



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 886**

51 Int. Cl.:
B25J 18/00 (2006.01)
B23Q 1/54 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)
B25J 9/10 (2006.01)
B25J 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06738381 .0**
96 Fecha de presentación : **15.03.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1863734**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.12.2007**

54 Título: **Robot paralelo.**

30 Prioridad: **21.03.2005 US 84829**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.08.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.08.2011

73 Titular/es: **Michael Merz**
Simon-dach-Strasse 9
10245 Berlin, DE

72 Inventor/es: **Merz, Michael y**
Roy, Shambhu Nath

74 Agente: **Izquierdo Faces, José**

ES 2 363 886 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

ANTECEDENTES

5 [0001] La presente invención en general se refiere a un aparato con múltiples brazos accionados dispuestos en paralelo para posicionar y orientar un objeto en el espacio con al menos tres grados de libertad e inclinación mantenida.

10 [0002] Existe una necesidad de robots paralelos simples y efectivos, también conocidos como mecanismos de cinemática paralela. En general, los robots se usan en aplicaciones como manipulación, montaje, posicionamiento, recogida y colocación, embalaje, paletización, medición, mecanizado, etcétera. Los robots pueden ser clasificados como en serie o paralelos. Los robots en serie o mecanismos de cinemática en serie, son ampliamente usados y actualmente dominan el mercado.

15 [0003] Un robot en serie tiene una serie de vigas en voladizo que están conectadas juntas moviblemente y de una forma de extremo a extremo por uniones de revoluta o prismáticas accionadas, formando un circuito abierto. Cuando un robot en serie es sometido a carga, la posición del miembro más lejano, es decir, el efector final, está sujeto a las deflexiones acumulativas de todos los miembros en serie. Debido a que las fuerzas que accionan el miembro más lejano causan una flexión no favorable y momentos de torsión en todos los miembros en serie y por lo tanto grandes deflexiones, el error de posicionamiento del efector final son significativas. Para mejorar la precisión y la dureza de un robot en serie, sus miembros están diseñados para ser rígidos. Sin embargo, esto también aumenta la masa en movimiento o inercia del mecanismo y causa un diseño voluminoso así como una relación pobre de dureza a masa y de carga útil a masa. Además, normalmente se requiere que los actuadores de un robot en serie estén montados cerca de las uniones a lo largo de la cadena en serie y aumentan más la masa en movimiento de la estructura. Como resultado, la capacidad de aceleración de los mecanismos en serie es limitada, causando un ciclo y tiempo de ajuste más largo en las aplicaciones robóticas.

25 [0004] Un mecanismo bien conocido del tipo en serie es el llamado robot SCARA, que incluye tres uniones de revoluta accionadas con ejes paralelos de rotación y una articulación prismática actuada. El dispositivo es capaz de posicionar y orientar un objeto en un espacio de trabajo cilíndrico con tres grados de libertad traslacionales (x, y, z) y un grado de libertad rotacional (rotación sobre z, es decir, la orientación) referida aquí como la movilidad SCARA. La inclinación del objeto, es decir, su rotación sobre los ejes x e y, permanece constante respecto a la base del robot para todas las posturas del mecanismo. La inclinación fijada hace este tipo de mecanismo adecuado para una amplia serie de aplicaciones industriales, como manipulación, recogida y colocación, embalaje o montaje. Otra característica del mecanismo es que los ejes de las uniones de revoluta accionadas están normalmente dispuestas en paralelo a la dirección de las fuerzas gravitatorias, de tal forma que el robot puede ser posicionado manualmente en el plano x-y por un operario, sin emplear ningún actuador o freno. Esto es útil cuando se le enseña al robot o se reajusta tras una colisión con el medioambiente. Siendo una estructura en serie, sin embargo, el robot SCARA sufre de una pobre relación de dureza a masa y de carga útil a masa, bajas frecuencias naturales y un rendimiento pobre de velocidad y aceleración. Por lo tanto, existe una necesidad de un robot, que permita que los objetos sean desplazados en el espacio con tres o cuatro grados de libertad e inclinación retenida, y que proporcione un rendimiento de aceleración alto en combinación con un diseño ligero, rígido y capacidad de posicionamiento precisa. También existe la necesidad de que ese robot permanezca estacionario bajo la influencia de la gravedad y por lo tanto permita el posicionamiento manual por un operario.

35 [0005] En relación a los robots en serie, los robots paralelos normalmente tienen una relación mejorada de dureza a masa y carga útil a masa, mejor precisión, superiores propiedades dinámicas y se pueden mover a mayores velocidades y aceleraciones. Un robot o mecanismo paralelo tiene una pluralidad de conexiones que forman uno o más circuitos cerrados, las conexiones por lo tanto comparten la carga en el efector final. Las conexiones de ese mecanismo normalmente experimentan mayormente compresión y fuerzas de tracción, permitiendo el uso de material más barato, más ligero, y más simple. Además los errores de posicionamiento de los actuadores son normalmente divididos, resultando por lo tanto en una alta precisión del efector final. Además los actuadores de los robots paralelos son a menudo montados en o cerca de la base, lo que reduce la masa en movimiento y permite altas aceleraciones del efector final. También facilita un diseño más fácil y una integración económica de los actuadores en el robot. Ejemplos de robots paralelos están ilustrados en las Patentes U.S. Nº 6.497.548, 6.602.042, 6.648.583, y la Solicitud de Patente U.S. 2004/0211284.

40 [0006] Mecanismos adicionales del tipo paralelo han sido presentados, por ejemplo, en las Patentes U.S. Nº 4.976.582 y 6.516.681. Ambos dispositivos proporcionan movilidad SCARA. Debido a la disposición rotacionalmente simétrica de ambos dispositivos, el espacio de trabajo es relativamente pequeño. Además, como resultado de la suspensión requerida de un entramado, los dispositivos necesitan significativamente más espacio de suelo en comparación con los mecanismos tradicionales como los robots SCARA, llevando a una relación pobre de espacio de trabajo a superficie ocupada. El montaje suspendido presenta varias desventajas adicionales: el entramado necesita ser lo suficientemente rígido para evitar las vibraciones, lo que puede perjudicar la precisión de posicionamiento del efector final. Esto causa un costo adicional y un diseño voluminoso. Además, el trabajo de mantenimiento y reparación es más difícil que en los mecanismos en serie tradicionales, y el robot necesita estar bien sellado para evitar la contaminación de las piezas de trabajo subyacentes o cintas transportadoras. Los

dispositivos de las revelaciones anteriormente mencionadas tampoco permiten el posicionamiento manual ya que se colapsan bajo la influencia de la gravedad.

