

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 827**

51 Int. Cl.:

**B25J 9/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2012 E 12178833 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2554337**

54 Título: **Robot que incluye conjuntos de tornillos de avance extensibles para colocar un efector terminal**

30 Prioridad:

**03.08.2011 US 201113197757**

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

**01.12.2014**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**SARH, BRANKO y  
DAVANCENS, ANGELICA**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 523 827 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**

Robot que incluye conjuntos de tornillos de avance extensibles para colocar un efector terminal.

**5 Antecedentes**

10 Durante el montaje de una aeronave, se realizan de manera sincrónica operaciones de fijación en los lados opuestos de diversas estructuras. Una operación de fijación puede incluir la perforación, el avellanado y la inserción de elementos de fijación en un lado de una estructura, y el remate del extremo de cada elemento de fijación insertado en el lado opuesto de la estructura.

15 Considérense las operaciones de fijación en un cajón de ala de una aeronave. La perforación, el avellanado y la inserción de elementos de fijación se realizan mediante un sistema robótico fuera del cajón de ala. La colocación del manguito y la tuerca se realiza dentro del cajón de ala mediante un trabajo manual. Una persona accede a un cajón de ala a través de un pequeño puerto de acceso, y realiza la colocación del manguito y la tuerca con herramientas de mano mientras que se encuentra recostado en el interior del cajón de ala. En las alas de las aeronaves comunes se instalan y rematan del orden de varios cientos de miles de elementos de fijación.

20 Sería muy deseable eliminar el trabajo manual y automatizar por completo las operaciones de fijación en ambos lados del cajón de ala. Sin embargo, mientras que la colocación de una tuerca en la rosca de un perno puede ser una tarea sencilla para un ser humano, no es tan sencilla para un robot. La colocación y la orientación precisas de una tuerca en un perno es una tarea compleja.

25 El documento WO 2009/069153 divulga un dispositivo para la manipulación y/o la realización de operaciones de trabajo en objetos que comprende un primer brazo y un segundo brazo que muestran, cada uno de los mismos, un primer extremo y un segundo extremo; un cuerpo de soporte en el que se conectan el primer brazo y el segundo brazo; medios para el soporte y el movimiento asociado a los segundos extremos del primer brazo y el segundo brazo; y al menos un primer motor eléctrico lineal y un segundo motor eléctrico lineal, cada uno asociado a un brazo respectivo para producir el movimiento del mismo.

30 El documento JP 2007/290068 divulga un dispositivo provisto de: (a) una primera junta que comprende un primer árbol de tornillo de bolas, una primera tuerca de tornillo de bolas acoplada de manera giratoria con el primer árbol de tornillo de bolas, y un engranaje impulsado formado en o fijado a la circunferencia exterior de la primera tuerca de tornillo de bolas; (b) una segunda junta que comprende un motor de accionamiento, un segundo árbol de tornillo de bolas girado por el motor de accionamiento, y un engranaje motriz proporcionado a través del segundo árbol de tornillo de bolas, y acoplado con el engranaje impulsado de la primera junta; y (c) una tercera junta que comprende una segunda tuerca de tornillo de bolas acoplada de manera giratoria con el segundo árbol de tornillo de bolas de la segunda junta y un elemento cilíndrico provisto de manera continua con la segunda tuerca de tornillo de bolas, y combinado con el segundo árbol de tornillo de bolas de la segunda junta.

40 Esta tarea se vuelve aún más compleja debido a las limitaciones de espacio dentro del cajón de ala. El cajón de ala forma un espacio estrecho que, en la punta, es de solo varias pulgadas de altura (véase la figura 4 para un ejemplo de un cajón de ala). Además, el espacio estrecho solo es accesible a través de un puerto de acceso. El robot tendría que acceder al espacio estrecho a través del puerto de acceso, desplazarse más allá de los largueros dentro del espacio estrecho, localizar los extremos de los elementos de fijación insertados, y colocar un efector terminal y colocar un manguito y una tuerca en cada extremo del elemento de fijación.

45 La tarea se vuelve aún más compleja debido a que las tolerancias de las aeronaves son muy estrictas. La tarea se vuelve aún más compleja debido a que el efector terminal pesa normalmente de 18,14 a 22,68 kg (40 a 50 libras). La tarea se vuelve aún más compleja debido a que el robot dentro del espacio estrecho tiene que sincronizar sus tareas con las de un robot fuera del cajón de ala.

**Sumario**

55 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un robot como se define en la reivindicación 1. Otras realizaciones se definen en las reivindicaciones dependientes.

60 De acuerdo con una disposición que no forma parte de la presente invención, un sistema puede realizar las operaciones de fabricación en una estructura que tiene un espacio reducido. El sistema comprende un primer robot que puede funcionar fuera del espacio reducido para realizar un conjunto de tareas de fabricación en la estructura, y un segundo robot que puede funcionar dentro del espacio reducido para realizar un conjunto complementario de tareas de fabricación en la estructura. El segundo robot incluye un conjunto de accionador, y unos conjuntos de tornillos de avance extensibles paralelos primero y segundo en voladizo desde el conjunto de accionador. Se hace pivotar un extremo de cada conjunto extensible en el efector terminal. El segundo robot incluye además un controlador para ordenar que el accionador mueva de manera independiente cada extremo del conjunto extensible entre una posición retraída y una posición desplegada.

También se analiza un método de fabricación dentro de un espacio reducido definido en parte por una pared que comprende mover un efector terminal en el espacio reducido, usando los conjuntos de tornillos de avance extensibles paralelos primero y segundo para trasladar y girar el efector terminal hasta que el efector terminal logre una orientación deseada con respecto a un destino dentro del espacio reducido, y usando una placa de metal fuera del espacio reducido para sujetar magnéticamente el efector terminal contra la pared.

### Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1 y 2 son ilustraciones de un robot que incluye un efector terminal.

Las figuras 3a, 3b y 3c son ilustraciones de un método de funcionamiento del robot.

La figura 4 es una ilustración de una sección de ala de un cajón de ala de aeronave.

Las figuras 5a, 5b y 5c son ilustraciones de una realización de un robot que incluye un efector terminal para realizar operaciones de fijación en un cajón de ala.

La figura 6 es una ilustración de un sistema robótico para realizar operaciones de fijación en el cajón de ala, que no forma parte de la presente invención.

La figura 7 es una ilustración de un método de fabricación de un cajón de ala, que no forma parte de la presente invención.

### Descripción detallada

Se hace referencia a las figuras 1 y 2. Un robot 110 incluye un conjunto 120 de accionador, unos conjuntos 130 y 140 de tornillos de avance extensibles paralelos primero y segundo en voladizo desde el conjunto 120 de accionador, y un efector 150 terminal soportado por los extremos 132 y 142 de los conjuntos 130 y 140 de tornillos de avance.

