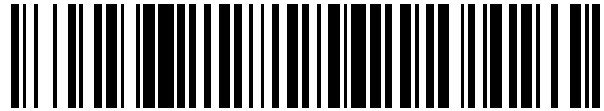


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 206**

51 Int. Cl.:

**B25B 23/142** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2009** **E 09251348 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018** **EP 2138275**

54 Título: **Llave de torsión electrónica y un método de aplicación de un par de torsión de elementos de fijación**

30 Prioridad:

**25.06.2008 US 145623**

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

**27.05.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**COFFLAND, DONALD W.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 714 206 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**

Llave de torsión electrónica y un método de aplicación de un par de torsión de elementos de fijación

**Campo técnico**

5 Esta divulgación se refiere, generalmente, a herramientas, especialmente a herramientas manuales, y se refiere más particularmente a una llave de torsión electrónica que tiene un cabezal flexible que permite que el mango gire a múltiples posiciones.

**Antecedentes**

10 Las llaves de torsión se usan, comúnmente, para establecer con precisión el par de torsión de un elemento de sujeción tal como una tuerca o un tornillo, donde la estanqueidad del elemento de sujeción puede ser importante. Algunas llaves de torsión permiten que el usuario también mida el par de torsión (fuerza de rotación) aplicado al elemento de sujeción para que pueda aparearse a una especificación de par de torsión.

15 Se han desarrollado una variedad de llaves de torsión, que incluyen tipos mecánicos que pueden emplear una viga que se desvía bajo el par de torsión aplicado, y tipos electrónicos que emplean una galga extensiométrica unida a una barra de torsión. Algunas llaves de torsión convencionales emplean un mango que tiene un cabezal fijo que incluye un zócalo u otro accesorio para acoplar el elemento de sujeción. Es posible que estas llaves de torsión de cabezal fijo no sean adecuadas para el uso cuando el elemento de sujeción está cerca de obstrucciones que interfieren con el agarre o la rotación del mango. En estas aplicaciones, puede ser necesario emplear una llave de torsión en la cual el cabezal está unido de manera giratoria al mango mediante una bisagra. La bisagra permite que el mango oscile hacia una posición donde pueda hacerse girar libremente, fuera del camino de la obstrucción. Puede surgir un problema con estas llaves de torsión, que a veces se denominan llaves de torsión de "cabezal flexible", debido al hecho de que cuando el mango oscila lejos de una posición en la que está axialmente alineado con el cabezal, una parte de la fuerza aplicada al mango da como resultado un componente de fuerza que no es ortogonal al eje de rotación del elemento de sujeción. Este componente de fuerza "fuera del eje" puede causar imprecisiones en las lecturas de par de torsión.

25 Por consiguiente, existe la necesidad de una llave de torsión que tenga un cabezal flexible que proporcione mediciones de par de torsión precisas independientemente de la posición de giro del mango fuera del eje.

El documento US2007/0221015 divulga una herramienta de mano flexible en la que el ángulo entre el cabezal y el mango de la herramienta de mano es ajustable.

30 El documento US2004/0159164 divulga una llave de torsión electrónica con un brazo de palanca acoplado giratoriamente a un miembro de cabeza.

**Sumario**

35 La llave de torsión electrónica divulgada permite la aplicación de un par de torsión fuera de eje variable de los elementos de sujeción y se puede utilizar en aplicaciones donde se debe aplicar una cantidad deseada de par de torsión, pero donde el acceso en ángulo recto al elemento de sujeción es limitado. La invención está relacionada con una llave de torsión electrónica según la reivindicación 1.

40 Según una realización divulgada, una llave de torsión comprende: un mango; y un cabezal que incluye una primera parte para acoplar y aplicar un par de torsión a un elemento de sujeción alrededor de un eje de rotación del elemento de sujeción, una segunda parte acoplada de manera giratoria con el mango para permitir que el mango gire a cualquiera de una pluralidad de posiciones con respecto al cabezal, y medios en el cabezal para medir la cantidad de par de torsión aplicada al elemento de sujeción independientemente de la posición de giro del mango con respecto al cabezal. Los medios de medición pueden estar conectados entre la primera y la segunda parte del cabezal, y pueden incluir un enlace que reacciona contra el par de torsión aplicado y acoplado con una galga extensiométrica para medir la tensión en el enlace.

45 Según otra realización divulgada, una llave de torsión electrónica que tiene un cabezal de accionamiento flexible comprende: un mango de aplicación de una fuerza; un cabezal que incluye una primera parte adaptada para acoplarse y aplicar un par de torsión a un elemento de sujeción alrededor de un eje de rotación, y una segunda parte entre el mango y la primera parte; una bisagra que conecta de manera giratoria el mango con la segunda parte del cabezal y que permite que el mango gire a cualquiera de una pluralidad de posiciones con respecto al cabezal; un primer enlace de reacción forzada que conecta la primera y la segunda parte del cabezal para reaccionar, sustancialmente, contra todo el par de torsión aplicado a través del mango a la primera parte del cabezal, independientemente de la posición de giro de una mano; y, un sensor electrónico en el cabezal para medir la

cantidad de par de torsión aplicada al elemento de sujeción. La llave de torsión electrónica puede comprender además un segundo y tercer enlace que conectan la primera y la segunda parte del cabezal que reaccionan contra una fuerza fuera del eje aplicada al elemento de sujeción que no da como resultado que se aplique un par de torsión al elemento de sujeción.

5 La invención también está dirigida a un método según la reivindicación 9.

Las realizaciones divulgadas satisfacen la necesidad de una llave de torsión y un método de aplicación de un par de torsión de un elemento de sujeción que elimine, sustancialmente, el error en las mediciones de par de torsión resultantes de las fuerzas fuera del eje aplicadas al cabezal de par de torsión.

10 Otras características, beneficios y ventajas de las realizaciones divulgadas se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones, cuando se visualice según los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

### **Breve descripción de las ilustraciones**

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema para localizar la finalización de las operaciones de fabricación.

15 La figura 2 es una vista en perspectiva de una aeronave, que incluye un sistema de coordenadas tridimensional utilizado para definir la localización de las operaciones de fabricación realizadas dentro de la aeronave.

La figura 3 es una vista en perspectiva que muestra una parte de un alojamiento de rueda que forma parte de la aeronave mostrada en la figura 2.

La figura 4 es una vista lateral de una realización de una llave usada para aplicar el par de torsión a las tuercas en accesorios hidráulicos dentro del alojamiento de rueda mostrado en la figura 3.

20 La figura 5 es un diagrama de bloques de un circuito que forma parte de la llave de torsión mostrada en la figura 4.

La figura 6 es una ilustración esquemática y de bloques combinados de un sistema para localizar e informar de la finalización de las operaciones de fabricación realizadas en un entorno de RF severo.

La figura 7 es un diagrama de flujo simplificado de un método para localizar la posición tridimensional del transmisor de señales de pulso que forma parte del sistema mostrado en la figura 6.

25 La figura 8 es una ilustración esquemática que muestra los componentes principales del sistema para localizar e informar la finalización de las operaciones de fabricación.

La figura 9 es una pantalla de visualización típica que muestra una operación de fabricación localizada y un estado de finalización informado.

30 La figura 10 es otra pantalla de visualización que muestra información resumida relacionada con las operaciones de fabricación y el estado de finalización informado.

La figura 11 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un método para localizar e informar la finalización de las operaciones de fabricación.

La figura 12 es una vista lateral de una llave de torsión de cabezal fijo colocada en un elemento de sujeción cerca de una obstrucción que permite un espacio libre limitado para el mango.

35 La figura 13 es una vista similar a la figura 12, pero que representa el uso de una llave de torsión que tiene un cabezal flexible para evitar la obstrucción.

La figura 14 es una vista en perspectiva de una tuerca que ilustra las fuerzas aplicadas a la tuerca por una llave de torsión.

40 La figura 15 es una vista superior de una parte de una llave de torsión electrónica según una realización, que se muestra acoplando un elemento de sujeción.

La figura 16 es una vista en perspectiva de la llave de torsión mostrada en la figura 15.

La figura 17 es otra vista en perspectiva de la llave de torsión mostrada en las figuras 15 y 16, pero sin el elemento de torsión.

La figura 18 es una vista superior de otra realización de la llave de torsión electrónica.

La figura 19 es una vista en perspectiva de la llave de torsión electrónica mostrada en la figura 18.

5 La figura 20 es un diagrama de flujo de producción de aeronaves y metodología de funcionamiento.

La figura 21 es un diagrama de bloques de una aeronave.

### Descripción detallada

Haciendo referencia primero a la figura 1, un sistema indicado, generalmente, por el número 20 puede usarse para localizar cada una de una pluralidad de operaciones de fabricación 22 dentro de una fabricación 24, y para informar el estado de al menos una operación en la fabricación localizada. El estado notificado puede incluir un aviso de que la operación se ha iniciado, está en curso y/o ha finalizado. La localización tridimensional de cada una de las operaciones 22 se puede definir en un sistema de coordenadas 26 tridimensionales dentro del entorno de fabricación 24. En una realización, el entorno de fabricación puede ser un entorno de RF severo en el que las obstrucciones u otros factores ambientales dan como resultado una reflexión de una señal de RF, atenuación de la señal y/o bloqueo de la señal debido a la falta de LOS (por su acrónimo en inglés) entre el transmisor y el receptor.

El sistema de localización e información 20 puede incluir un sistema de localización 28, y un sistema de información y visualización 30 que se puede usar para monitorizar la localización de la operación de fabricación 22 dentro del sistema de coordenadas 26 y visualizar estas operaciones, así como el estado de la operación de fabricación 22 en un segundo, sistema de coordenadas analizado más adelante. Como se explicará más adelante con más detalle, el sistema 20 se puede utilizar para localizar cada una de las operaciones de fabricación 22 directa o indirectamente ubicando un componente portátil, tal como una llave de torsión que se mueve a la localización de cada una de las operaciones de fabricación 22.