- 5 **[0007]** Para reducir la superficie ocupada de los robots paralelos y evitar la desventajosa suspensión de un entramado, se han propuesto diseños alternativos. Por ejemplo, el manipulador presentado en la Patente U.S. Nº 5.539.291 emplea tres brazos interpuestos entre una base y el elemento en movimiento para desplazar un objeto en un espacio de trabajo cilíndrico con tres grados de libertad. Dos brazos operan en un plano horizontal y determinan la distancia radial y orientación del elemento en movimiento por una biela y un miembro de transmisión de posición, que mantiene el elemento en movimiento e una inclinación fija respecto a la base. El tercer brazo opera en un plano vertical e influye en la posición axial del elemento en movimiento en el espacio de trabajo cilíndrico. La asociación funcional de los miembros de transmisión de posición con las bielas de los dos primeros brazos lleva a un diseño frágil y complicado. En particular, la implementación revelada con dos ruedas opuestas y un cable no es sólo no deseable en términos de costes de producción y montaje, sino que también reduce la precisión y rigidez del mecanismo. El mecanismo tampoco es capaz de de orientar independientemente un objeto, es decir, rotarlo sobre el eje vertical (z). El robot también se colapsa bajo la influencia de la gravedad.
- 10
- 15 **[0008]** Para simplificar el diseño, se han revelado mecanismos alternativos similares al presentado en la Patente U.S. Nº 5.539.291. Por ejemplo la WO 02/22320 muestra un manipulador para mover un objeto en el espacio con tres brazos. Dos brazos son montados en una columna central y actuados rotativamente para moverse en planos horizontales mientras que el tercer brazo es actuado para operar en el plano vertical. Las conexiones conectan los brazos al efector final por articulaciones, que descansan en una línea común de simetría. Este tipo de disposición de conexiones requiere una gran cantidad de espacio en el efector final y complica su diseño. Además, no es posible colocar componentes adicionales como herramientas de trabajo o actuadores en la línea de simetría y cerca de las conexiones. Esto, sin embargo, sería deseable para reducir el momento de inercia sobre la línea de simetría. En una de las realizaciones reveladas, el actuador del tercer brazo está montado y rotado por uno de los otros brazos, causando inercia adicional y cargas de torsión asimétricas para los dos brazos. Siempre que el efector final está o a gran distancia de o cercano a la columna central, tal disposición coloca al tercer brazo en una posición asimétrica desfavorable en relación a los otros dos brazos y causa unas características de rigidez, precisión, y aceleración asimétricas no deseables. La WO 2004/056538 y la WO 02/058895 revelan un manipulador similar, que incluye una conexión adicional conectando los movimientos de los tres brazos de tal forma que el tercer brazo permanece en el medio entre los otros dos brazos. Esto resulta en una relación mejorada de espacio de trabajo a superficie ocupada, que es comparable a la de los robots en serie del tipo SCARA. En ambas divulgaciones anteriormente mencionadas, las articulaciones con tres grados de libertad como las articulaciones de rótula son usadas para conectar conexiones a los brazos y al efector final. Esto, sin embargo, no es deseable en muchas aplicaciones debido al retroceso en las articulaciones, la fricción y el desgaste rápido. Las articulaciones deben ser fabricadas con gran precisión para no perjudicar la precisión de posicionamiento del efector final. Además, las articulaciones de rótula precisas son caras. Un diseño con articulaciones que proporcionan tres grados de libertad cada una también requiere un gran número de grados de libertad de las articulaciones pasivas por grado de libertad proporcionado al efector final, llevando a costes, peso, e imprecisiones adicionales. Una solución para esta desventaja particular ha sido presentada en la Solicitud de Patente U.S. 2004/0211284.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40 **[0009]** Además, los mecanismos de acuerdo con la WO 02/22320, la WO 02/058895 o la WO 2004/056538 incluyen cinco, seis o incluso más conexiones entre los brazos y el efector final para transmitir fuerzas así como momentos actuando en el efector final por compresión pura o arrastrando fuerzas a las conexiones. Esto aumenta el volumen ocupado por el mecanismo y conlleva el riesgo de interferencias entre las conexiones y otros objetos en la proximidad del mecanismo. Además, un alto número de conexiones no es necesario particularmente cuando las fuerzas externas o internas accionan el efector final en un punto que está cercano por los ejes longitudinales de las conexiones. En tal caso, las mencionadas fuerzas sólo causan pequeñas cargas de torsión o de flexión, que pueden ser fácilmente absorbidas por las conexiones. Un bajo número de conexiones también reduce el peso y el número de conexiones requeridas, lo que mejora la precisión y ahorra costes de articulaciones pasivas así como de conexiones.
- 45
- 50 **[0010]** La desventaja descrita también se aplica al mecanismo paralelo descrito divulgado en la WO 03/066289. El dispositivo para posicionar y orientar un objeto en el espacio con al menos tres grados de libertad comprende tres brazos, que rotan sobre el mismo eje y son conducidos por actuadores montados en la base. Dos de estos brazos controlan la posición del objeto en un plano horizontal normal al eje, mientras que el tercer brazo influye su posición vertical. De manera similar a los robots SCARA, la inclinación del objeto puede ser mantenida constante. LA disposición de brazo coaxial, sin embargo, requiere el movimiento circular, horizontal del tercer brazo para ser trasladado en un movimiento vertical del objeto, lo que es no deseable desde un punto de vista de la cinemática: La relación de transmisión de velocidad variará significativamente dependiendo de la posición del brazo y, junto con la disposición asimétrica general, causa características de rigidez, precisión y aceleración desiguales y asimétricas en el efector final. Los mecanismos de la divulgación también se colapsan bajo la influencia de la gravedad, y por lo tanto no permiten el posicionamiento manual por un operario.
- 55
- 60 **[0011]** También se han propuesto otros robots paralelos con disposiciones de brazos coaxiales, por ejemplo en las Patentes U.S. Nº 4.946.337, 5.725.352 y 5.857.826. Los manipuladores de estas divulgaciones tienen superficies ocupadas pequeñas y mantienen la inclinación del efector final, pero no permiten un desplazamiento axial o una orientación del objeto soportado. Por lo tanto, no pueden reemplazar los robots SCARA tradicionales. Sin embargo,

un robot de acuerdo a la Patente U.S. Nº 5.857.826 siempre mantiene el efector final orientado radialmente, lo que es particularmente útil en aplicaciones de manipulación de láminas. Otro mecanismo paralelo con un radio de trabajo pequeño se ha presentado en la Patente U.S. Nº 4.407.625. El dispositivo comprende al menos tres brazos y permite que un objeto sea desplazado con al menos tres grados de libertad. Sin embargo, la inclinación del efector final no permanece constante y el espacio de trabajo es pequeño comparado con el volumen del robot entero.