El conjunto 120 de accionador hace que cada conjunto 130 y 140 de tornillos de avance se despliegue y se retraiga de manera independiente. Considérese un sistema de coordenadas XYZ con respecto al conjunto 120 de accionador. Durante la retracción de un conjunto 130 o 140 de tornillos de avance, el extremo 132 o 142 se mueve a lo largo del eje X hacia el conjunto 120 de accionador. Durante el despliegue de un conjunto 130 o 140 de tornillos de avance, el extremo 132 o 142 se mueve en la dirección opuesta a lo largo del eje X, lejos del conjunto 120 de accionador.

Los extremos 132 y 142 están limitados con respecto al giro. Por lo tanto, los extremos 132 y 142 no giran alrededor del eje X.

Cada conjunto 130 y 140 extensible incluye una pluralidad de tornillos de avance. En las figuras 1 y 2, pueden verse dos tornillos 134 y 136 de avance del primer conjunto 130 extensible, y pueden verse dos tornillos 144 y 146 de avance del segundo conjunto 140 extensible.

En algunas disposiciones que no forman parte de la presente invención, cada conjunto 130 y 140 extensible incluye solo los dos tornillos de avance visibles. Considérese el primer conjunto 130 extensible. El segundo tornillo 134 de avance se retiene dentro de la carcasa 122 del conjunto de accionador de tal manera que puede girarse. El segundo tornillo 134 de avance tiene un orificio con roscas internas. El primer tornillo 136 de avance tiene unas roscas externas que se acoplan con el orificio roscado del segundo tornillo 134 de avance. El giro del segundo tornillo 134 de avance en una dirección hace que el primer tornillo 136 de avance se mueva en el orificio y se retraiga (ya que el extremo 132 del tornillo 136 de avance externo está limitado para el giro). El giro del segundo tornillo 134 de avance en la dirección opuesta hace que el primer tornillo 136 de avance se mueva hacia fuera del orificio y se despliegue. El segundo conjunto 140 de tornillos de avance se construye de una manera similar, con un segundo tornillo 144 de avance retenido para el giro dentro de la carcasa 122, y un primer tornillo 146 de avance que tiene unas roscas externas que se acoplan con un orificio roscado internamente del segundo tornillo 144 de avance.

De acuerdo con la presente invención, cada conjunto 130 y 140 extensible incluye, además, un tercer tornillo de avance. El tercer tornillo de avance se oculta dentro de la carcasa 122. El primer tornillo de avance y el tercer tornillo de avance de cada conjunto 130 y 140 extensible no son giratorios, y el segundo tornillo de avance de cada conjunto extensible es giratorio. En las figuras 5a a 5c se ilustra un conjunto de tres tornillos de avance y se describe a continuación con mayor detalle.

Una ventaja de usar tornillos de avance con respecto a otros medios (tales como un carril lineal para proporcionar una guía durante el movimiento y un accionador para generar el movimiento) es que los tornillos de avance no solo mueven el efector 150 terminal, sino que también proporcionan una guía lineal. Además, los tornillos de avance soportan cargas (por ejemplo, axiales y de flexión) como resultado de soportar el efector 150 terminal.

Cada interfaz de tornillo de avance puede tener un buje de cojinetes de bolas de recirculación. En un conjunto de dos tornillos de avance, por ejemplo, puede localizarse un buje de cojinetes de bolas de recirculación en la interfaz de los tornillos 136 y 134 de avance primero y segundo, y puede localizarse otro buje de cojinetes de bolas de recirculación en la interfaz de los tornillos 146 y 144 de avance primero y segundo. Las bolas en el interior del

cojinete están pre-cargadas para eliminar cualquier contragolpe. Tales bujes proporcionan una estructura estable y rígida que puede realizar el movimiento y la colocación precisa del efector 150 terminal.

5 El conjunto 120 de accionador incluye un medio dentro de la carcasa 122 para hacer que cada conjunto 130 y 140 de tornillos de avance se despliegue y se retraiga de manera independiente. En algunas realizaciones, los medios pueden incluir un primer motor 124 eléctrico y una correa 126 de transmisión para hacer girar el segundo tornillo 134 de avance, y un segundo motor 128 eléctrico y una correa 129 de transmisión para hacer girar el segundo tornillo 144 de avance.

10 En algunas realizaciones, los extremos 132 y 142 de los primeros tornillos 136 y 146 de avance pueden hacerse pivotar directamente en el efector 150 terminal. En otras realizaciones, los extremos 132 y 142 de los primeros tornillos 136 y 146 de avance están acoplados al efector 150 terminal por una placa 160 de interfaz. Como se muestra en las figuras 1 y 2, el extremo 132 del primer tornillo 136 de avance está acoplado a la placa 160 de interfaz por una junta 162 de pivote, que permite el giro alrededor de un eje  $Z_L$ ; y el extremo 142 del primer tornillo 146 de avance está acoplado a la placa 160 de interfaz por una junta 164 de pivote, que permite el giro alrededor de un eje  $Z_R$ .

20 La placa 160 de interfaz puede permitir un grado adicional de libertad. Por ejemplo, una junta giratoria permite que el efector 150 terminal pivote alrededor de un eje  $X_E$ .

25 El robot 110 incluye, además, una interfaz 170 electrónica y un controlador 180 para la comunicación con el conjunto 120 de accionador a través de la interfaz 170 eléctrica. El controlador 180 genera órdenes para ordenar que el conjunto 120 de accionador mueva los extremos 132 y 142 de los conjuntos 130 y 140 extensibles. En algunas realizaciones, las órdenes hacen que los motores 124 y 128 hagan girar los segundos tornillos 134 y 144 de avance, lo que, a su vez, hace que los extremos 132 y 142 se muevan a lo largo del eje X. Las velocidades angulares relativas de los tornillos 134 y 144 de avance internos se controlan para trasladar el efector 150 terminal a lo largo del eje X y hacer girar el efector 150 terminal alrededor del eje  $Z_E$ . No hay necesidad de comunicación entre la junta/el controlador.

30 Las figuras 3a a 3c ilustran cómo está orientado el efector 150 terminal. Haciendo referencia a la figura 3a, no se hace girar el segundo tornillo 134 de avance (no mostrado) del primer conjunto 130 extensible, por lo que el primer tornillo 136 de avance se mantiene estacionario. Simultáneamente, se hace girar a una velocidad constante el segundo tornillo 144 de avance (no mostrado) del segundo conjunto 140 extensible para hacer que el primer tornillo 146 de avance se retraiga por una distancia  $\Delta I_R$ . Como resultado, la placa 160 de interfaz pivota alrededor del eje  $Z_L$  en el sentido de las agujas del reloj.