Haciendo referencia a la figura 2, el sistema de localización e información 20 se puede usar para localizar las operaciones de fabricación 22 en una aeronave 32, en el que el espacio de objeto se puede definir en un sistema de coordenadas 26 tridimensionales de la aeronave 32. Las operaciones de fabricación 22 pueden comprender, por ejemplo, y sin limitación, operaciones tales como el ensamblaje de subconjuntos (no mostrados) durante la producción de la aeronave 32. Por ejemplo, como se muestra en la figura 3, un alojamiento de rueda 36 en la aeronave 32 puede contener una multiplicidad de tubos 40 hidráulicos con accesorios 41 roscados provistos de tuercas 38 para conectar y apretar los accesorios 41. El ensamblaje de los accesorios 41, incluida la aplicación de un par de torsión de las tuercas 38, comprende operaciones de ensamblaje que pueden ser monitorizadas e informadas usando el sistema 20 divulgado. El alojamiento de rueda 36 puede incluir diversas estructuras 42 metálicas utilizadas para el refuerzo o el montaje de componentes que impiden el LOS dentro del alojamiento de rueda 36 y/o reflejan o atenúan las señales de RF. En algunos casos, las tuercas 38 pueden estar ubicadas en lugares cercanos a los que puede haber un acceso limitado, como en el lugar en el que están agrupadas estrechamente, por ejemplo, contra un mamparo 43.

Ahora se hace referencia a las figuras 4-8, que representan detalles adicionales del sistema de localización e información 20 adaptados para su uso en la localización e información del estado de par de torsión de las tuercas 38. En esta aplicación, como se ve mejor en la figura 6, el sistema 20 puede utilizar un sistema de localización de señal de pulso UWB 28 que comprende un transmisor de RF de señal de pulso UWB 52 transportado en una llave de torsión 44 electrónica, y una pluralidad de radios UWB 60 que están posicionados de manera óptima dentro del alojamiento de rueda 36 de tal manera que al menos dos de la radio de UWB 60 estén dentro de LOS de cada una de las tuercas 38.

Como se muestra en la figura 4, la llave de torsión 44 monitorizada electrónicamente utilizada para la aplicación de un par de torsión de las tuercas 38 incluye un cabezal 45 montado en el extremo de un mango 46. El cabezal 45 incluye mordazas 48 para acoplar las partes planas de las tuercas 38, y un sensor de galga 50 extensiométrica montado cerca de las mordazas 48. El sensor de galga 50 extensiométrica produce una señal eléctrica relacionada con la magnitud del par de torsión aplicada a una tuerca 38 por la llave 44.

Los componentes adicionales contenidos dentro de la llave 44 se muestran en la figura 5. El transmisor de señales de pulso UWB 52 está contenido dentro del mango 46 y transmite las señales de pulso UWB en una antena 56 transportada en o dentro del mango 46. Las señales de pulso UWB transmitidas por el transmisor de señales de pulso UWB 52 pueden incluir datos que representan la magnitud del par de torsión detectado por el sensor de galga 50 extensiométrica, o más simplemente que se ha aplicado un par de torsión de valor no informado. La señal analógica generada por el sensor de galga 50 extensiométrica se puede convertir en una señal digital mediante un

convertidor A a D 55. Un circuito de medición/activación 57 mide la señal digital y emite una señal de activación cuando la señal medida excede un valor de umbral, lo que indica, por ejemplo, que se ha aplicado un par de torsión a una tuerca a un valor nominal, o ha superado un umbral mínimo para indicar que se ha aplicado o se está aplicando un par de torsión. Un microprocesador 51 y la memoria asociada controlan diversas operaciones de la llave, incluido el transmisor 52 y un piloto 58 en el cabezal de la llave 45 que alerta al trabajador del conjunto que el par de torsión aplicado a una tuerca 38 ha alcanzado un valor nominal, que puede almacenarse en la memoria 53. El piloto 58 puede comprender, por ejemplo y sin limitación, un LED u otra luz (mostrada en 58), un generador de señal de audio (no mostrado) o un vibrador (no mostrado) en el mango 46. Los componentes electrónicos de la llave 44, incluido el transmisor 52, pueden ser alimentados por una batería 54 alojada dentro del mango 46. Es posible adaptar las llaves convencionales con uno o más de los componentes electrónicos mencionados anteriormente para proporcionar las funciones requeridas de la llave de torsión 44 electrónica.

Ciertas operaciones de fabricación que requieren el uso de la llave de torsión 44 electrónica pueden llevarse a cabo en entornos de RF severos, tal como la aplicación ilustrada del alojamiento de rueda de la aeronave, que carecen de infraestructura que de otra manera podría proporcionar referencias útiles para realizar mediciones de localización. Por consiguiente, en entornos de RF severos, los nodos, es decir, los radios 60 pueden desplegarse en posiciones que optimicen la comunicación de LOS con las ubicaciones donde se debe aplicar el par de torsión de las tuercas 38. El sistema de coordenadas 26 comunes establecido dentro del alojamiento de rueda 36 permite realizar estimaciones de ubicaciones dentro de un marco de referencia común. También puede ser deseable optimizar el protocolo de transmisión con el fin de rechazar las señales reflectantes mediante el uso de técnicas de temporización en el borde delantero de las señales de pulso de UWB transmitidas.

Según una realización, las señales de pulso generadas pueden ser señales de banda base que son mezcladas por un mezclador para mover su frecuencia central a las bandas de frecuencia deseadas que pueden ser, en una aplicación que involucra la monitorización de la aplicación de par de torsión de la tuerca dentro de un alojamiento de rueda 36, alrededor de 4 GHz, proporcionando un espectro efectivo de aproximadamente 3,1 a 5,1 GHz y una precisión de medición de localización inferior a aproximadamente media pulgada. En otras aplicaciones, puede ser apropiado un generador de señal de pulso de UWB 52 que tenga una frecuencia central de aproximadamente 6,85 GHz para una amplia difusión de espectro de parte de FCC 15 de 3,1-10,6 GHz.

Según las realizaciones divulgadas, el despliegue de nodos ad hoc en forma de radios 60 puede usarse para navegar alrededor de cualquier bloqueo en el LOS entre la localización del generador de señales de pulso 52 y la radio 60.

Algunas de las técnicas bien conocidas en la técnica usan la lateralización iterativa de las señales de pulso generadas al resolver un modelo posicional basado en restricciones. Si bien este enfoque puede ser satisfactorio para algunas aplicaciones, en otras aplicaciones, tales como la localización de las tuercas dentro del alojamiento de rueda de una aeronave, puede ser necesario que la red ad hoc se propague con nodos conscientes de la posición para proporcionar los resultados deseados.

Como se explicará más adelante con más detalle, la radio de UWB 60 reciben las señales de pulso de la llave 44 y generan mediciones de localización que pueden usarse para calcular la localización de la llave 44, y por lo tanto, la llave 44 debe aplicar un par de torsión de la localización de la tuerca 38 por la llave 44. En otras realizaciones, puede ser posible usar uno o más radios de UWB 60b que incluyen un par de antenas de recepción 60c, 60d separadas. La radio de UWB 60b genera mediciones de localización basadas en el ángulo de llegada (AOA) y la diferencia de tiempo de llegada (TDOA) de las señales de pulso 76 transmitidas por el transmisor de señales de pulso 52 en la llave 44. En el caso de la radio de UWB 60b, las señales de pulso 76 llegan a las dos antenas 60c, 60d, respectivamente, en ángulos ligeramente diferentes  $\theta_1$  y  $\theta_2$  en relación con un eje de referencia 80 que se basa en el sistema de coordenadas 26 (figuras 1 y 2) utilizado para localizar las tuercas 38 en el espacio tridimensional del objeto. De manera similar, la radio de UWB 60 miden cada una el AOA y el TDOA de las señales de pulso 76 que llegan con respecto al eje de referencia 80. Las mediciones de AOA y TDOA generadas por al menos dos de las radios 60 se pueden usar para calcular la localización tridimensional del transmisor de señales de pulso 52 (y, por tanto, la llave 44 y la tuerca 38) utilizando técnicas de lateralización iterativas comunes.

Se puede emplear cualquiera de varias técnicas diferentes para medir el posicionamiento de AOA. Uno de estos métodos se ha descrito anteriormente en el que la radio de UWB 60b incluye dos antenas de recepción 60c, 60d separadas, cada una de las cuales recibe la señal transmitida por el transmisor de señales de pulso 52. El ángulo de la línea que conecta la radio 60 y la llave de torsión 44 es medida con respecto a los datos de origen almacenados en los archivos de conjunto de datos 3D 72. Este ángulo de referencia corresponde a la orientación de la línea que intersecta cada una de las antenas colocadas 60c, 60d. Al medir la orientación a múltiples antenas de referencia, se puede determinar la posición de la llave de torsión 44.

Se pueden utilizar diversas técnicas para medir TDOA. Uno de tales métodos consiste en recibir las señales de pulso transmitidas por múltiples radios UWB 60 y dedicar una de las radios de recepción 60a a calibrar las radios 60 restantes en la red. La radio de recepción 60 determina la ruta directa a la llave de torsión 44 deseada midiendo el

TDOA de la señal. Es posible que se requieran al menos cuatro de estas mediciones para determinar la posición de la llave de torsión 44 mediante una lateralización interactiva.

El rendimiento de las radios 60 se puede medir en términos de la tasa de éxito de paquetes, la precisión de la distancia medida versus la real, la desviación estándar y los niveles de señal/ruido. La tasa de éxito de paquetes se puede definir como el número de intercambios de paquetes exitosos entre las radios 60. La distancia medida se calcula mediante el procesamiento de las señales de pulso de UWB transmitidas por el transmisor de señales de pulso 52. La distancia real es la distancia entre dos radios de recepción 60 medida utilizando un dispositivo físico. La desviación estándar es una medida del modo en que se dispersan ampliamente los valores de distancia medidos de la media. La señal y los niveles de ruido se pueden calcular a partir de la forma de onda de la señal de la siguiente manera:

$$\text{NiveldeSeñal} = 10 * \log\left(\frac{\text{Cuadrado del Valor Máximo de los Recuentos de ADC}}{2}\right)$$

$$\text{NiveldeRuido} = 10 * \log(\text{Variación de Ruido de 5ns de la Onda})$$

El sistema 28 puede incluir una radio de referencia de UWB 60a que emite una señal de baliza 65 que se utiliza para calibrar las radios de UWB 60. Debido a los espacios cerrados y diversas obstrucciones, como la estructura 42 que puede estar presente dentro del alojamiento de rueda 36, una o más de las radios de UWB, tal como la radio de UWB 60c, pueden no estar dentro del LOS del transmisor de señales de pulso 52. La precisión requerida o la medición de la localización donde el LOS entre el transmisor 52 y una de las radios 60 está bloqueado puede superarse instalando radios 60 adicionales sobre el número mínimo requerido para los cálculos TDOA normales, y luego ejecutando algoritmos de procesamiento de señales para identificar el receptor particular que no está dentro de LOS con el transmisor de señales de pulso 52.