[0012] Otra preocupación principal en muchas aplicaciones de robótica y robots tradicionales es el manejo del cableado. Para conectar varias utilidades como energía, sensores, o presión de aire, se tienen que tirar líneas de utilidades a lo largo de la estructura en serie móvil del mecanismo, exponiendo a tales líneas a un estrés y desgaste significativos. Para asegurar la fiabilidad operativa se requieren líneas de energía o de utilidades hechas a medida, causando costos extra considerables.

[0013] Otra preocupación particularmente con los mecanismos en serie existentes, como el SCARA o los robots articulados, es la falta de estabilidad y modularidad. Para variar los parámetros de salida, como el tamaño del espacio de trabajo o la forma, o las características de rigidez o precisión, normalmente se necesita que se rediseñe y se recoloca la estructura en serie entera, incluyendo los actuadores. Por lo tanto, los robots en serie no permiten economías de escala cuando se ofrecen en varios tamaños, por ejemplo.

[0014] Por lo tanto, existe una necesidad para un robot paralelo simple y efectivo para el movimiento de un objeto en el espacio con al menos tres o cuatro grados de libertad e inclinación mantenida. Existe además una necesidad para un robot paralelo que muestre un intervalo de movimiento traslacional y rotacional amplio del efector final en combinación con bajos requisitos de espacio de planta, resultando por lo tanto en una relación alta de espacio de trabajo a superficie ocupada. También existe una necesidad de proporcionar un mecanismo rápido con altas capacidades de aceleración y propiedades dinámicas mejoradas. Idealmente, tal mecanismo permite la posibilidad de ser equipado con medios para compensar la influencia de la gravedad, facilitando así un posicionamiento manual por un operario.

[0015] Además, existe una necesidad para un robot paralelo preciso que proporcione una relación mejorada de dureza a masa y carga útil a masa. Idealmente, las propiedades de rigidez, precisión y aceleración del efector final permanecen similares dentro del rango de movimiento del efector final. Además, el mecanismo debe permitir un manejo simple del cableado y una fiabilidad operacional mejorada con costes reducidos. El mecanismo debe también tener un diseño simple, robusto, modular y redimensionable sin libertades de unión redundantes así como un bajo número de conexiones y uniones requeridas para sostener el efector final.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0016] La presente invención proporciona un robot paralelo o mecanismo de cinemática paralelo, que supera las dificultades incurridas en los dispositivos del estado de la técnica utilizando nuevas y mejoradas disposiciones de miembros, uniones, actuadores, y articulaciones.

[0017] Un objeto de la invención en un primer aspecto es proporcionar un mecanismo de robot paralelo, que permita que un objeto sea posicionado y orientado en el espacio con al menos tres grados de libertad e inclinación mantenida en relación con la base del mecanismo. Los mecanismos construidos de acuerdo a las enseñanzas de la presente invención tienen un brazo principal que comprende una plataforma montada rotatoriamente a la base del mecanismo, y un componente final para sostener el objeto, y unos medios de articulación interpuestos entre la plataforma y el componente final. Los medios de articulación fijan o mantienen la inclinación del componente final respecto a la plataforma y la base para todas las posiciones y orientaciones del componente final. El brazo principal está sostenido por dos brazos apoyo, que están interpuestos entre la base y el brazo principal. El brazo principal y los dos brazos de apoyo incluyen actuadores que accionan el brazo respectivo para influir y determinar la posición y orientación del componente final en el espacio, de tal forma que el componente final pueda ser movido con tres grados de libertad en relación a la base. En una realización, los medios de articulación comprenden varias conexiones, brazos y uniones, que representan un mecanismo planar de dos paralelogramos unidos en un extremo o que comparten una conexión. En otra realización, los medios de articulación incluyen correas y poleas para mantener la inclinación del componente final respecto a la plataforma.

[0018] De acuerdo a una realización de la invención, el componente final soporta un objeto por una herramienta de trabajo, que puede ser desplazado en coordenadas cilíndricas, es decir, la herramienta de trabajo siempre permanece orientada radialmente. De acuerdo a realizaciones adicionales, una herramienta de trabajo está montada rotatoriamente en el componente final y unida operativamente a un actuador adicional de tal forma que un objeto unido a la herramienta de trabajo puede ser posicionado y orientado con cuatro grados de libertad e inclinación mantenida, es decir movilidad SCARA. En varias realizaciones, la herramienta de trabajo, como una pinza, o dispositivo de succión o corte, es alimentada por un actuador montado en la base. El actuador puede ser montado también en la plataforma del brazo principal o en el componente final directamente. La transmisión de alimentación del actuador a la herramienta de trabajo es conseguida por un montaje de eje ranurado telescópico, o un eje motor en combinación con un deslizador, o brazos adicionales o disposiciones de correa y polea, o conexión directa a la herramienta de trabajo. En otra realización de esta invención, un robot que tiene montada una herramienta de trabajo rotatoriamente en el componente final está equipado con medios de transmisión pasivos, que mantienen la

orientación del componente final en relación a la base del robot. En tal diseño ventajoso, los objetos pueden ser desplazados en paralelo a sí mismos.