40 Haciendo referencia a la figura 3b, no se hace girar el segundo tornillo 144 de avance (no mostrado) del segundo conjunto 140 extensible, por lo que el primer tornillo 146 de avance se mantiene estacionario. Simultáneamente, se hace girar el segundo tornillo 134 de avance (no mostrado) del primer conjunto 130 extensible para hacer que el primer tornillo 136 de avance se retraiga por una distancia  $\Delta I_L$ . Como resultado, la placa 160 de interfaz pivota alrededor del eje  $Z_R$  en sentido contrario a las agujas del reloj.

45 Haciendo referencia a la figura 3c, se hacen girar los segundos tornillos 134 y 144 de avance (no mostrados) en direcciones opuestas a la misma velocidad. El primer tornillo 136 de avance del primer conjunto 130 extensible se despliega por una distancia  $\Delta I$ , mientras que el primer tornillo 146 de avance del segundo conjunto 140 extensible se retrae por la misma distancia  $\Delta I$ . Como resultado, la placa 160 de interfaz gira alrededor del eje  $Z_E$ .

50 Pueden lograrse otros movimientos de la placa 160 de interfaz. Por ejemplo, si los segundos tornillos 134 y 144 de avance se hacen girar simultáneamente en la misma dirección, y si las velocidades de giro son las mismas, entonces solo se producirá una traslación. Si las velocidades de giro son diferentes, dará como resultado tanto una traslación como un giro.

55 En el presente documento, un robot no se limita a ninguna operación específica. Sin embargo, un tema de especial interés para los solicitantes implica las operaciones de fijación en los cajones de ala de la aeronave. Las operaciones de fijación pueden incluir la perforación, el avellanado y la inserción de elementos de fijación fuera de un cajón de ala, y el remate de los elementos de fijación dentro del cajón de ala. El robot 110 de las figuras 1 y 2 puede adaptarse para realizar el remate de los elementos de fijación dentro de un cajón de ala.

60 Se hace referencia ahora a la figura 4, que ilustra una sección 410 de ala de un cajón de ala (el cajón de ala tiene una pluralidad de secciones 410 de ala). La sección 410 de ala incluye unos paneles 420 y 430 de revestimiento superior e inferior y unos largueros 440 que se extienden a través de los paneles 420 y 430 de revestimiento. Un puerto 450 de acceso se localiza en el panel 430 de revestimiento inferior. El puerto 450 de acceso conduce a un espacio interior reducido. Las operaciones 460 de fijación incluyen la fijación de las costillas 470 y 480 a los paneles 420 y 430 de revestimiento superior e inferior.

65

Ahora se hace referencia a las figuras 5a y 5b, que ilustran un robot 510 para realizar operaciones de fijación tales como la colocación de un manguito y una tuerca en el espacio reducido de un cajón de ala. El robot 510 (que se basa en el robot 110 de las figuras 1-2) incluye un conjunto 520 de accionador, unos conjuntos 530 y 540 extensibles primero y segundo, y un efector 550 terminal. El efector 550 terminal está provisto de una herramienta 552 de instalación de tuerca/manguito, un sistema de visión (no mostrado), y una interfaz 554 electrónica que permite que la herramienta 552 de instalación de tuerca/manguito y el sistema de visión se comuniquen con una interfaz 570 robótica. Unido al efector 550 terminal está un bloque 556 de sujeción (por ejemplo, una placa de acero), que se usa para sujetar el efector 550 terminal contra un panel de revestimiento del cajón de ala.

5  
10 El primer conjunto 530 extensible incluye un tercer tornillo 532 de avance, un segundo tornillo 534 de avance, y un primer tornillo 536 de avance. El tercer tornillo 532 de avance se sujeta dentro de la carcasa 522 del conjunto 520 de accionador con el fin de que no gire alrededor del eje X.

15 En algunas disposiciones que no forman parte de la presente invención, el tercer tornillo 532 de avance puede ajustarse por presión dentro de la carcasa 522. De acuerdo con la presente invención, el tercer tornillo 532 de avance puede montarse en la carcasa 522 por una interfaz "suave" (por ejemplo, caucho), para permitir cierto giro del tornillo 532 de avance alrededor del eje Z. Este giro es beneficioso porque la distancia entre los primeros tornillos 536 y 546 de avance en la placa 560 de interfaz se reduce durante el giro de la placa de interfaz alrededor del eje Z, mientras que la distancia entre los tornillos 532 y 542 de avance en el extremo de la carcasa 522 permanece constante.

20 El tercer tornillo 532 de avance tiene un orificio con roscas internas. El segundo tornillo 534 de avance tiene roscas externas que se acoplan con el orificio roscado del tercer tornillo 532 de avance. Cuando se hace girar el tornillo 534 central en una dirección, se mueve en el orificio y se retrae. Cuando se hace girar el segundo tornillo 534 de avance en la dirección opuesta, se mueve hacia fuera del orificio y se despliega.

25 El segundo tornillo 534 de avance tiene un orificio con roscas internas. El primer tornillo 536 de avance tiene roscas externas que se acoplan con el orificio roscado del segundo tornillo 534 de avance. Cuando se hace girar el segundo tornillo 534 de avance en una dirección, el primer tornillo 536 de avance se mueve en el orificio y se retrae. Cuando se hace girar el segundo tornillo 534 de avance en la dirección opuesta, el primer tornillo 536 de avance se mueve hacia fuera del orificio y se despliega.

30 Este diseño de tres tornillos de avance proporciona un mayor desplazamiento en un paquete más pequeño (que un diseño de dos tornillos de avance). El diseño de tres tornillos también es más sencillo debido a que el tercer tornillo 532 de avance no gira dentro de la carcasa 522 alrededor del eje X (a diferencia de un diseño de dos tornillos de avance).

35 Como se muestra en las figuras 5b y 5c, todas las interfaces de tornillos de avance pueden tener un buje de cojinetes de bolas de recirculación. Por lo tanto, puede localizarse un primer buje 533 de cojinetes de bolas de recirculación en la interfaz del tercer tornillo 532 de avance y el segundo tornillo 534 de avance, y puede localizarse otro buje 535 de cojinetes de bolas de recirculación en la interfaz del segundo tornillo 534 de avance y el primer tornillo 536 de avance. Las bolas en el interior del cojinete están pre-cargadas para eliminar cualquier contragolpe. Estos bujes 533 y 535 proporcionan una estructura estable y rígida que puede realizar el movimiento y la colocación precisa del efector 550 terminal.

40 El segundo conjunto 540 de tornillos de avance se construye de una manera similar. Un tercer tornillo 542 de avance es no giratorio dentro de la carcasa 522 alrededor del eje X, un segundo tornillo 544 de avance tiene unas roscas externas que se acoplan con un orificio roscado internamente del tercer tornillo 542 de avance, y un primer tornillo 546 de avance tiene unas roscas externas que se acoplan con un orificio roscado internamente del segundo tornillo 544 de avance. El extremo del primer tornillo 546 de avance se hace pivotar en la placa 560 de interfaz. Cada interfaz de tornillo de avance del segundo conjunto 540 extensible puede tener un buje 543 y 545 de cojinetes de bolas de recirculación.