Las mediciones de localización generadas por la radio de UWB 60 pueden transmitirse desde el sistema 28 a un receptor de UWB y un ensamblador de datos 62 que ensambla las mediciones de localización, junto con los datos de par de torsión que forman parte de las señales de pulso transmitidas desde la llave 44. En función de la aplicación, los datos reunidos pueden transmitirse a través de una red 64 al sistema de monitorización, visualización e información 30. Las redes 54 pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, una WAN, LAN o Internet. El sistema de monitorización, visualización e información 30 puede incluir un procesador 68, programa de compilación de datos 68, programa de visualización de datos 70, archivos de conjuntos de datos 72 tridimensionales y una o más pantallas, tales como la pantalla 74 y una pantalla 75 portátil.

El procesador 66 puede comprender una PC programada que usa el programa de compilación 68 para calcular la posición del transmisor de señales de pulso 52 en base a las mediciones de localización. El procesador 66 también usa el programa de visualización 70 para provocar la visualización de imágenes que ilustran o resaltan la localización de la tuerca 38 que aplica el par de torsión dentro de una imagen tridimensional producida a partir de los archivos de conjunto de datos 72. Los archivos de conjunto de datos 72 tridimensionales pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, un archivo CAD producido por cualquiera de diversos programas de modelado de sólidos, sin limitación, tales como CATIA. De hecho, el sistema 30 asigna las ubicaciones de las tuercas 38 a las coordenadas del conjunto de datos en el programa de modelado de sólidos.

El método para calcular la posición del transmisor de señales de pulso 52 se ilustra en la figura 7 en la que el AOA y el TDOA se miden en 80 y 84, respectivamente, por las radios de UWB 60. En algunos casos, se puede introducir un sesgo de medición como resultado de la falta de LOS entre las radios 60, y un bloqueo incorrecto en la señal para detectar la ruta directa o borde de ataque de la señal. Esto se debe a que la detección constante del borde de ataque se produce en el camino más corto entre las radios 60. Este sesgo de medición puede compensarse utilizando cualquiera de varios métodos, incluido el uso de algoritmos de borde de ataque que utilizan tablas de búsqueda para las regiones dentro del alojamiento de rueda 36 para compensar el sesgo o para contar el error como errores de posición. Por consiguiente, la compensación se puede hacer en 86 para el sesgo de medición. Finalmente, en 88, el procesador 66 calcula la posición tridimensional del transmisor de señales de pulso 52 dentro del sistema de coordenadas 26 del entorno de fabricación 24, que en el ejemplo ilustrado, comprende el alojamiento de rueda 36.

Haciendo referencia ahora particularmente a la figura 8, ambas pantallas 74, 75 combinan datos gráficos y cuantitativos en tiempo real para proporcionar una visualización del estado actual del alojamiento de rueda 36. Para visualizar la tuerca 38 que se aplica un par de torsión en una imagen de referencia tridimensional ensamblada a partir de los archivos de conjunto de datos 3D 72, el procesador 66 traduce matemáticamente la localización 3D del transmisor de señales de pulso 52 en el sistema de coordenadas 26 del alojamiento de rueda 36, a un segundo sistema de coordenadas 34 de la imagen 3D creada a partir de los archivos de conjunto de datos 72. El primer sistema de coordenadas 26 define efectivamente el espacio objeto 35, es decir, el espacio 3D en el que la llave 44

se mueve de una tuerca 38 a otra, y el sistema de coordenadas 34 define el espacio de imagen 37 que contiene la imagen creada a partir de los archivos de conjunto de datos 3D 72.

5 La pantalla 74 principal puede ser utilizada por el personal de producción para localizar, monitorizar y registrar el estado (por ejemplo, inicio, progreso y/o finalización) de las operaciones de ensamblaje, tal como la aplicación de un par de torsión de las tuercas 38. Además, una pantalla 75 portátil puede emplearse por un trabajador de ensamblaje para ver los mismos datos o similares que se visualizan en la pantalla 74 para que el trabajador pueda monitorizar y verificar a cuáles de las tuercas 38 se les ha aplicado un par de torsión o aún no se les ha aplicado un par de torsión.

10 Ahora se hace referencia a la figura 9, que divulga una pantalla de visualización 90 típica que puede verse en cualquiera de las pantallas 74, 75. En este ejemplo, se visualiza un módulo 92 hidráulico en el que se usa una flecha 96 para indicar una tuerca 94 particular a la que se aplica un par de torsión o acaba de aplicarse un par de torsión. La información resumida en una tabla 98 también puede visualizarse, lo que puede indicar un número de módulo 100 que identifica el módulo 92, un número de ajuste 102 que identifica el ajuste particular al que se aplica un par de torsión, el estado 104 de finalización de par de torsión y un valor de par de torsión 106 final.

15 Haciendo referencia ahora también a la figura 10, la información resumida puede visualizarse en la pantalla 74 que puede incluir grupos 110 de módulos junto con las indicaciones 112 que identifican el grupo de módulos. Además, se pueden visualizar las tablas 114 que muestran el estado del par de torsión en forma resumida. Por ejemplo, el estado de par de torsión puede incluir el número 116 de tuercas a las que se les ha aplicado un par de torsión para un grupo de módulos 110, y el número 118 de tuercas a las que aún no se les ha aplicado un par de torsión para cada una de las regiones 120 del grupo de módulos. Una variedad de otros tipos de la información específica del resumen se puede visualizar junto con las imágenes de los módulos y/o accesorios, todo en tiempo real mientras un trabajador de montaje ensambla los accesorios y aplica un par de torsión de las tuercas 38.

25 Haciendo referencia a la figura 11, según una realización del método, la aplicación de un par de torsión de las tuercas 38 puede monitorizarse, registrarse y visualizarse. Comenzando en 122, un trabajador de producción usa la llave electrónica 44 para la aplicación de un par de torsión de la tuerca 38. Cuando la galga 50 extensiométrica (figuras 4 y 5) detecta que se ha alcanzado el valor nominal o umbral del par de torsión, la llave 44 transmite señales de par de torsión que comprenden señales de pulso de UWB que contienen el valor de par de torsión, mostrado en la etapa 124. Las señales de par de torsión (señales de pulso de UWB) se reciben en los radios de UWB 60 dentro del alojamiento de rueda 36, como se muestra en 126. Las mediciones de localización resultantes son utilizadas después por el procesador 66 para calcular la localización de la llave 44 en el espacio tridimensional del objeto, como se muestra en 128. En 130, el procesador 66 asocia la localización de la llave con una tuerca 38 particular, y en 132, se registra el valor de par de torsión para la tuerca. En 134, el procesador 66 traslada la localización de la tuerca del sistema de coordenadas 26 de la cavidad del alojamiento de rueda 36 al sistema de coordenadas 34 del espacio tridimensional representado por la imagen visualizada. La tuerca 38 se visualiza junto con el valor de par de torsión registrado en 134. Los informes de verificación de par de torsión se pueden generar opcionalmente, como se desee, en 136.

30 Las formas de realización descritas anteriormente pueden proporcionar la adquisición y visualización tanto de la localización como de los datos cuantitativos relacionados con la operación de fabricación que se realiza. Por ejemplo, cuando la llave de torsión 44 transmite señales que identifican su localización y una lectura de torsión, tanto la localización de la llave 44 como la lectura de par de torsión adquirida se pueden registrar y visualizar de manera remota o local. Sin embargo, las realizaciones divulgadas también pueden ser útiles cuando las señales transmitidas desde la llave 44 contienen solo información que indica la localización de la llave 44. Por ejemplo, cuando un trabajador inicia y/o completa una operación de par de torsión, el mismo puede iniciar manualmente la transmisión de una señal desde la llave 44 utilizando un interruptor de transmisión (no mostrado) en la llave 44 que inicia la transmisión de una señal que indica la localización de la llave, y de manera inferencial, que se acaba de iniciar o realizar una operación en un accesorio en la localización de la llave.

35 Haciendo referencia ahora a la figura 12, el cabezal 45 de la llave de torsión 40 electrónica descrita anteriormente puede posicionarse alrededor de una tuerca 38 utilizada para apretar un accesorio 41 en un tubo 40. La posición del mango 46 se fija con relación al cabezal 45. En este ejemplo, la el mango 46 de la llave 44 está posicionado cerca de una obstrucción 200 que puede comprender, por ejemplo y sin limitación, un mamparo en el que el espacio libre "C" es insuficiente para que un trabajador pueda agarrar el mango 46. Una solución a este problema es mostrado en la figura 13, que ilustra una llave de torsión 202 electrónica en la que el mango 204 está conectado de manera giratoria a un cabezal 206 mediante una bisagra 208, y por lo tanto puede decirse que tiene una "cabezal flexible" 206. En virtud de la conexión giratoria formada por la bisagra 208, el mango 204 puede oscilar en cualquier ángulo  $\theta$  para que un trabajador pueda agarrar y girar libremente el mango 204, sin la obstrucción 200.

La atención también se dirige ahora a la figura 14 que ilustra las fuerzas aplicadas a la tuerca 38 utilizando la llave de torsión 202 mostrada en la figura 13. La simetría de la tuerca 38 puede definirse en un sistema de coordenadas 210 tridimensionales que comprende los ejes ortogonales x, y y z. El eje z forma el eje de rotación 222 del elemento

de sujeción 38. La fuerza de rotación, es decir, el par de torsión, que produce la rotación de la tuerca 38 se aplica al elemento de sujeción 38 dentro de un plano definido por los ejes  $x$  e  $y$  que es ortogonal con respecto a al eje de rotación 222. Cuando el mango 204 de la llave 202 está alineado axialmente con el cabezal 206 como se muestra por la posición de línea 212 discontinua en la figura 13, la fuerza  $F$  aplicada al mango 204 actúa a través de una distancia " $D$ " dentro del plano  $x$ - $y$  para producir un par de torsión que es el producto de  $F \times D$ . Sin embargo, cuando el mango oscila en la posición de la línea completa (figura 13) 212a a través de un ángulo  $\theta$ , una parte de la fuerza  $F$  aplicada da como resultado un componente de fuerza  $F_z$  "fuera de eje" paralelo al eje  $z$ . El componente de fuerza  $F_z$  fuera del eje puede provocar un error en la medición del par de torsión. En otras palabras, cuando la fuerza  $F$  no se aplica completamente dentro del plano  $x$ - $y$  ortogonal al eje de rotación 222, las lecturas de par de torsión pueden contener un error. Este error a veces se denomina "error de coseno" ya que la magnitud del error es proporcional al coseno del ángulo  $\theta$ .