- 5 **[0019]** Otro objeto de la invención es proporcionar un robot paralelo con una relación de espacio de trabajo a superficie ocupada alta y características similares a través del área de trabajo. De acuerdo a una realización, un brazo principal y dos brazos de apoyo para influir en la posición y orientación de un objeto son dispuestos ventajosamente para rotar sobre un eje central común, permitiendo por lo tanto que el objeto sea posicionado y orientado en un espacio de trabajo grande con un alcance angular de 360° o más. Las características del espacio de trabajo siguen siendo las mismas en la dirección angular del espacio de trabajo cilíndrico, y similares en la dirección axial. Los brazos están montados en una base, que requiere muy poca superficie de planta debido a la disposición coaxial del brazo principal y de los dos brazos de apoyo. Esto resulta en una elevada relación de espacio de trabajo a superficie ocupada, que se compara a la de los robots SCARA y por lo tanto supera la de la mayoría de los robots paralelos comúnmente conocidos, particularmente aquellos suspendidos de entramados. En otra realización de la invención, el brazo principal y los dos brazos de apoyo rotan sobre ejes paralelos separados, lo que puede simplificar más el diseño del mecanismo.
- 10 **[0020]** Otro objeto de la invención es proporcionar un robot paralelo que pueda conseguir aceleraciones y velocidades del efector final altas. De acuerdo a una realización de esta invención, rotaciones pequeñas de los brazos accionados de un robot son traducidas en grandes desplazamientos del componente final y del objeto soportado. Además, los actuadores del robot, por ejemplo, motores rotativos, están montados en o cerca de la base, lo que reduce la masa en movimiento del mecanismo y permite la selección de actuadores potentes y potencialmente más pesados, sin tener el efecto negativo en las dinámicas como se ha visto en los robots en serie. Además, un mecanismo robot de acuerdo a esta invención comprende un brazo principal y dos brazos de apoyo con sus respectivos antebrazos. Los antebrazos de los dos brazos de apoyo experimentan sólo fuerzas de tracción o compresión, permitiendo el uso de materiales, ligeros, simples y baratos como tubos de fibra de carbono. Esto reduce más la masa en movimiento del mecanismo. El antebrazo del brazo principal experimenta fuerzas de tracción o compresión, así como alguna flexión durante los movimientos laterales. En una realización, la carga de flexión es significativamente reducida por una articulación de guía interpuesta entre el brazo principal y los dos brazos de apoyo. La articulación de guía mantiene el brazo principal en ángulos iguales al de los dos brazos de apoyo.
- 20 **[0021]** Es un objeto adicional de la invención proporcionar un robot con dureza y precisión estructural mejorada. Los mecanismos de acuerdo a esta invención comprenden una estructura paralela de múltiples brazos para soportar un componente final, compartiendo los brazos por lo tanto las cargas en el componente final. Este tipo de disposición de brazo da a los mecanismos de esta invención comportamiento tipo entramado y una gran dureza estructural. Ya que los antebrazos están mayoritariamente sujetos a fuerzas de compresión o tracción, los mecanismos con un diseño de acuerdo a la invención pueden ser construidos de una manera ligera y eficiente en coste y con una alta relación de dureza a masa, particularmente en comparación con los dispositivos en serie. Además, la disposición paralela de los brazos compensa los errores de posicionamiento de los actuadores individuales y lleva a una alta precisión de posicionamiento. De acuerdo a una realización de esta invención, un mecanismo tiene un bajo número de uniones del tipo revoluto sólo, las uniones estando hechas por ejemplo de cojinetes de bolas estándares. En aplicaciones de alta precisión, tal diseño no es sólo más eficiente en coste, si no también más preciso en comparación con robots, que emplean uniones de bola para conectar sus brazos accionados al efector final.
- 30 **[0022]** Un objeto adicional de esta invención es proporcionar un mecanismo que permita un manejo del cableado robusto, modular, de diseño redimensionable y simple. En una realización, un mecanismo que tiene un diseño de acuerdo a la invención permite el manejo de cables extremadamente simple por la integración de la mayoría de los actuadores en la base estacionaria. Otros actuadores están montados en la estructura en movimiento, pero cerca de la base. Por lo tanto, la mayoría de los cables y otras líneas de utilidad no necesitan moverse o doblarse durante la operación del robot. Esto mejora la fiabilidad operacional particularmente en comparación con los robots en serie tradicionales. Además, los actuadores integrados en o cerca de la base combinados con una estructura de antebrazo ligera y barata mejoran en gran medida la redimensionabilidad de los mecanismos proporcionados por esta invención. Variar los parámetros de producción como el tamaño del espacio de trabajo sólo requiere la sustitución de la estructura de antebrazo barata mientras que los costosos actuadores y las estructuras de la base pueden ser reutilizadas. Esto permite un diseño estándar reconfigurable que puede ser utilizado en muchas aplicaciones con modificaciones mínimas. Además, los brazos o mecanismos de apoyo de acuerdo a esta invención tienen un diseño similar, permitiendo la reutilización de componentes y por lo tanto menores costes de fabricación y mantenimiento.
- 40 **[0023]** Otro objeto de la invención es proporcionar un robot paralelo que comprende menos conexiones en comparación con otros robots de su clase. De acuerdo a una realización de esta invención, un mecanismo robot incluye un brazo principal y dos brazos de apoyo para posicionar y orientar un objeto en el espacio con al menos tres grados de libertad. El brazo principal incluye una disposición de antebrazo y una correa para mantener la inclinación del objeto, mientras que los brazos de apoyo incluyen dos antebrazos. Por lo tanto, un robot de acuerdo a esta invención puede ser construido con sólo tres antebrazos o conexiones. En otra realización, la disposición de correa del brazo principal es reemplazada por una conexión adicional, resultando en un total de cuatro conexiones que soportan el objeto en el espacio. El menor número de conexiones se traduce en menos material y coste de
- 55
60

fabricación, menos uniones, y por lo tanto más precisión, menos peso, menos requisitos de espacio de la estructura del brazo del mecanismo, y un menor riesgo de interferencias con objetos en la proximidad del robot.

5 **[0024]** Un objeto adicional de la invención es proporcionar un robot paralelo que no se mueva bajo la influencia de la gravedad y pueda ser por lo tanto posicionado manualmente por un operario. De acuerdo a una realización, un mecanismo robot está equipado con medios elásticos que compensan las fuerzas gravitacionales que actúan en la estructura del brazo para al menos una posición y orientación del componente final.

10 **[0025]** Un objeto de esta invención en un segundo aspecto es proporcionar un método de mover un objeto en el espacio con al menos tres grados de libertad y mantener la inclinación. El método comprende proporcionar un mecanismo con una base, un brazo principal incluyendo un componente final para sujetar el objeto, el brazo principal estando montado rotativamente en la base sobre un eje central, y dos brazos de apoyo, en donde el brazo principal y los dos brazos de apoyo están equipados con actuadores. El método además comprende accionar el mencionado brazo principal y los mencionados primer y segundo brazos de apoyo con el actuador respectivo para influir en la posición y orientación del componente final mientras se mantiene la inclinación del mencionado componente final en relación a la mencionada base con el brazo principal.