45 Los extremos de los primeros tornillos 536 y 546 de avance se hacen pivotar en una placa 560 de interfaz. La placa 560 de interfaz está acoplada al efector 550 terminal a través de una junta.

50 El conjunto 520 de accionador incluye un primer motor 524 y un árbol 525 para hacer girar el segundo tornillo 534 de avance del primer conjunto 530 de tornillos de avance. El conjunto 520 de accionador incluye además un segundo motor 526 y un árbol 527 para hacer girar el segundo tornillo 544 de avance del segundo conjunto 540 de tornillos de avance.

55 Ahora se hace referencia a la figura 6, que ilustra un sistema 610 robótico para realizar operaciones de fijación en un cajón 400 de ala. El sistema 610 robótico incluye un robot 510 interno para realizar la colocación de una tuerca y un manguito dentro del espacio 402 reducido del cajón 400 de ala. Los conjuntos 530 y 540 extensibles tienen la extensión suficiente para alcanzar una esquina del cajón 400 de ala, y el conjunto 520 de accionador tiene la potencia suficiente para accionar los conjuntos 530 y 540 extensibles.

Una base 620 soporta el robot 510 interno de tal manera que los conjuntos 530 y 540 extensibles se extenderán en una dirección ortogonal desde un eje L longitudinal de la base 620. La altura de la base 620 puede ajustarse a lo largo del eje L longitudinal con el fin de elevar el robot 510 interno a través de un puerto 450 de acceso del cajón 400 de ala y en el espacio 402 reducido. La base 620 permite que el robot 510 interno gire alrededor del eje L longitudinal.

El sistema 610 robótico incluye, además, un robot 630 externo, que lleva un efector 640 terminal externo. El efector 640 terminal externo está equipado con herramientas para realizar la perforación, el avellanado y la instalación de elementos de fijación. El efector 640 terminal externo también puede llevar un sistema de visión y un potente electroimán. Como parte de una operación de fijación, puede energizarse el potente electroimán para atraer el bloque 556 de sujeción en el efector 550 terminal, que está en el lado opuesto de un panel de revestimiento.

El sistema 610 robótico incluye, además, unos medios (no mostrados) para mover el robot 630 externo a lo largo del exterior del cajón 400 de ala. Tales medios pueden incluir, pero sin limitarse a, un pórtico, andamios y un carro móvil.

Se hace referencia adicional a la figura 7, que ilustra un método de fabricación de un cajón de ala. En el bloque 710, se premonta el cajón de ala. Durante el premontaje, las superficies de contacto (es decir, superpuestas) de las partes del cajón de ala (por ejemplo, largueros, paneles de revestimiento y costillas) pueden cubrirse con un sellador y presionarse entre sí. El sellador elimina los huecos entre las superficies de contacto para facilitar una perforación con menos rebabas. Las partes presionadas entre sí del cajón de ala pueden fijarse a continuación (temporal o permanentemente) con los elementos de fijación instrumentados divulgados en la patente de Estados Unidos número 7.937.817 del cesionario publicada el 10 de mayo de 2011. En una realización, un elemento de fijación instrumentado incluye una o más fuentes de luz (por ejemplo, diodos emisores de luz) configuradas para producir balizas de luz en direcciones opuestas. La información con respecto al elemento de fijación instrumentado (por ejemplo, el número del elemento de fijación) puede codificarse en las balizas de luz.

En el bloque 720, el robot 510 interno se coloca en la base 620, con los brazos 530 y 540 extensibles en posiciones completamente retraídas. En el bloque 730, la base 620 eleva el robot 510 interno a través del puerto 450 de acceso y en el espacio 402 reducido de una sección de ala. El robot 520 interno se eleva a una altura que permite que los conjuntos 530 y 540 y el efector 550 terminal se extiendan sin golpear ninguno de los largueros.

En el bloque 740, los efectores 550 y 640 terminales interno y externo se colocan en una localización de elemento de fijación de destino. El robot 630 externo coloca el efector 640 terminal externo. El robot 510 interno coloca el efector 550 terminal interno ordenando que los conjuntos 530 y 540 extensibles se desplieguen hasta que el efector 550 terminal interno tenga la posición y la orientación adecuadas en la localización de destino. También puede ordenarse que la junta giratoria (entre la interfaz 560 y el efector 550 terminal) eleve o descienda el efector 550 terminal.

Los robots 520 y 630 interno y externo pueden usar los sistemas de visión y los elementos de fijación instrumentados para obtener una posición y una orientación precisas de los efectores 550 y 640 terminales como se describe en el documento US 2011/0245971. Los elementos de fijación instrumentados permiten que los robots 510 y 630 determinen la posición y una orientación de un eje que se extiende a través de una localización de elemento de fijación. Las balizas de luz se dirigen dentro y fuera de la sección de ala, de modo que puedan detectarse por los dos robots 510 y 630.

En el bloque 750, una vez que se han colocado de manera precisa los efectores 550 y 640 terminales, se energiza el electroimán en el efector 640 terminal externo. Como resultado, el efector 590 terminal externo atrae magnéticamente el bloque 556 de sujeción en el efector 550 terminal interno, sujetando de este modo el panel de revestimiento entre los dos efectores 550 y 640 terminales.

En el bloque 760, el efector 640 terminal externo realiza una perforación con menos rebabas en la localización de destino. También puede realizarse un avellanado. A continuación, el efector 640 terminal externo inserta un elemento de fijación a través del agujero perforado.

En el bloque 770, el efector 550 terminal interno remata el extremo del elemento de fijación insertado. Por ejemplo, el efector 550 terminal interno instala un manguito y una tuerca en el elemento de fijación.

Si deben realizarse operaciones de fijación adicionales (bloque 780), los efectores 550 y 640 terminales se mueven hacia una nueva localización de destino y se repiten las operaciones de los bloques 740 a 770. Después de que se haya realizado la última operación de fijación en la sección de ala (bloque 785), los conjuntos 530 y 540 extensibles del robot 510 interno se retraen por completo, y el robot 510 interno se baja hacia fuera del espacio 402 reducido (bloque 790), y se mueve hacia el puerto 450 de acceso de otra sección de ala (bloque 730). Las operaciones en los bloques 740-780 se repiten hasta que se hayan realizado las operaciones de fijación en cada sección de ala del cajón de ala.

## ES 2 523 827 T3

El sistema del presente documento reemplaza el montaje manual de cajones de ala y otras estructuras que tienen espacios reducidos. Miles de operaciones de fijación se realizan mucho más rápido que el trabajo manual. Se cumplen las tolerancias sumamente estrictas de las aeronaves.