La atención se dirige ahora a las figuras 15-17 que representan características de la llave de torsión 202 electrónica que pueden eliminar sustancialmente el error de coseno. La llave 202 electrónica comprende ampliamente el mango 204 alargado conectado de manera giratoria al cabezal 206 mediante una bisagra 216 que permite el movimiento giratorio del mango 204 alrededor de un eje 208. Por lo tanto, la bisagra 216 permite que el mango 204 oscile o se haga girar a través de un ángulo  $\theta$ , fuera del plano  $x$  y mostrado en la figura 14, a cualquiera de una pluralidad de posiciones en aquellas aplicaciones en las que puede ser necesario evitar una obstrucción 200 (figura 13).

El cabezal 206 comprende ampliamente la primera parte de cabezal 218 que se acopla a la tuerca 38 y a una segunda parte de cabezal 224 conectada de manera giratoria al extremo del mango 204 mediante la bisagra 216. En el ejemplo ilustrado, la primera parte de cabezal 218 comprende mordazas 218a opuestas que acoplan los planos 38a de la tuerca 38, sin embargo, la primera parte de cabezal 218 puede tener otras geometrías, tales como una configuración de zócalo (no mostrada), en función de la aplicación. La primera y segunda parte de cabezal 218, 224 están conectadas de manera giratoria mediante un primer enlace 226 de reacción de un par de torsión, y un segundo y tercer enlace de conexión 228, 230.

El primer enlace 226 de reacción de par de torsión es alargado y tiene sus extremos opuestos respectivamente conectados de manera giratoria en los puntos 232 de giro a una oreja 218a en la primera parte de cabezal 218, y a la segunda parte de cabezal 224. El primer enlace 226 de reacción de un par de torsión tiene un eje 235 longitudinal que pasa a través de los puntos de giro 232 y se extiende perpendicular a una línea de referencia 236 que pasa a través del eje de rotación 222 de la tuerca 38. Los enlaces de conexión 228 están posicionados en lados opuestos del primer enlace 226 de reacción de un par de torsión y cada uno tiene sus extremos opuestos conectados de manera giratoria en los puntos de giro 234, respectivamente a la primera y segunda parte de cabezal 218, 224. Las líneas de referencia 238 que conectan los puntos de giro 234 de cada uno de los enlaces de conexión 228 pasan cada una a través del eje de rotación 222.

Aunque los enlaces de conexión 228, 230 están posicionados en lados opuestos del primer enlace de transmisión de par de torsión 226 en el ejemplo ilustrado, son posibles otras disposiciones; por ejemplo, los enlaces de conexión 228, 230 pueden montarse en el mismo lado del primer enlace 226 de reacción de un par de torsión, o pueden estar en diferentes planos. También se debe tener en cuenta aquí que el uso de más de dos enlaces de conexión 228, 230 puede ser posible o deseable en algunas aplicaciones. Mientras que la bisagra 216 ilustrada emplea conexiones giratorias formadas por los enlaces 228, 230 giratorias, pueden ser posibles otros tipos de conexiones flexibles, utilizando, por ejemplo, y sin limitación, uniones de bolas (no mostradas) y/o uniones deslizantes (no mostradas).

Un sensor electrónico de galga 50 extensométrica está montado en el primer enlace 226 de reacción de par de torsión y funciona para medir la cantidad de tensión creada en el enlace 226 como resultado de la fuerza transmitida desde la segunda parte del cabezal 224 a la primera parte del cabezal 218 únicamente a través del primer enlace 226 de reacción de un par de torsión. Mientras que un sensor de galga 50 extensométrica se ha ilustrado en la realización divulgada, se pueden emplear otros tipos de sensores (no mostrados) para medir el par de torsión transmitido a través del primer enlace 226 de reacción de un par de torsión.

De la descripción anterior, se puede apreciar que el primer enlace 226 de reacción de un par de torsión, junto con la galga 50 extensométrica, proporciona un medio, ubicado completamente dentro del cabezal 206 flexible para medir la cantidad de par de torsión aplicada al elemento de sujeción 38. Como resultado de esta disposición, las lecturas del par de torsión medido no se ven afectadas, sustancialmente, por la posición de giro del mango 204.

En funcionamiento, una fuerza aplicada al mango 204 se transmite a través de la bisagra 216 a la segunda parte de cabezal 224, que transmite la fuerza aplicada a través de los enlaces 226, 228 y 230 a la primera parte de cabezal 218 donde se aplica al elemento de sujeción 38. El primer enlace 226 de reacción de un par de torsión aísla esencialmente a la parte de la fuerza aplicada al elemento de sujeción 38 que resulta en un par de torsión al elemento de sujeción 38, es decir, la fuerza aplicada al elemento de sujeción 38 que es perpendicular al eje de rotación 222, del componente  $F_z$  de la fuerza que se aplica "fuera de eje", es decir, no es perpendicular al eje de rotación 222. El componente  $F_z$  fuera de eje de la fuerza aplicada al elemento de sujeción 38 se transmite, sustancialmente, por completo a través del segundo y el tercer enlace 228, 230. Los enlaces 228, 230 forman así



conexiones giratorias que mantienen el primer enlace 226 de reacción de par de torsión en una posición, sustancialmente, fija en la llave 202, y reaccionan contra el componente  $F_z$  fuera de eje de la fuerza aplicada  $F$ .

5 La llave de torsión 202 electrónica puede ser similar en otros aspectos a la llave de torsión electrónica descrita anteriormente en las figuras 4 y 5. Por ejemplo, y sin limitación, la llave de torsión 202 puede incluir un circuito de medición y activación 57 que funciona para hacer que un transmisor 52 en el mango 204 transmita señales inalámbricas que indiquen la localización y/o la magnitud del par detectado. De manera similar, la llave 202 puede incluir un piloto 58 que puede comprender, por ejemplo y sin limitación, el LED mostrado en los dibujos.

10 Una realización alternativa de la llave de torsión 202a electrónica se ilustra en las figuras 18 y 19. La llave de torsión 202a es similar a la descrita anteriormente en relación con las figuras 15-17, pero incluye una forma alternativa 216a de la bisagra en la que las segundas partes de cabezal 224a están configuradas para ser recibidas dentro de una abertura 242 definida entre dientes 240 separados que están formados integralmente con el extremo del mango 204. Los pasadores 244 conectan de manera giratoria los extremos opuestos de la segunda parte del cabezal 224 con los dientes 240.

15 Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, las aplicaciones aeroespaciales, marítimas y de automoción. De este modo, haciendo referencia ahora a las figuras 20 y 21, las realizaciones de la divulgación se pueden usar en el contexto de un método de fabricación y funcionamiento de aeronave 250 como se muestra en la figura 20 y una aeronave 252 como se muestra en la figura 21. Durante la reproducción, el método 250 ejemplar puede incluir la especificación y el diseño 254 de la aeronave 252 y el aprovisionamiento de material 256. Durante la producción tiene lugar, la fabricación de componentes y subconjuntos 258 y la integración del sistema 260 de la aeronave 252. A partir de entonces, la aeronave 252 puede pasar por la certificación y la entrega 262 para ponerse en funcionamiento 264. Mientras está en uso por un cliente, la aeronave 252 está programada para el mantenimiento y servicio de rutina 266 (que también puede incluir modificación, reconfiguración, remodelación, y así sucesivamente).

25 Cada uno de los procesos del método 250 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

30 Como se muestra en la figura 21, la aeronave 252 producida por el método 250 ejemplar puede incluir un fuselaje 268 con una pluralidad de sistemas 270 y un interior 272. Ejemplos de sistemas de alto nivel 270 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 274, un sistema eléctrico 276, un sistema hidráulico 278 y un sistema ambiental 280. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias marítimas y automotrices.

35 Los sistemas y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una o más de las etapas del método de producción y funcionamiento 250. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 258 pueden fabricarse o elaborarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 250 está en uso. Además, se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas durante las etapas de producción 258 y 260, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el costo de una aeronave 250. De manera similar, una o más de las realizaciones de los aparatos, las realizaciones del método o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 250 está en uso, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y funcionamiento 266.

45 Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, debe entenderse que las realizaciones específicas tienen fines ilustrativos y no limitativos, ya que a los expertos en la técnica les ocurrirán otras variaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una llave de torsión (202) electrónica que tiene un cabezal de accionamiento flexible, que comprende:

un mango (204) para aplicar una fuerza;

5 un cabezal (206) que incluye una primera parte (218) adaptada para acoplarse con y aplicar una fuerza a un elemento de sujeción (38) alrededor de un eje de rotación (222), y una segunda parte (224) entre el mango y la primera parte;

una bisagra (216) que conecta de manera giratoria el mango con la segunda parte del cabezal y permite que el mango gire a cualquiera de una pluralidad de posiciones con respecto al cabezal; y

10 un primer enlace (226) de reacción de par de torsión que conecta la primera (218) y la segunda (224) partes del cabezal para reaccionar, sustancialmente, contra toda la fuerza aplicada a través del mango (204) a la primera parte del cabezal, independientemente de la posición de giro del mango; y está **caracterizada por que** la llave de torsión electrónica comprende:

un sensor (50) electrónico conectado entre la primera (218) y la segunda (224) partes del cabezal para medir la cantidad de par de torsión aplicada al elemento de sujeción,

15 en el que el sensor electrónico incluye una galga extensiométrica para medir la tensión en el primer enlace (226) de reacción de par de torsión.

2. La llave de torsión electrónica según la reivindicación 1, en la que:

el primer enlace incluye extremos opuestos conectados de manera giratoria, respectivamente, a la primera y segunda parte del cabezal en los puntos de giro, y

20 una línea de referencia que pasa a través de los puntos de giro se extiende, sustancialmente, ortogonal al eje de rotación.

3. La llave de torsión electrónica según la reivindicación 1, que comprende además:

el segundo y el tercer enlace que conectan la primera y la segunda parte del cabezal, el segundo y el tercer enlace teniendo cada uno extremos opuestos conectados en los puntos de giro a la primera y la segunda parte del cabezal, respectivamente, y

25 en el que un eje de referencia que pasa a través de los puntos de giro para cada uno del segundo y el tercer enlace se extiende a través del eje de rotación.

4. La llave de torsión electrónica según la reivindicación 1, en la que el sensor electrónico incluye una galga extensiométrica montado en el primer enlace de reacción de par de torsión.

30 5. La llave de torsión electrónica según la reivindicación 1, que comprende además:

un transmisor inalámbrico en el mango para transmitir una señal relacionada con la cantidad de par de torsión medida por el sensor electrónico.

