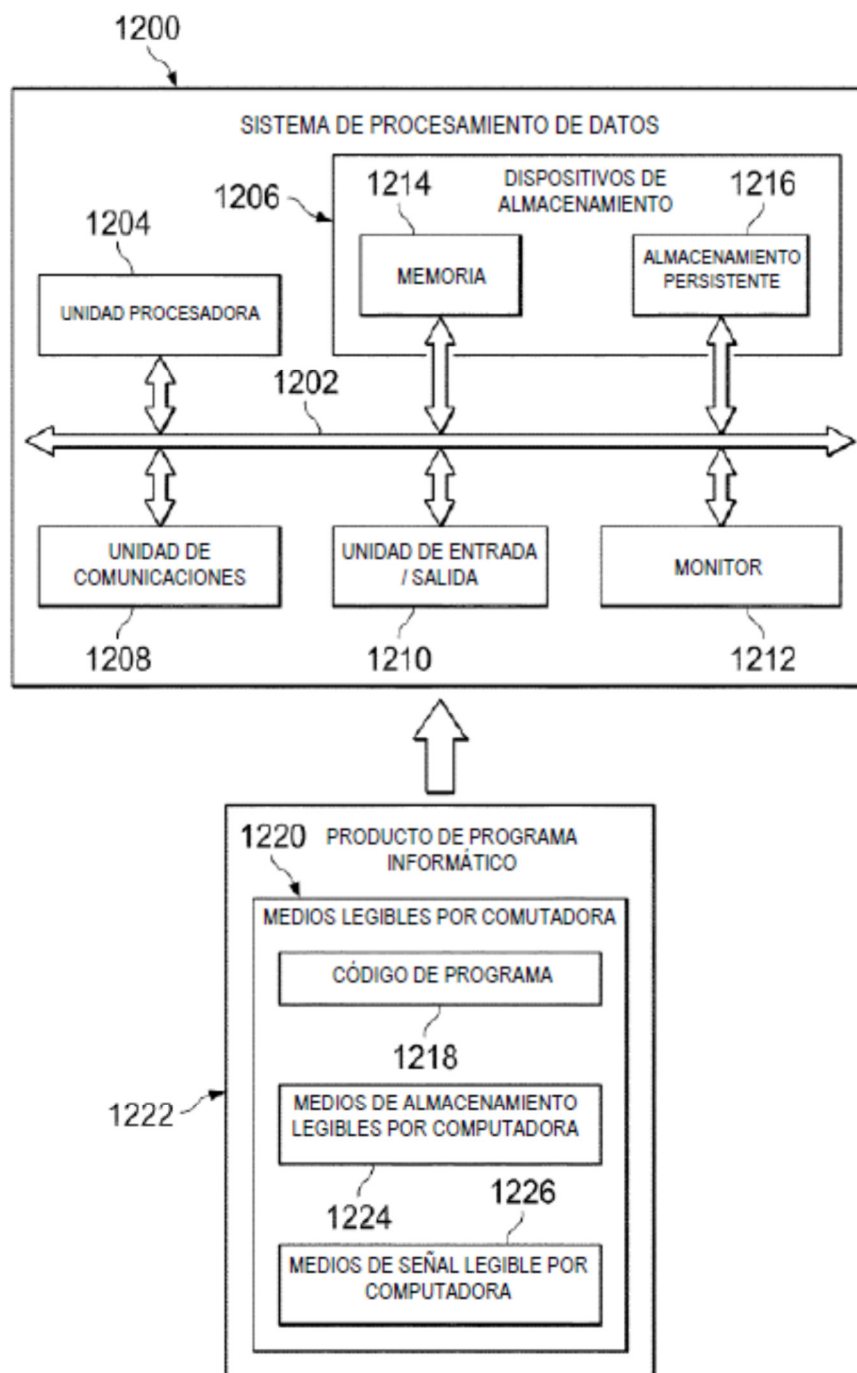


FIGURA 12

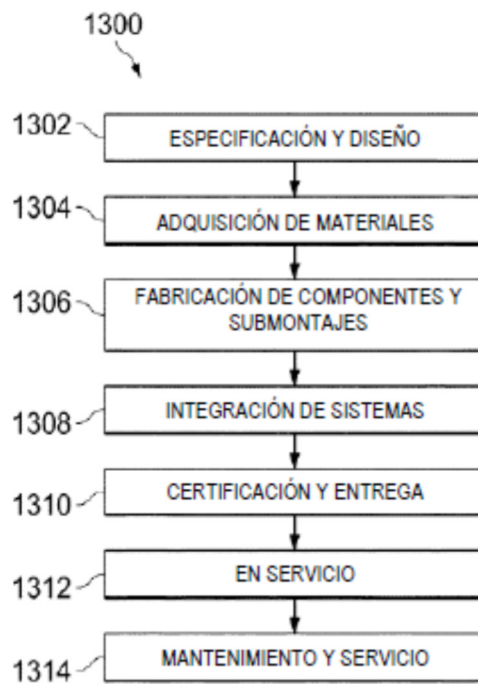


FIGURA 13

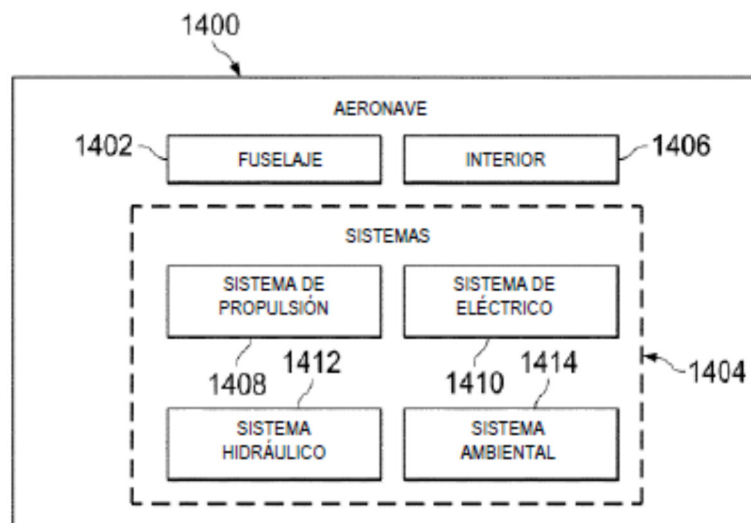


FIGURA 14