- 5 El sistema del presente documento no solo aumenta la productividad; también reduce las lesiones de los trabajadores, puesto que el montaje de un cajón de ala es un desafío ergonómico (instalar manualmente tuercas/manguitos en el interior del espacio reducido). El sistema del presente documento no se limita a elementos de fijación que incluyen pernos y tuercas; otros elementos de fijación incluyen, sin limitación, remaches. El sistema del presente documento no se limita a operaciones de fijación; el sistema del presente documento puede usarse
- 10 para realizar otras operaciones de fabricación, tales como la aplicación del sellador, limpieza, pintura e inspección. El sistema del presente documento no se limita a las aeronaves; por ejemplo, el sistema del presente documento puede aplicarse a contenedores, automóviles, camiones y barcos.

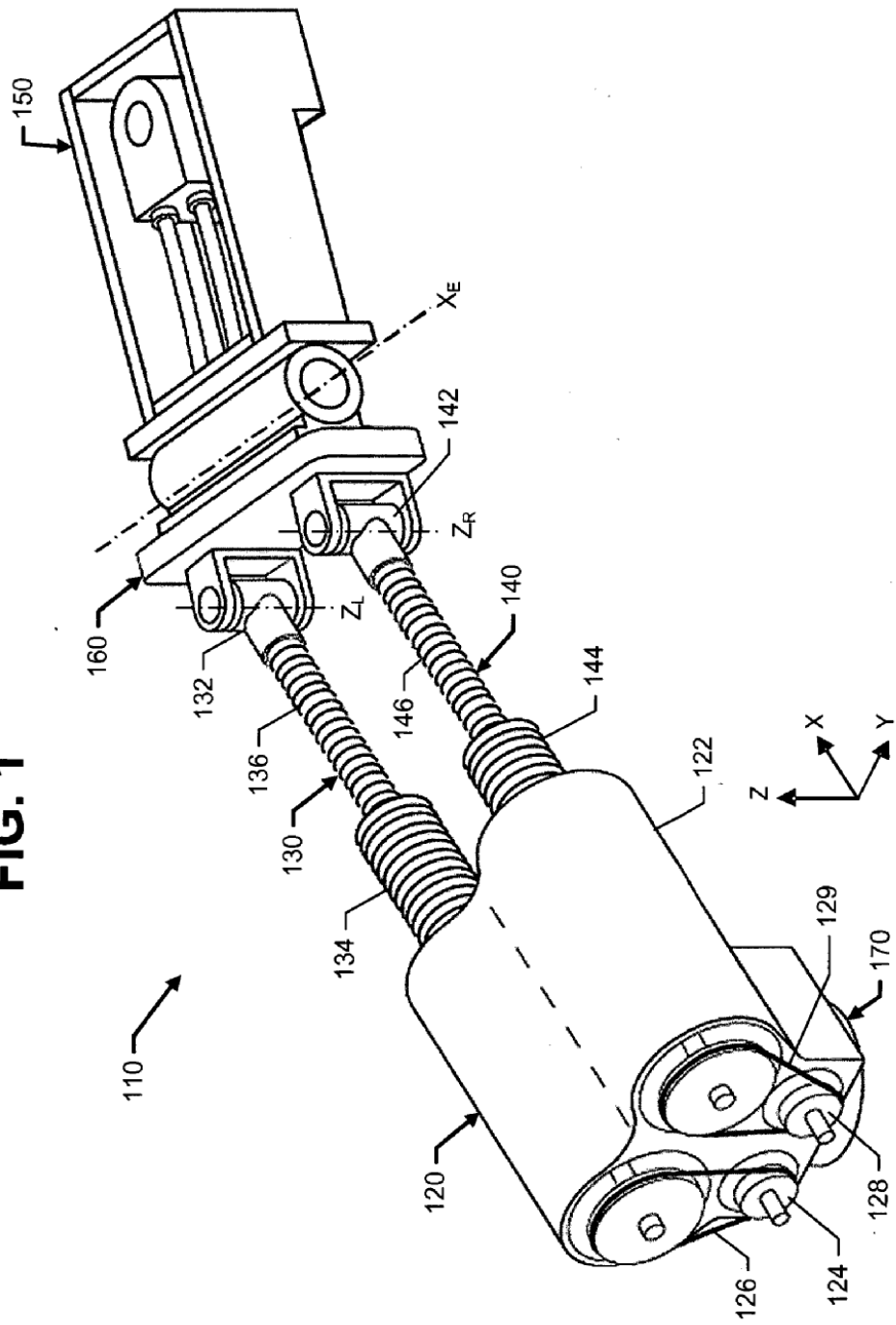
**REIVINDICACIONES**

1. Un robot (510) que comprende:

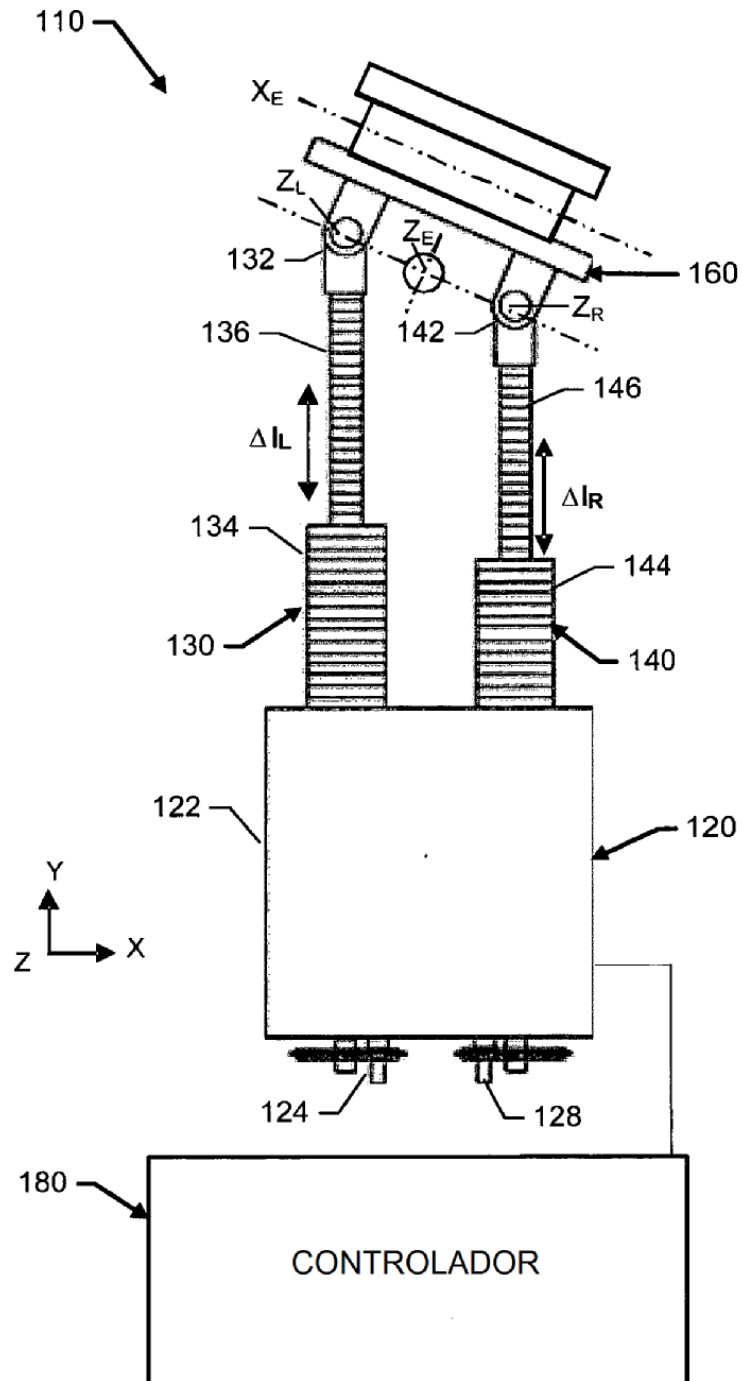
- 5 un conjunto (520) de accionador;  
unos conjuntos (530, 540) de tornillos de avance extensibles paralelos primero y segundo en voladizo desde el conjunto de accionador; y  
un efector (550) terminal acoplado a y soportado por los extremos de los conjuntos de tornillos de avance;  
10 haciendo el conjunto de accionador que cada conjunto extensible se despliegue y se retraiga de manera independiente, y donde cada conjunto extensible incluye unos tornillos de avance primero (536), segundo (534) y tercero (532), donde un extremo del primer tornillo (536) de avance está acoplado al efector (550) terminal, teniendo el primer tornillo (536) de avance unas roscas externas que se acoplan con un orificio roscado internamente del segundo tornillo (534) de avance, teniendo el segundo tornillo de avance unas roscas externas que se acoplan con un orificio roscado internamente en el tercer tornillo (532) de avance, estando el tercer  