15 **[0026]** Los mecanismos de acuerdo a una realización de la invención pueden ser útiles en las aplicaciones de ingeniería mecánica para manipular, montar, posicionar, recoger y colocar, embalar, paletizar, medir, mecanizar, montaje de placas de circuitos impresos o electrónicos o integración, y otras tareas robóticas. Características y ventajas adicionales de la presente invención se describen en, y serán aparentes de, la descripción detallada de las realizaciones preferidas y de las figuras.

20 **BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS**

[0027] Lo siguiente es una descripción, a modo de ejemplo solamente, de diferentes formas de realización del mecanismo, sus variaciones, derivaciones, y reducciones.

25 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un mecanismo construido de acuerdo a la invención, el mecanismo tiene un brazo principal y dos brazos de apoyo dispuestos para rotar sobre un eje central para posicionar y orientar un objeto en el espacio con tres grados de libertad e inclinación mantenida.

La Figura 2 es una vista en perspectiva y detallada de una unión universal alternativa que puede ser utilizada en los brazos de apoyo de la realización de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en perspectiva y detallada de una disposición de unión de revoluta de triple eje alternativa que puede ser utilizada en los brazos de apoyo de la realización de la Figura 1.

30 La Figura 4 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene un brazo principal alternativo y un actuador adicional para rotar una herramienta de trabajo para proporcionar un grado de libertad rotacional adicional.

La Figura 5 es una vista detallada en perspectiva de una herramienta de trabajo de la realización de la Figura 4, ilustrando una disposición de engranaje que transmite rotación a la herramienta de trabajo.

35 La Figura 6 es una vista detallada en perspectiva de un brazo principal alternativo como se ve en la realización de la Figura 4.

La Figura 7 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene un brazo principal alternativo y un motor montado en la base para rotar una herramienta de trabajo para proporcionar un grado de libertad rotacional adicional.

40 La Figura 8 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de las Figuras 1 y 4, el mecanismo tiene ejes de actuador separados y un motor para rotar una herramienta de trabajo para proporcionar un grado de libertad rotacional adicional.

La Figura 9 es una vista detallada en perspectiva de una junta universal alternativa entre los brazos de apoyo y el brazo principal de la realización de la Figura 8.

45 La Figura 10 es una vista detallada en perspectiva de otra junta universal alternativa entre los brazos de apoyo y el brazo principal de la realización de la Figura 8.

La Figura 11 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene un brazo actuador adicional y conexión para orientar una herramienta de trabajo para proporcionar un grado de libertad rotacional adicional.

50 La Figura 12 es una vista detallada en perspectiva de una unión alternativa entre los brazos de apoyo y el brazo principal de la realización de la Figura 8.

La Figura 13 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene un brazo principal alternativo y un actuador adicional para rotar una herramienta de trabajo para proporcionar un grado de libertad rotacional adicional.

5 La Figura 14 es una vista en perspectiva del mecanismo mostrado en la realización de la Figura 1, el brazo principal del mecanismo estando extendido.

La Figura 15 es una vista en perspectiva del mecanismo mostrado en la realización de la Figura 1, el brazo principal del mecanismo estando doblado y próximo a la base.

La Figura 16 es una vista detallada lateral del mecanismo mostrado en la realización de la Figura 1, el mecanismo comprende medios elásticos para equilibrio estático.

10 La Figura 17 es una vista detallada lateral del mecanismo mostrado en la realización de la Figura 1, el mecanismo comprende medios elásticos alternativos para equilibrio estático.

La Figura 18 es una vista en perspectiva del mecanismo mostrado en la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene una articulación de guía adicional interpuesta entre el brazo principal y los dos brazos de apoyo.

15 La Figura 19 es una vista detallada en perspectiva de una junta universal que puede ser utilizada en el brazo principal de la realización de la Figura 18.

La Figura 20 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene medios de transmisión para mantener la orientación de una herramienta de trabajo respecto a la base.

20 La Figura 21 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene medios de transmisión alternativos para mantener la orientación de una herramienta de trabajo con respecto a la base.

La Figura 22 es una vista en perspectiva de un mecanismo similar al de la realización de la Figura 1, el mecanismo tiene medios de transmisión alternativos para mantener la orientación de una herramienta de trabajo con respecto a la base.

25 DESCRIPCION DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS ACTUALMENTE

[0028] Ahora en referencia a los dibujos, en donde números parecidos designan componentes parecidos, la Figura 1 muestra un robot paralelo o mecanismo cinemático paralelo, referido ahora como mecanismo, construido de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención. El mecanismo incluye una base fija y es operativo para posicionar y orientar un objeto en un espacio de trabajo cilíndrico con tres grados de libertad e inclinación mantenida con respecto a la base. Un brazo principal y dos brazos de apoyo juntos determinan la posición y orientación del objeto, mientras que el brazo principal también mantiene la inclinación del objeto, como se describirá.

30

[0029] Como se ha ilustrado en la Figura 1, el mecanismo comprende una base 1, un brazo principal 2, y un primer y segundo brazos de apoyo 3 y 4 interpuestos entre la base 1 y el brazo principal 2. El brazo principal 2 incluye una plataforma 10, un componente final 80 para soportar directa o indirectamente un objeto, y medios de articulación 5 interpuestos entre la plataforma 10 y el componente final 80. El brazo principal 2, o más específicamente, la plataforma 10 está montada rotatoriamente en la base 1 por una unión de revoluta 11, permitiendo que la plataforma 10 y, más generalmente, el brazo principal 2 rote en relación a la base 1 sobre un eje central A.

35

[0030] Antes de una discusión más detallada de los medios de articulación 5, se explicará su propósito general y función en el mecanismo mostrado en la Figura 1 y otras realizaciones de esta invención. En general los medios de articulación 5 conectan moviblemente el componente final 80 a la plataforma 10 de tal forma que el componente final 80 tienen dos grados de libertad traslacionales con respecto a la plataforma 10. Uno de los dos grados de libertad traslacionales del componente final 80 está influido o controlado por un actuador, como se describirá. Como la plataforma 10 puede rotar en relación a la base 1 sobre el eje central A, el componente final 80 tiene tres grados de libertad en relación a la base 1, uno de los cuales es accionado. Además, los medios de articulación 5 mantienen la inclinación del componente final 80 en relación a la plataforma 10 para todas las posiciones y orientaciones del componente final. Ya que la plataforma 10 está montada rotatoriamente en la base 1 sobre el eje central A, la inclinación de la plataforma 10 no cambia respecto al eje central A y la base 1. Por lo tanto, la inclinación del componente final 80 está también mantenida con respecto al eje central A y la base 1.