6. La llave de torsión electrónica según la reivindicación 5, que comprende además:

35 un circuito de activación del transmisor para transmitir la señal cuando el sensor electrónico detecta que se ha aplicado una cantidad preseleccionada de par de torsión al elemento de sujeción.

7. La llave de torsión electrónica según la reivindicación 1, que comprende además:

un piloto para alertar a un usuario de la llave de torsión de que se ha aplicado una cantidad preseleccionada de par de torsión al elemento de sujeción.

8. La llave de torsión electrónica según la reivindicación 1, que comprende además:

40 el segundo y el tercer enlace conectan la primera y la segunda parte del cabezal de reacción contra cualquier fuerza fuera del eje aplicada al elemento de sujeción por el mango.

9. Un método de aplicación y medición del par de torsión en un elemento de sujeción (38) usando una llave de torsión (202) según la reivindicación 1, comprendiendo el método:

acoplar el elemento de sujeción con la primera parte del cabezal;

45 transmitir una fuerza a través del primer enlace que da como resultado que se aplique, básicamente, solo un par

de torsión al elemento de sujeción; y  
medir el par de torsión transmitido a través del primer enlace usando el sensor de galga extensiométrica.

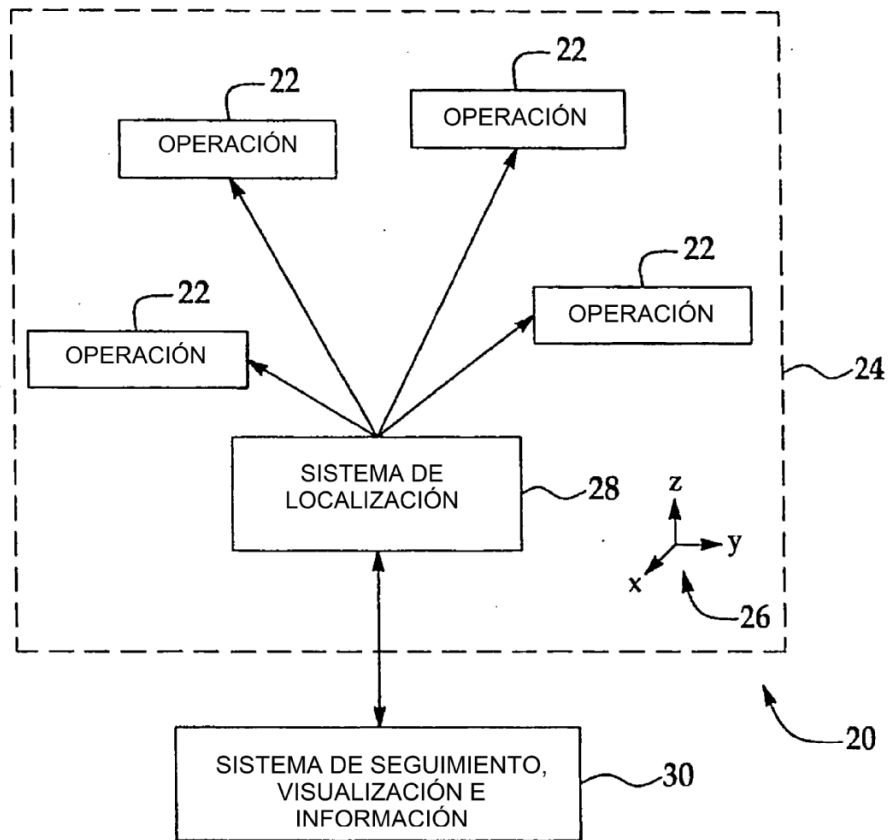


FIG. 1

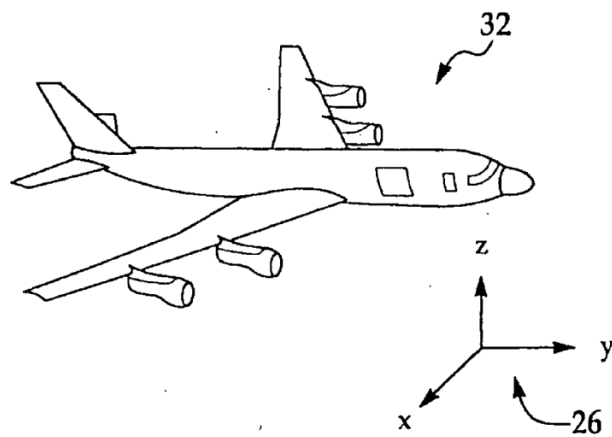


FIG. 2

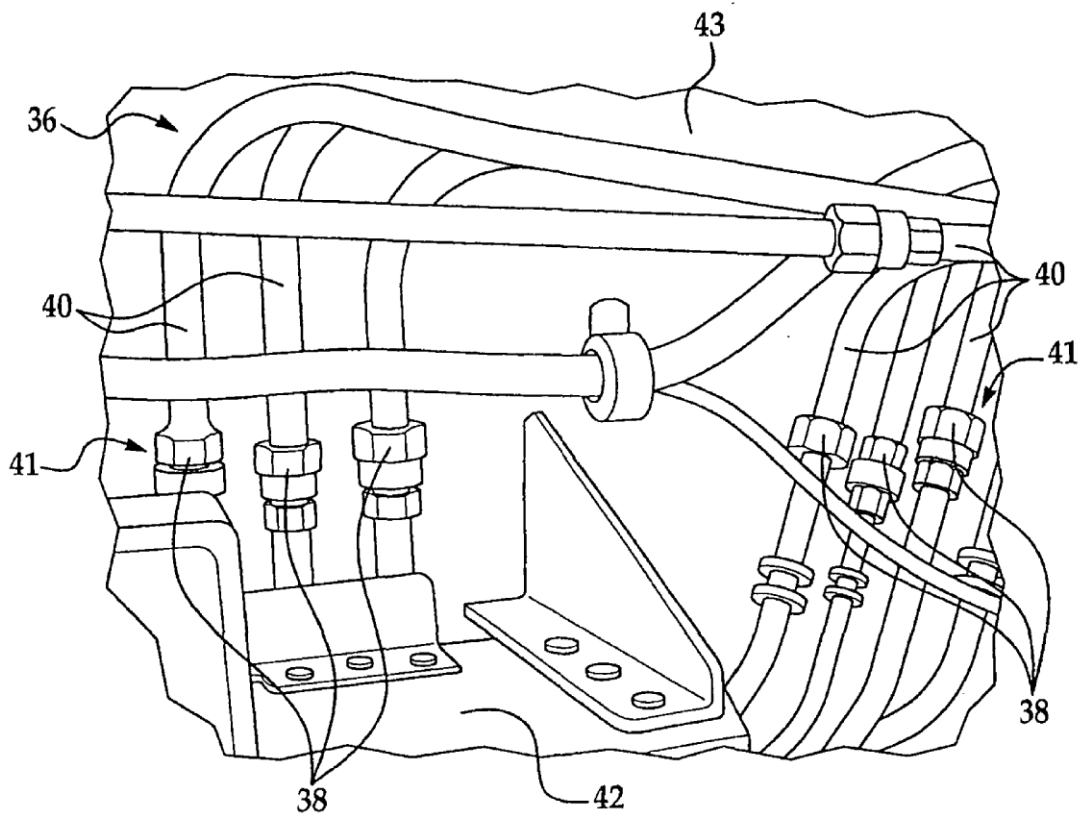


FIG. 3

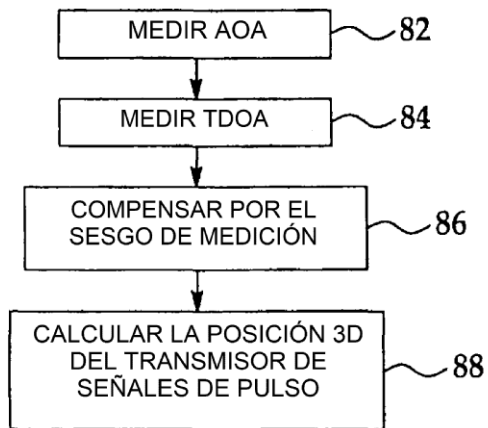


FIG. 7

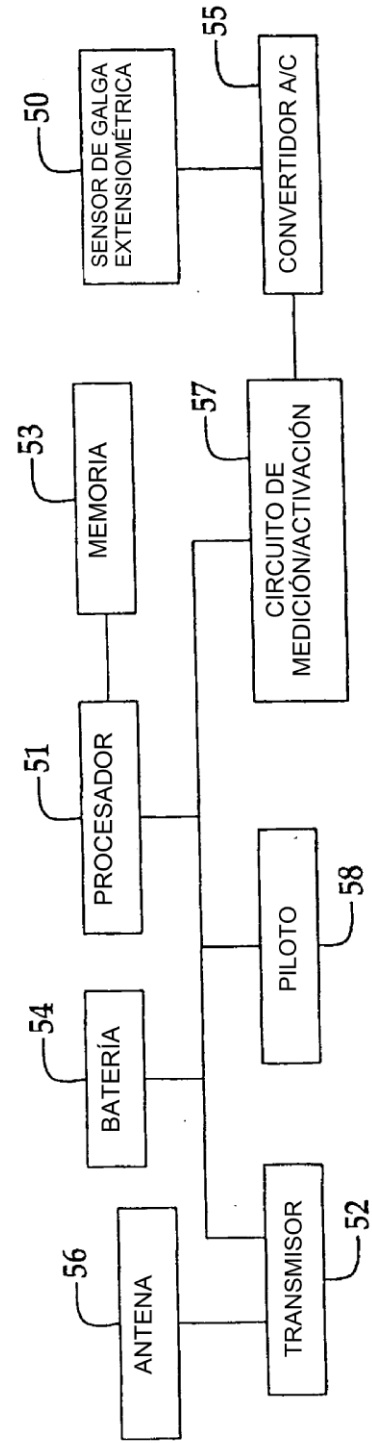
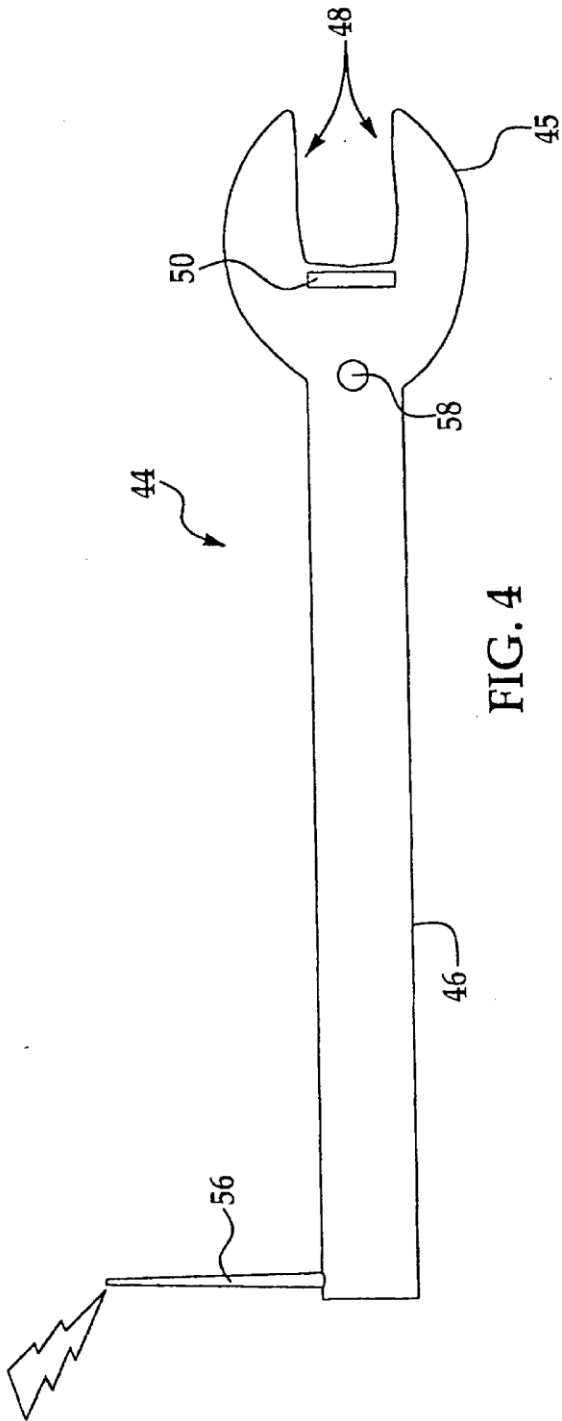
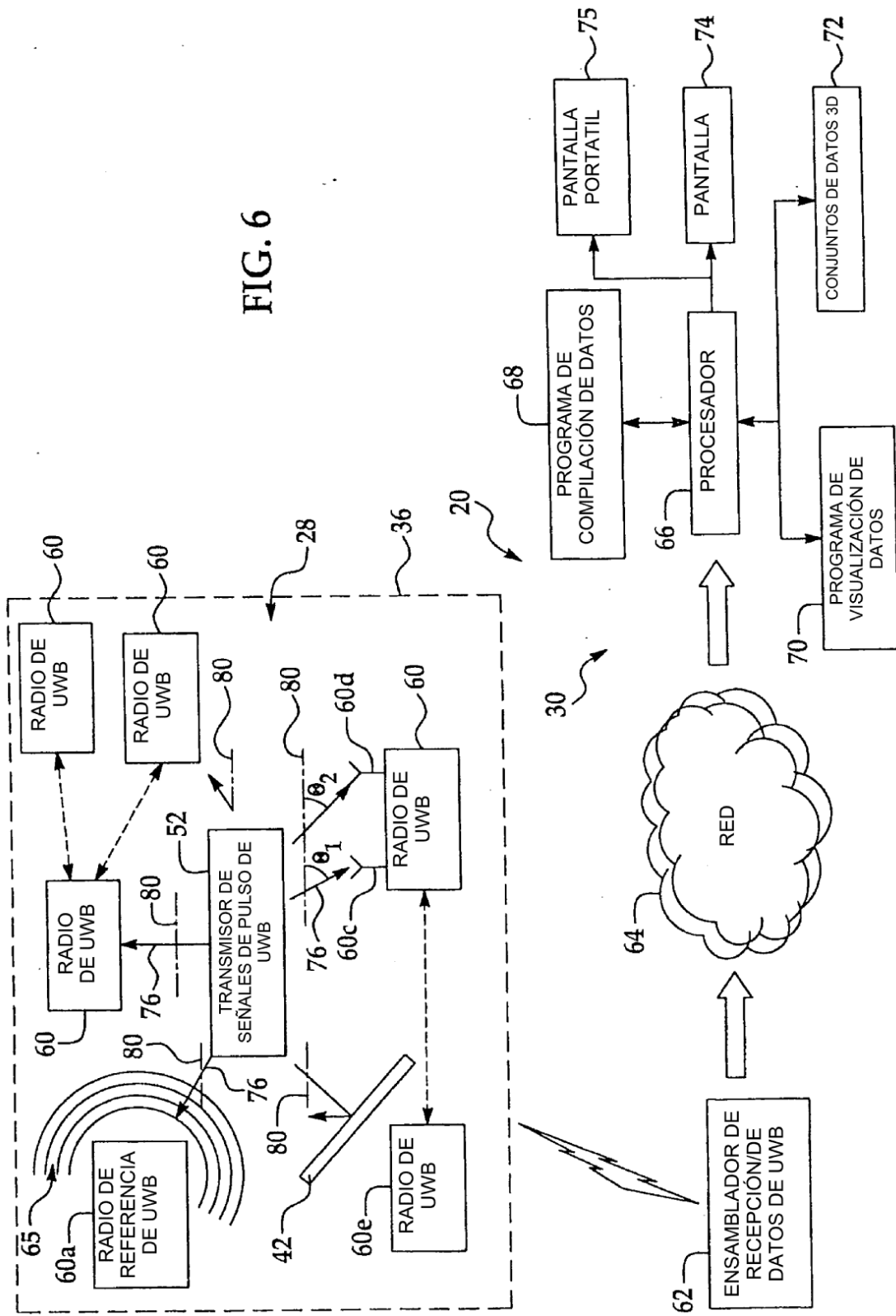