15 tornillo de avance montado para no girar dentro de una carcasa (522) del conjunto de accionador, por lo que el giro del segundo tornillo de avance hace que el extremo del primer tornillo de avance se mueva entre las posiciones desplegada y retraída, y donde el tercer tornillo (532) de avance de cada conjunto extensible se monta en la carcasa mediante una interfaz suave para permitir el giro del eje Z.
- 20 2. El robot de la reivindicación 1, donde cada interfaz de tornillo de avance tiene un buje de cojinetes de bolas de recirculación con cojinetes de bolas precargados para eliminar un contragolpe.
3. El robot de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una placa (560) de interfaz acoplada de manera giratoria al efector (550) terminal, y donde se hacen pivotar los primeros extremos de los conjuntos  
25 extensibles en la placa de interfaz.
4. El robot de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un controlador para ordenar que el conjunto (520) de accionador mueva los extremos de los dos conjuntos extensibles simultáneamente en la misma dirección, por lo que el efector terminal se traslada de manera lineal.
- 30 5. El robot de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un controlador para ordenar que el conjunto (520) de accionador mueva los extremos de los conjuntos extensibles simultáneamente en direcciones opuestas, por lo que se hace girar el efector terminal.
- 35 6. El robot de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un controlador para ordenar que el conjunto (520) de accionador mueva el extremo de uno de los conjuntos extensibles a la vez que ordena que el conjunto de accionador sujete de manera estacionaria el extremo del otro conjunto extensible, por lo que se hace girar el efector terminal.
- 40 7. El robot de cualquier reivindicación anterior, donde el efector terminal está equipado para realizar tareas de fijación.