40

45

[0031] Hay varias maneras de realizar la función anteriormente mencionada de los medios de articulación 5. Como se muestra en la realización de la Figura 1, una primera manera es incorporar un mecanismo plano que comprende dos paralelogramos móviles conectados entre sí en un extremo, es decir, dos articulaciones de cuatro barras planas con conexiones opuestas paralelas en donde una conexión es compartida por las dos articulaciones de cuatro barras.

50

5 **[0032]** De acuerdo a la Figura 1 los medios de articulación 5 comprenden un brazo actuador 13, una primera conexión 51, y una conexión de referencia 53, que junto con la plataforma 10 forman un primer paralelogramo. En un extremo, el brazo actuador 13 está conectado rotatoriamente a la plataforma 10 por una unión de revoluta 12 permitiendo la rotación sobre un Eje D actuador principal, que está preferiblemente dispuesto en perpendicular al eje central A y puede cruzar el eje A. En el extremo opuesto, está rotatoriamente conectado a la conexión de referencia 53 por una unión de revoluta 58 sobre un eje E. De manera similar, la primera conexión 51 está conectada a la plataforma 10 y a la conexión de referencia 53 en extremo opuestos por las articulaciones de rótula 50a y 52a permitiendo al menos un grado de libertad rotacional sobre los ejes H e I. Preferiblemente, el brazo actuador 13 y la primera conexión 51 son de igual longitud y están colocadas en paralelo. Además, los ejes D, E, H e I idealmente permanecen paralelos entre para todas las posiciones y orientaciones del componente final 8, como resultado de esto la conexión de referencia 53 puede moverse con un grado de libertad traslacional en relación a la plataforma 10 mientras mantienen su inclinación en relación a la misma.

15 **[0033]** La conexión de referencia 53 sirve como una referencia de inclinación para el componente final 80 por un segundo paralelogramo, que está formado por el antebrazo 169, una segunda conexión 55, el componente final 80 y la conexión de referencia 53. Como se puede ver en la Figura 1, un extremo del antebrazo 16 está conectado rotatoriamente al brazo actuador 13 por una unión de revoluta 15 sobre el eje E del antebrazo. El extremo opuesto del antebrazo 16 está conectado rotatoriamente al componente final 80 por una unión de revoluta 17 permitiendo la rotación sobre un eje final F. De manera similar, la segunda conexión 55 está conectada tanto a la conexión de referencia 53 y al componente final 80 en extremos opuestos por las articulaciones de rótula 54a y 56a permitiendo al menos un grado de libertad rotacional sobre los ejes J y K. Preferiblemente, el antebrazo 16 y la segunda conexión 55 son de la misma longitud y están dispuestos en paralelo. Además los ejes E, F, J y K idealmente permanecen paralelos entre sí para todas las posiciones del mecanismo, como resultado de lo cual el componente final 80 puede moverse con un grado de libertad traslacional con relación a la conexión de referencia 53 mientras mantiene su inclinación con relación a la misma. Por lo tanto, el componente final 80 es movable con dos grados de libertad traslacionales y mantiene la inclinación respecto a la plataforma 10.

30 **[0034]** Como se muestra en la realización de la Figura 1, uno de los dos grados de libertad traslacionales del componente final 80 es influido o controlado por un actuador 14 que acciona el brazo principal 2, Más específicamente, cuando se indica, el actuador 14 acciona el brazo actuador 13 para rotar en relación a la plataforma 10 sobre el eje D del actuador principal. El actuador 14 del mecanismo ilustrado en la Figura 1 y otras realizaciones de esta invención puede comprender un motor rotativo montado en la plataforma 10 con su parte fija y transmisión como engranajes o poleas y correas para conectar la parte móvil del motor al brazo actuador 13. El actuador 14 también puede incluir una unión prismática accionada interpuesta entre la plataforma 10 y el actuador 13, como un motor lineal o una disposición de piñón y cremallera. El actuador 14 puede estar alternativamente montado en la base 1 y conectado operativamente al brazo actuador por disposiciones de transmisión adecuadas, para reducir más el momento de inercia del brazo principal 2 sobre el eje central A.

35 **[0035]** Como un resultado de la disposición descrita del brazo principal 2, su componente final 80 tiene tres grados de libertad con relación al base 1 y una inclinación fija respecto al eje central A. Mientras uno de los tres grados de libertad está influido por el actuador 14 del brazo principal 2, los dos grados de libertad restantes están influidos por el primer y el segundo brazos de apoyo 3 y 4.

40 **[0036]** Como se ilustra en la Figura 1, el primer y segundo brazos de apoyo 3 y 4 comprenden un respectivo brazo actuador 30 y 40 conectado rotatoriamente a la base 1 por una respectiva unión de revoluta 31 y 41 permitiendo la rotación sobre un eje B del primer actuador y un respectivo eje C del segundo actuador. Los ejes B y C del actuador pueden coincidir con el eje central A en una realización del mecanismo. Cuando se indica, los actuadores 32 y 42 respectivos accionan los brazos de apoyo y ocasionan que los brazos actuadores respectivos roten sobre sus ejes B y C del actuador. En el mecanismo mostrado en la Figura 1 y en otras realizaciones de esta invención, los actuadores 32 y 42 pueden incluir un motor rotativo montado o integrado en la base estacionaria 1 con su parte fija y una transmisión tales como engranajes, ejes huecos, o poleas y correas para conectar operativamente la porción móvil del motor a los brazos actuadores 30 y 40. Se pueden usar también motores lineales o disposiciones de piñón y cremallera. El funcionamiento puede ser conseguido alternativamente por accionamientos directos montados en la base o integrados u otros dispositivos conocidos generalmente en la técnica. Tal disposición de funcionamiento montada en la base o integrada facilita el manejo del cableado simple y rentable ya que las líneas de servicio o los cables permanecen estacionarios. Además, reduce la masa en movimiento del mecanismo y mejora la modularidad y por lo tanto la escalabilidad de los mecanismo construidos de acuerdo a esta invención, ya que el mismo funcionamiento puede ser utilizado para mecanismos con diferentes tamaños de brazo.