FIG. 6



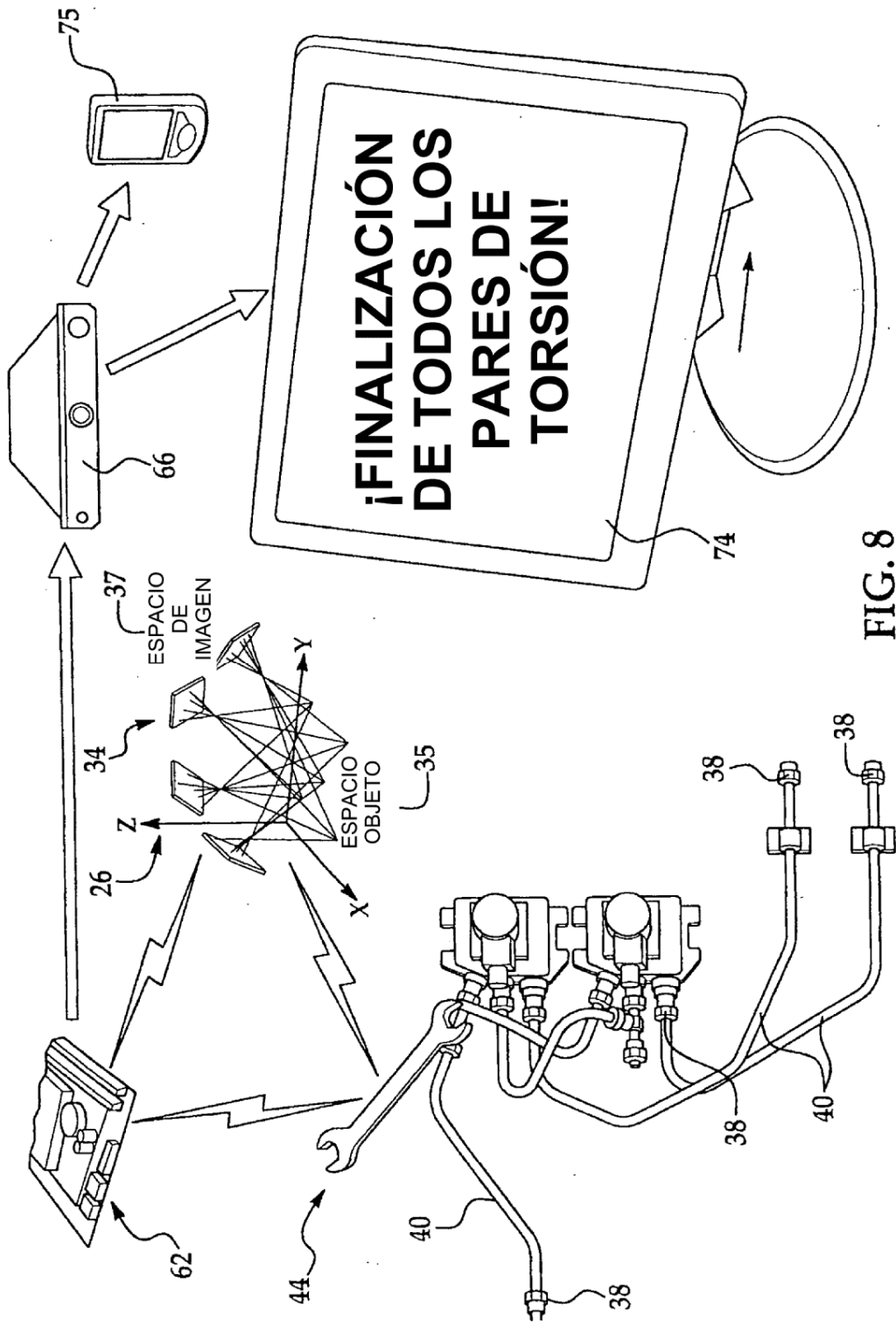


FIG. 8



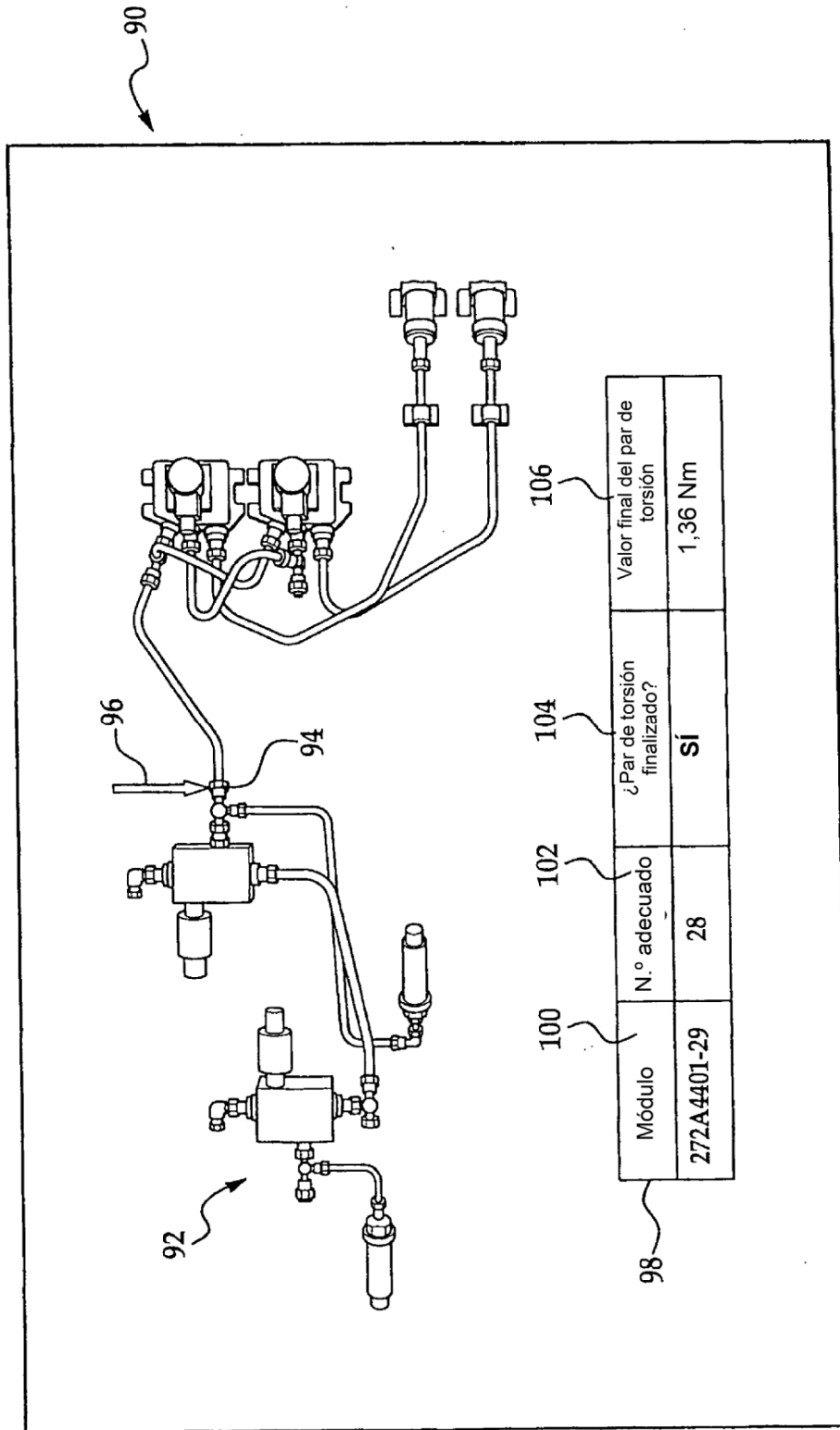


FIG. 9

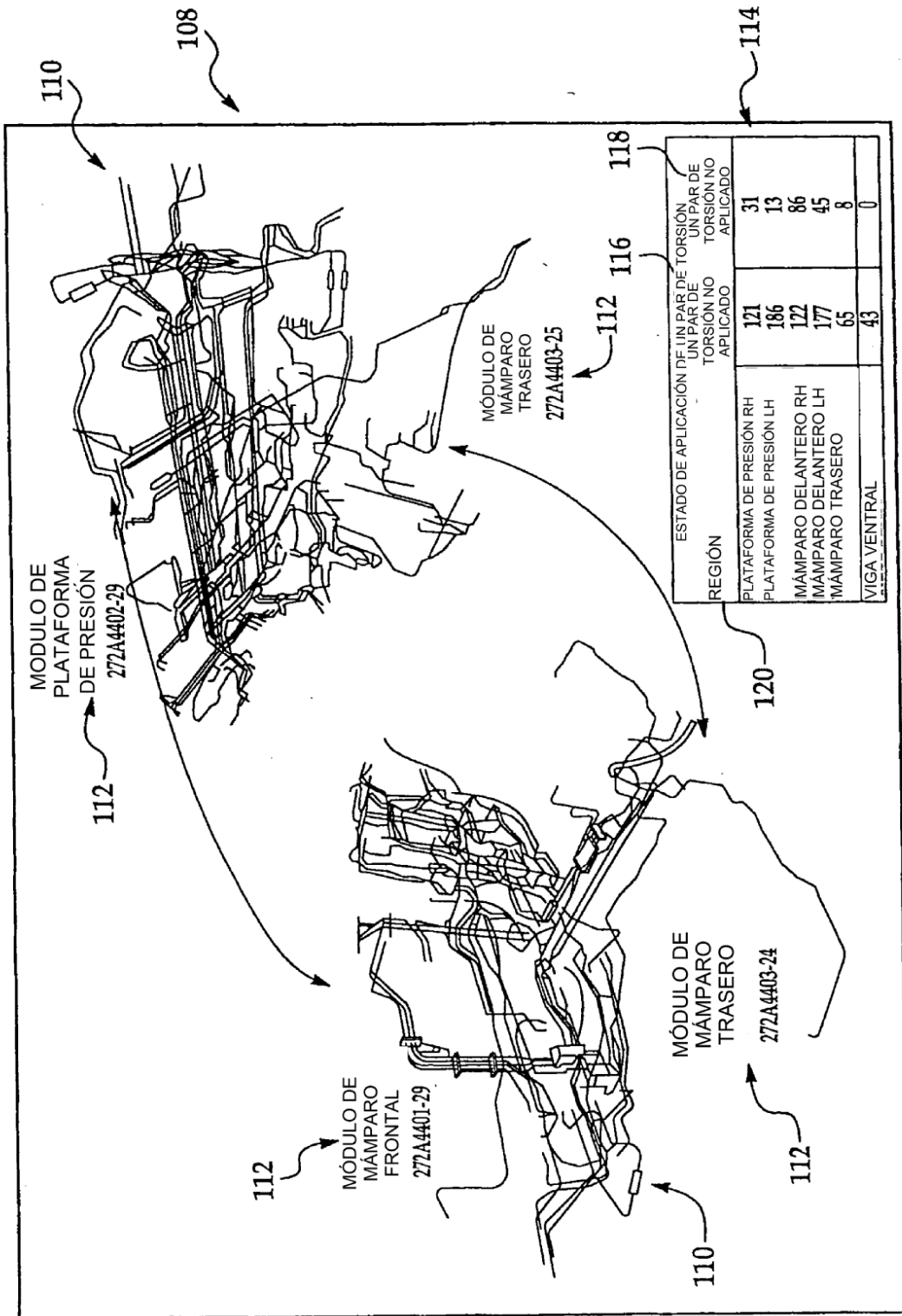


FIG. 10

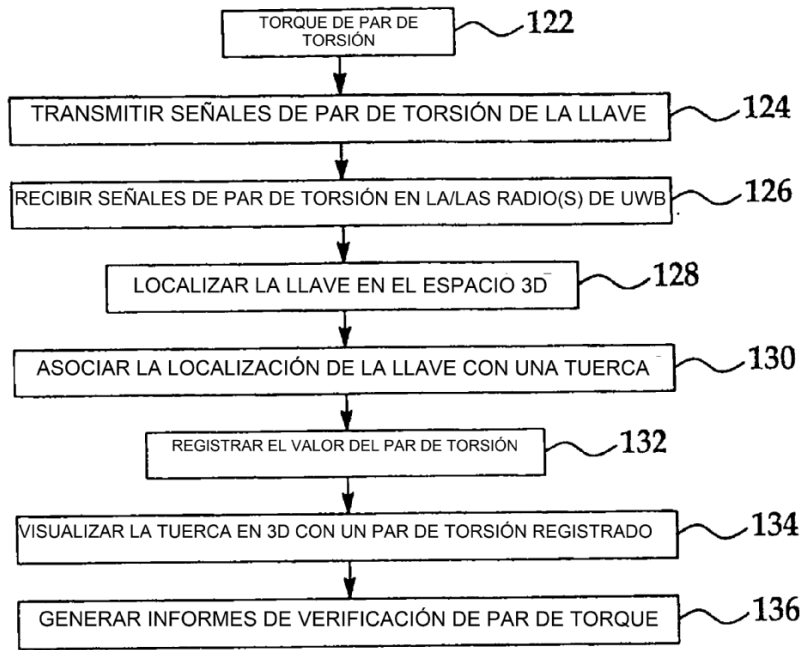


FIG. 11

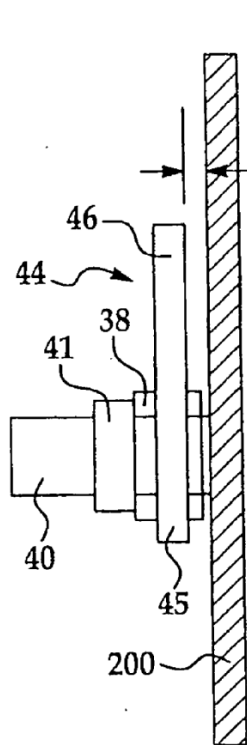


FIG. 12

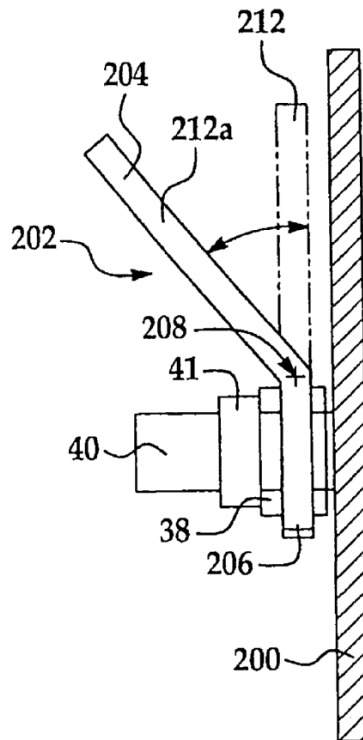


FIG. 13

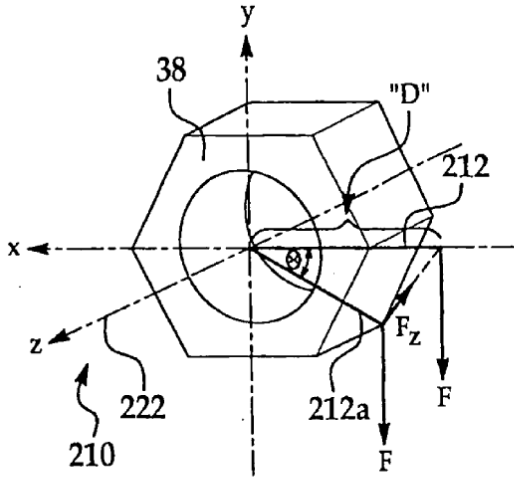