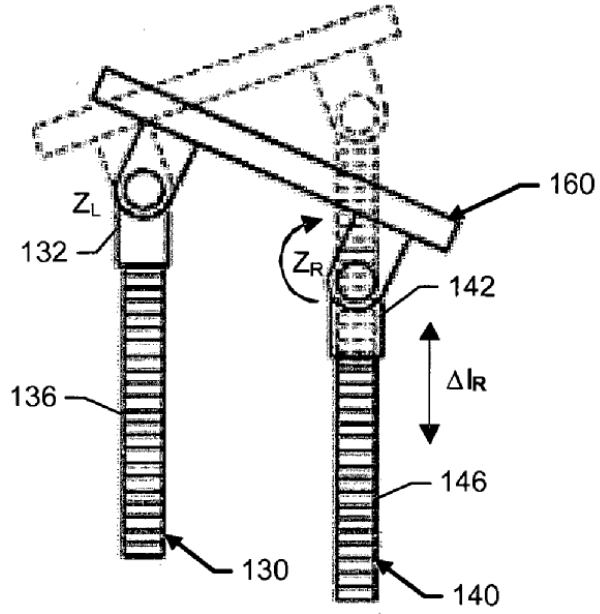
**FIG. 1**



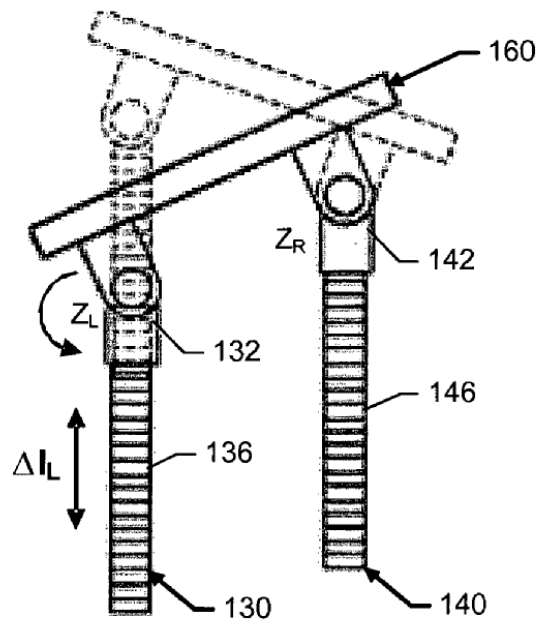
**FIG. 2**



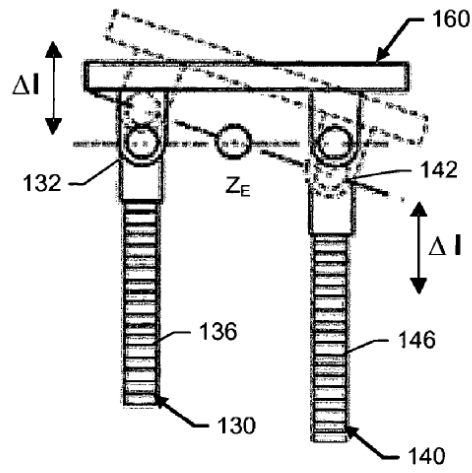
**FIG. 3a**



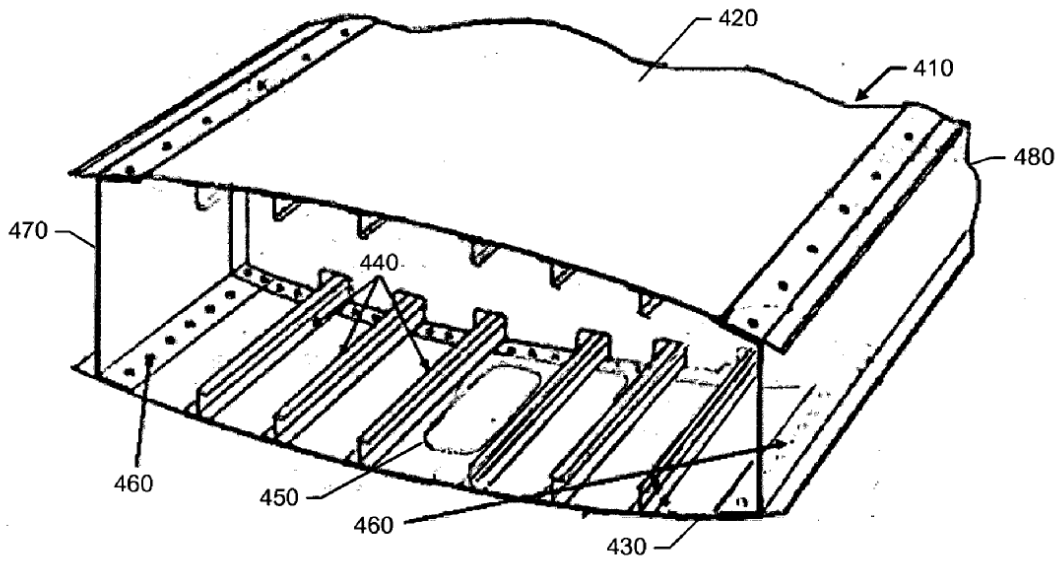