55 **[0037]** Los brazos de apoyo 3 y 4 además comprenden un antebrazo 34 y 44, que están conectados moviblemente al extremo exterior del brazo actuador respectivo por una articulación de rótula 33a y 43a. Las articulaciones de rótula permiten que los antebrazos 34 y 44 pivoten en relación a sus brazos actuadores sobre un punto de pivote respectivo, es decir, el centro de rotación de las conexiones de rótula. Los puntos de pivote de ambas articulaciones de rótula 33a y 43a permanecen preferiblemente en un plano normal al eje central A para todas las posiciones y orientaciones del componente final 80. Como será aparente para aquellos expertos en la materia, la conexión pivotable entre el brazo actuador y el antebrazo puede ser conseguida alternativamente por una junta universal o una disposición de unión de revoluta de triple eje como se muestra en las Figuras 2 y 3. En la Figura 2, el brazo

60

actuator 30 del primer brazo de apoyo 3 está conectada al antebrazo 34 por una junta universal 33b que comprende dos uniones de revoluta 98a y 98b con ejes de rotación que se cruzan. En la Figura 3, el brazo actuator 30 está conectado al antebrazo 34 por una disposición de unión de revoluta de triple eje 33c, que incluye tres uniones de revoluta 98a, 98b y 98c con ejes de rotación que se cruzan. La disposición de unión de triple eje ilustrada en la Figura 3 es funcionalmente comparable con la articulación de rótula 33a en la Figura 1, permitiendo que el antebrazo 34 pivote en relación al brazo actuator 30 y rote independientemente sobre su eje longitudinal. La unión de revoluta 33b mostrada en la Figura 2 no permite esa rotación independientemente. Las disposiciones de unión mostradas en las Figuras 2 y 3 pueden también reemplazar la articulación de rótula 43a del segundo brazo de apoyo 4.

[0038] Refiriéndose de nuevo a la Figura 1, los antebrazos 34 y 44 de los brazos de apoyo 3 y 4 están conectados moviblemente al brazo principal 2, para influir o controlar los dos grados de libertad restantes anteriormente mencionados al componente final 80 por sus actuadores 32 y 42. Existen múltiples maneras de implementar tales conexiones móviles, dependiendo de la localización física, tipo, y secuencia de las uniones. Por ejemplo, los antebrazos 34 y 44 de los brazos de apoyo 3 y 4 pueden estar conectados al antebrazo 16, o al componente 80, o a la segunda conexión 55, que son todos parte del brazo principal 2. Además, los antebrazos 34 y 44 pueden estar directamente conectados al brazo principal 2 por uniones individuales, como juntas universales o articulaciones de rótula. Alternativamente, pueden estar indirectamente conectadas al brazo principal 2 por elementos intermedios y compartir ciertas uniones, como se describirá. Mientras algunas de estas conexiones móviles se describirán en conjunción con las varias realizaciones de esta invención, se debe entender que la invención no está limitada a las realizaciones mostradas en la presente.

[0039] De acuerdo a la Figura 1, la conexión móvil entre los antebrazos 34 y 44 y el brazo principal 2 ha sido conseguida por un elemento intermedio 90, a la que los antebrazos 34 y 44 están cada uno conectados por las uniones de revoluta 35 y 45 respectivas. Los ejes de rotación de las uniones de revoluta 35 y 45 son preferiblemente paralelos entre sí o pueden coincidir, como se describirá. El elemento intermedio 90 está además conectado al componente final 80 del brazo principal 2 por una unión de revoluta 91, cuyo eje de rotación es preferiblemente paralelo al eje final F o, como se ha ilustrado en la Figura 1, coincidente con el eje F. La disposición anteriormente mencionada con el elemento intermedio 90 ayuda a reducir el número de uniones y libertades de unión empleadas en el mecanismo. Por lo tanto reduce el peso y costo del mecanismo. También permite reducir las cargas de torsión y de flexión en el antebrazo 16 del brazo principal 2: Ajustando el desplazamiento radial y lateral de las uniones de revoluta 35 y 45 en relación al componente final 80, se puede hacer que los ejes longitudinales de los antebrazos 34 y 44 pasen cerca del centro de gravedad del componente final. Por lo tanto, el antebrazo 16 puede ser aliviado de las cargas de torsión y flexión causadas por las fuerzas longitudinales en los antebrazos 34 y 44 durante las aceleraciones altas del componente final 80.

[0040] Como un resultado de la disposición descrita del brazo principal 2 y los brazos de apoyo 3 y 4, la posición y orientación del componente final 80 en relación a la base 1 está influida y determinada por los tres actuadores 14, 32 y 42, mientras que su inclinación es mantenida por los medios de articulación 5 y por lo tanto el brazo principal 2. Como el brazo principal 2 y los brazos de apoyo 3 y 4 pueden rotar sobre el mismo eje central A, el componente final 80 puede ser desplazado en un espacio de trabajo cilíndrico centrado en el eje A. Mientras que el actuator 14 del brazo principal 2 predominantemente influye la posición axial del componente final 80, el actuator 32 y 42 de los brazos de apoyo 3 y 4 mayoritariamente influyen la posición radial y angular del componente final 80. Además, los brazos de apoyo 3 y 4 también determinan la posición angular del brazo principal 2, que, por sí mismo, es libre de rotar sobre el eje central A. Sin embargo, debido a la disposición paralela preferida de los ejes D, E y F, el brazo principal 2 es forzado a permanecer en un plano, que es normal para estos ejes y pasa a través del eje central A. Si el primer y segundo brazos de apoyo 3 y 4 son de dimensiones iguales, como se prefiere, siempre se impulsará al brazo principal 2 a permanecer en medio camino entre los dos brazos de apoyo cuando se mira desde lo alto del mecanismo. También, el componente final 80 del brazo principal 2 estará siempre orientado radialmente, lo que es muy útil en aplicaciones que requieren movimiento en coordenadas cilíndricas, como un robot de transferencia de laminas semiconductor por ejemplo. En la disposición descrita, es posible rotar los brazos de apoyo 3 y 4 y el brazo principal 2 y de este modo su componente final 80 sobre el eje central A de una manera de cuerpo rígido en 360 grados completos o en múltiplos de 360 grados, sin ningún movimiento relativo entre el brazo principal 2 y los brazos de apoyo 3 y 4. Por lo tanto, el mecanismo ilustrado en la Figura 1 tiene un gran espacio de trabajo cilíndrico para el componente final 80, una superficie ocupada pequeña de la base 1, y una relación de espacio de trabajo a superficie ocupada similar a la de los robots SCARA.