FIG. 14

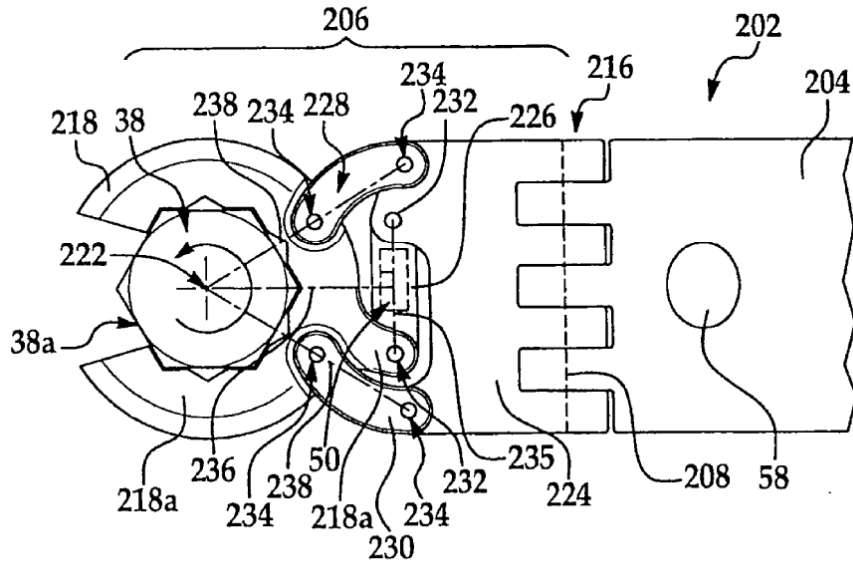


FIG. 15

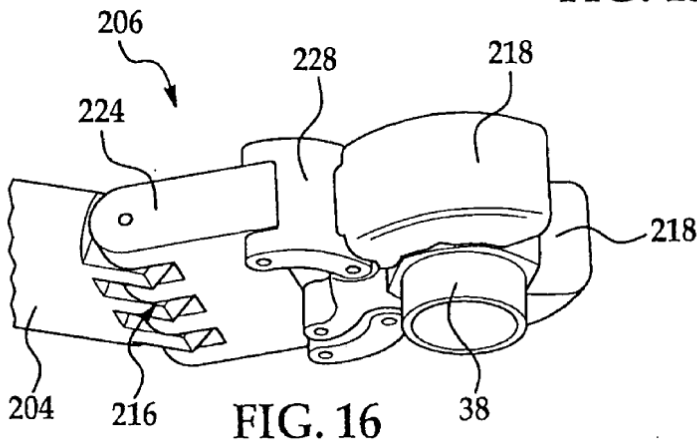
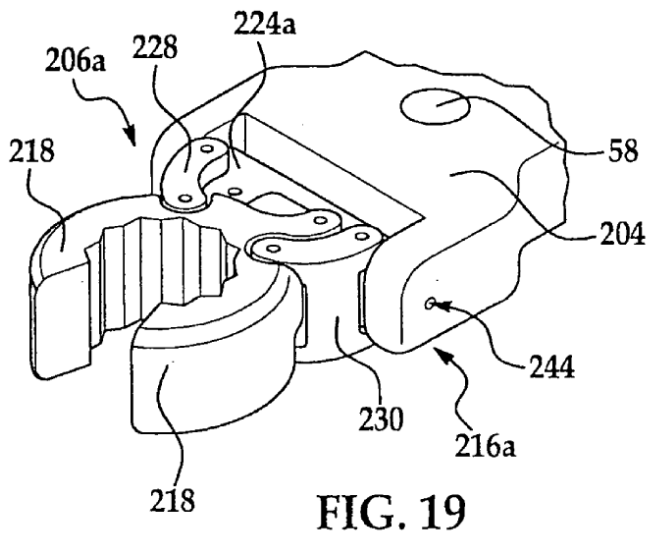
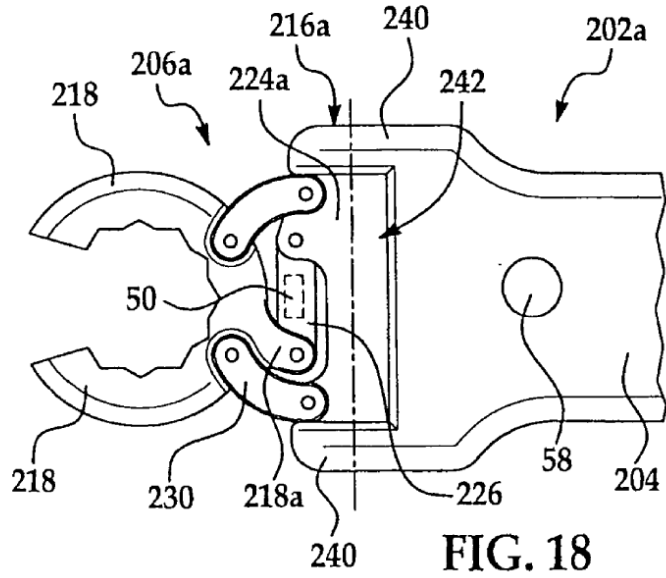
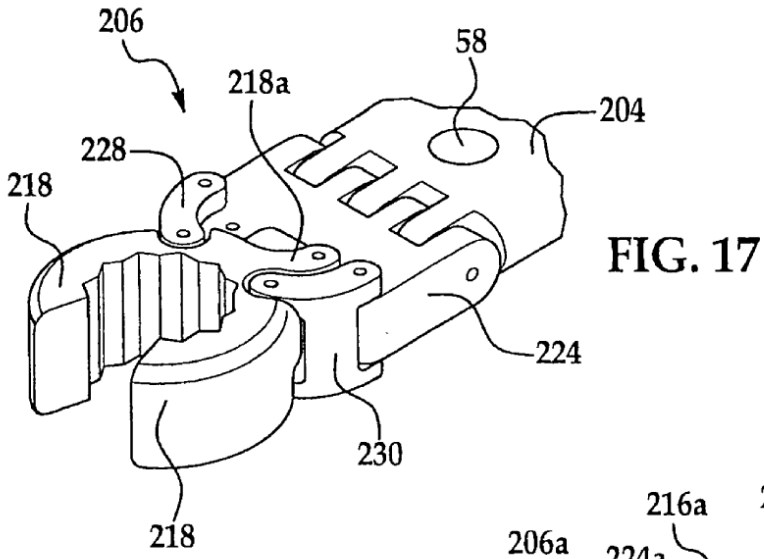


FIG. 16



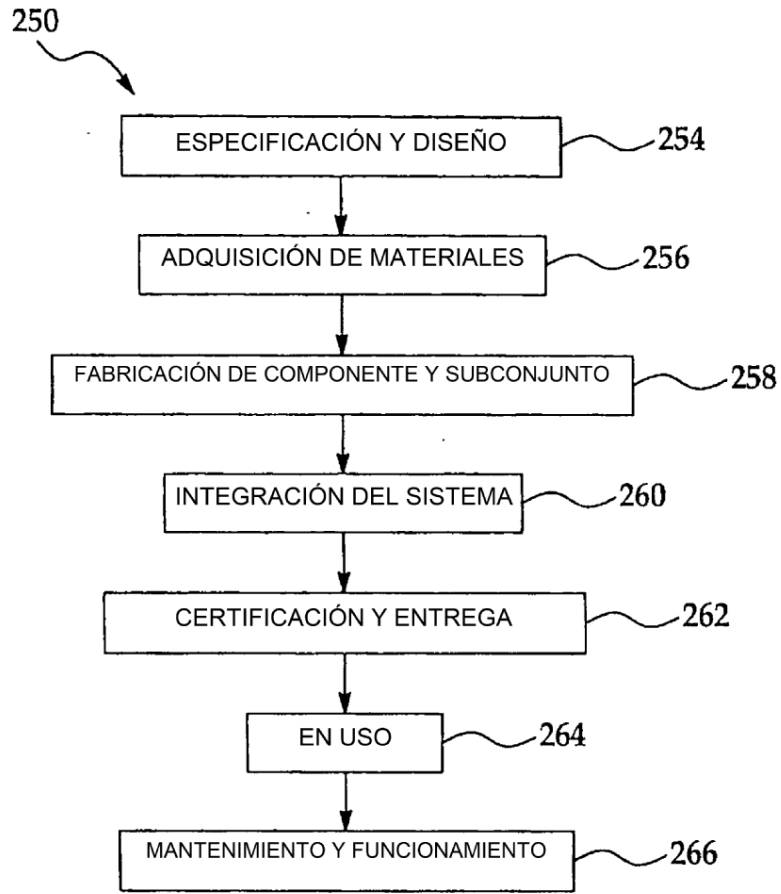


FIG. 20

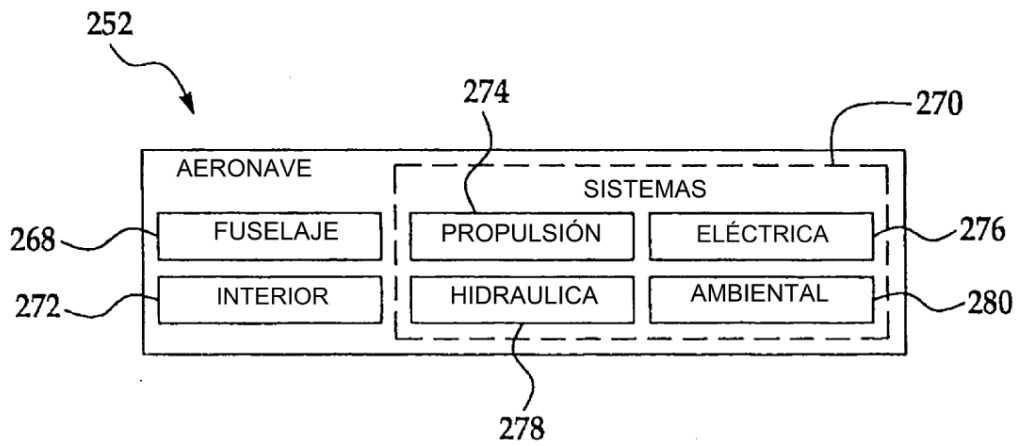


FIG. 21