**FIG. 3b**



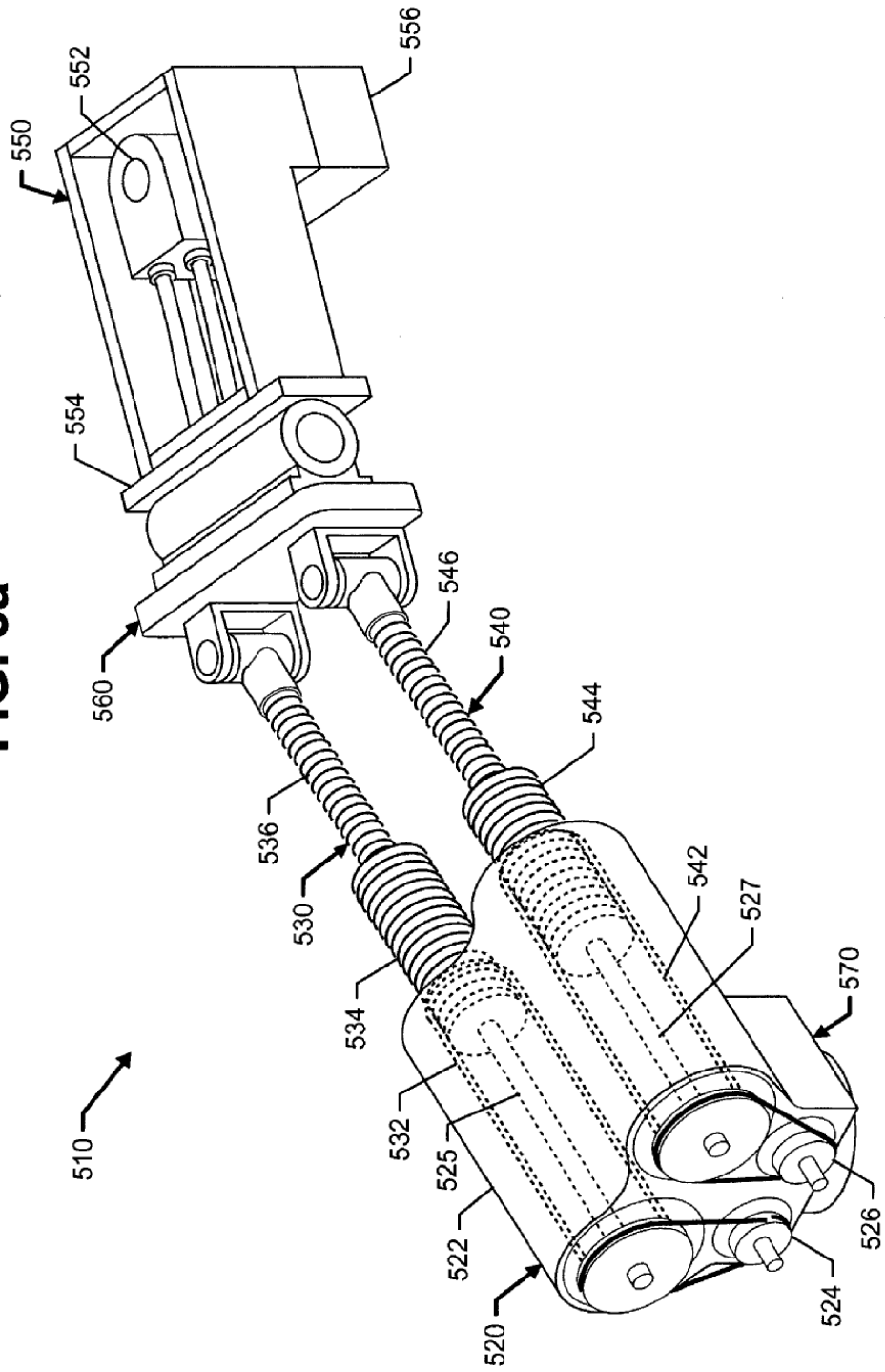
**FIG. 3c**



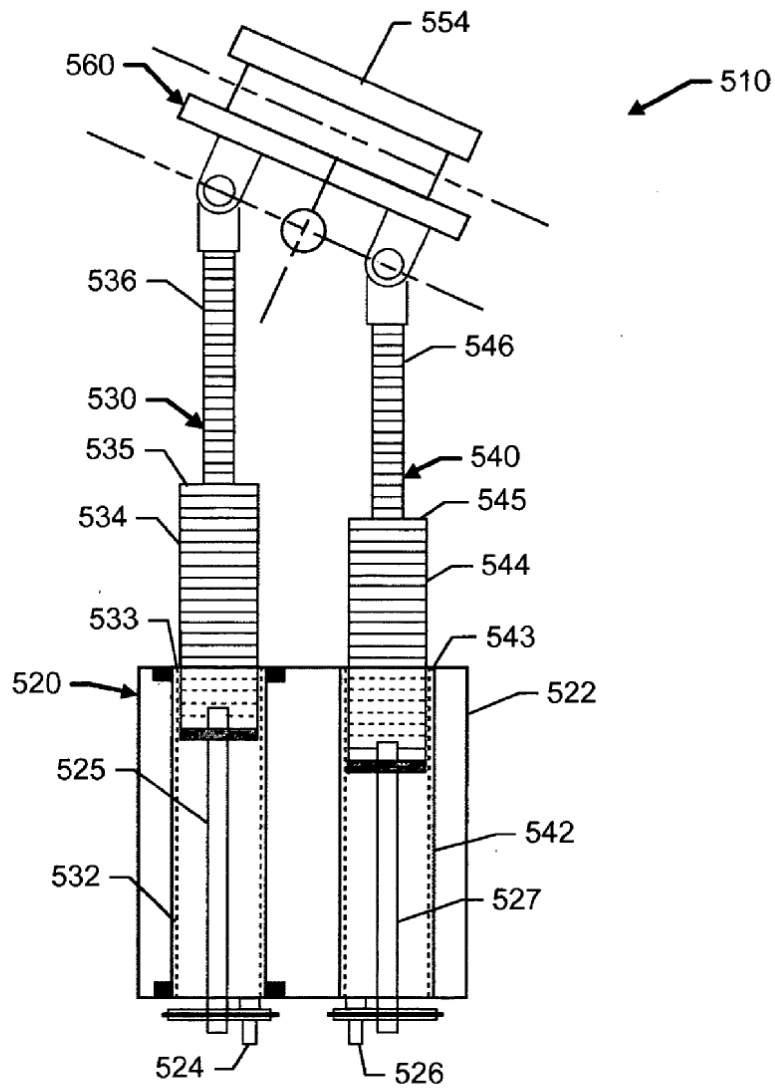
**FIG. 4**

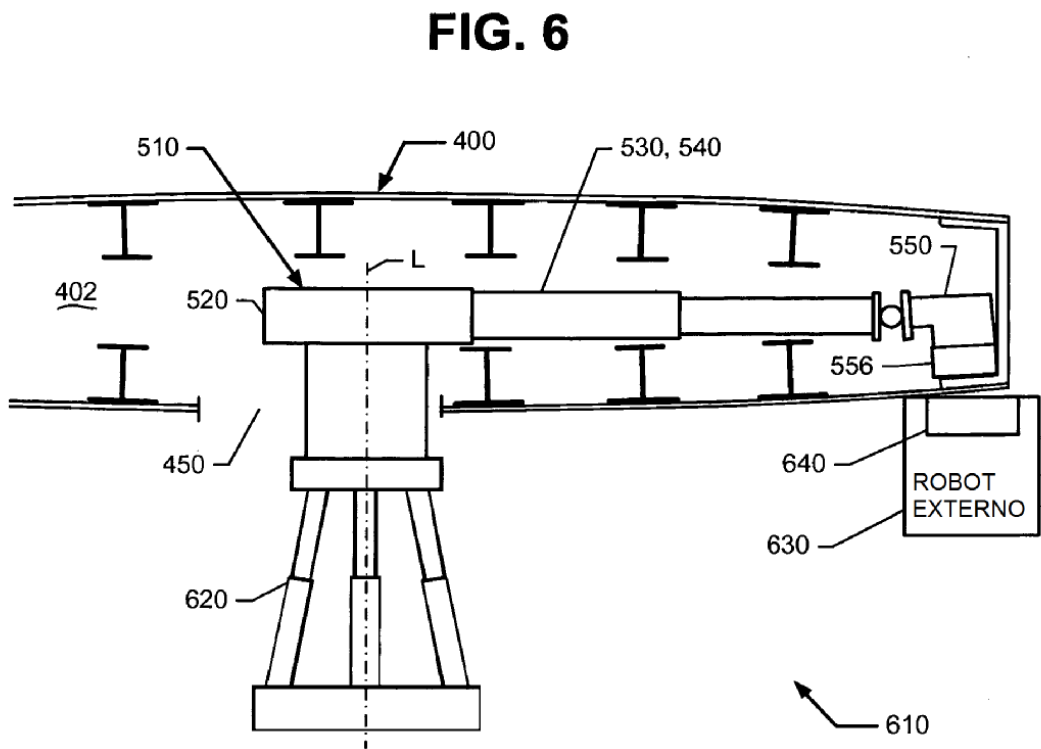
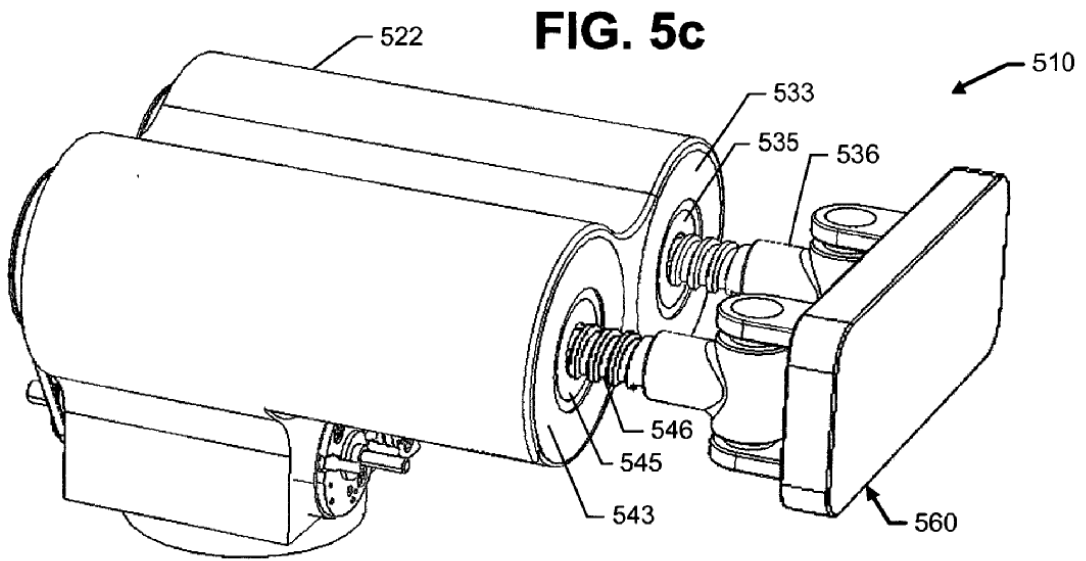


**FIG. 5a**



**FIG. 5b**





**FIG. 7**