[0041] Los mecanismos de acuerdo a la Figura y otras realizaciones de esta invención pueden ser construidos de una manera modular, escalable, y rentable. Por ejemplo, el espacio de trabajo alcanzable por el componente final 80 puede ser fácilmente variado cambiando una o más de las longitudes de los brazos actuadores 13, 30 y 40 o los antebrazos 16, 34 y 44, mientras se mantiene la estructura restante del mecanismo como los actuadores o uniones. Además, los mecanismos como el mostrado en la Figura 1, alcanzan altas aceleraciones del componente final ya que las rotaciones pequeñas de los brazos actuadores son traducidas en grandes desplazamientos del componente final. Además, como los antebrazos del mecanismo mayormente experimentan fuerzas de tracción y de empuje, pueden ser construidos con materiales baratos y ligeros. Esto no sólo reduce el coste del mecanismo, sino que también disminuye la masa en movimiento e inercia del mecanismo y de este modo permite altas aceleraciones y velocidades del componente final.

- 5 **[0042]** El componente final 80 es por lo general capaz de sostener directa o indirectamente un objeto. Este soporte puede ser conseguido, por ejemplo, por un efector final o herramienta de trabajo 81, que está montada en el componente final 80 como se muestra en la Figura 1. La herramienta de trabajo puede ser una pinza, una cabeza de succión, una herramienta de recolección, un dispositivo de soldadura, un dispositivo de perforación o fresado, una herramienta de corte, un elemento de presión, un porta láminas, un sensor o cualquier otra clase de efector final.
- 10 **[0043]** Incluido en el concepto de esta invención es que el mecanismo mostrado en la Figura 1, y otros mecanismos descritos en la presente, pueden ser controlados por uno o más ordenadores u otros dispositivos de control (no mostrados). El ordenador es operativo para mover controladamente el mecanismo y de este modo un objeto sostenido por el componente final, y puede instruir a los actuadores para accionar el brazo principal y los dos brazos de apoyo para influir la posición y orientación del componente final y el objeto de una manera deseada. De una manera generalmente conocida, el ordenador puede también recibir varias entradas de retroalimentación, que pueden indicar la posición y estado del mecanismo, tales señales son transmitidas desde sensores localizados en los actuadores respectivos. Desde esta información de posición, el ordenador puede entonces calcular la posición y orientación de la herramienta de trabajo del objeto sostenido, como es generalmente conocido en la técnica.
- 15 **[0044]** Las Figuras 14 y 15 muestran dos posturas alternativas del mecanismo ilustrado en la realización de la Figura 1. En la Figura 14, el componente final está movido a una posición radial distante y a una posición baja a lo largo del eje z. En la Figura 15, el componente final está rotado en sentido contrario a las agujas del reloj sobre un eje central A, levantado a lo largo del eje z, y acercado al eje central A del mecanismo.
- 20 **[0045]** En referencia ahora a la Figura 4, se muestra otro mecanismo o robot paralelo, construido de acuerdo a las enseñanzas de la presente invención, para posicionar y orientar un objeto en el espacio con cuatro grados de libertad e inclinación mantenida. El mecanismo es similar a la realización de la Figura 1, excepto que está equipado con un brazo principal alternativo y un actuador adicional montado en la plataforma del brazo principal para conducir rotatoriamente una herramienta de trabajo, que está sostenida por el componente final.
- 25 **[0046]** Como se ilustra en la Figura 4, el brazo principal 2 incluye medios de articulación 5, que mantienen la inclinación del componente final 80 en relación a la plataforma 10 por un mecanismo plano que comprende dos paralelogramos unidos entre sí, como ese ha discutido anteriormente. En contraste con la realización de la Figura 1, la primera conexión 51 está conectada a la plataforma 10 por una unión de revoluta 50b y a la conexión de referencia 53 por una unión de revoluta 52b. Las uniones de revoluta 50b y 52b permiten la rotación sobre los ejes respectivos H e I, que están dispuestos preferiblemente en paralelo al eje D del actuador principal y al eje E del antebrazo. De manera similar, la segunda conexión 55 está conectada a la conexión de referencia 53 por una unión de revoluta 54b y al componente final 80 por una unión de revoluta 56b. Las uniones de revoluta 54b y 56b permiten la rotación sobre los ejes respectivos J y K, que están preferiblemente dispuestos en paralelo al eje E del antebrazo y al eje F final. Debe entenderse que las uniones de revoluta 50b, 52b, 54b y 56b pueden ser reemplazadas de manera similar por juntas universales sin afectar al funcionamiento de los medios de articulación 5.
- 30 **[0047]** Además, el mecanismo ilustrado en la Figura 4 comprende un actuador de herramienta de trabajo 101 montado en la plataforma 10 por su parte fija y conectado operativamente a una herramienta de trabajo 82, que está conectada moviblemente y es capaz de rotar en relación al componente final 80 sobre un eje G de la herramienta de trabajo. Preferiblemente, el eje G de la herramienta de trabajo es paralelo al eje central A, de tal forma que su inclinación en relación con la base permanece fija para todas las posiciones y orientaciones del componente final 80. En tal caso, el mecanismo proporciona tres grados de libertad traslacionales (x, y, z) y un grado de libertad rotacional (orientación sobre el eje G de la herramienta de trabajo que es paralelo a z) a un objeto sostenido por la herramienta de trabajo 82, es decir, movilidad SCARA.
- 35 **[0048]** Como se ilustra en la Figura 4, el actuador de la herramienta de trabajo 101, preferiblemente de tipo rotatorio, está conectado operativamente a la herramienta de trabajo 82 por una disposición de correas y poleas. El actuador 101 tiene una polea principal 102 montada en su parte en movimiento para conducir rotacionalmente una primera polea intermedia 104 por una correa 103. La primera polea intermedia 104 está montada en un eje 105, que está conectada rotativamente al brazo actuador 13 permitiendo la rotación sobre un eje que coincide con el eje E del antebrazo. Una segunda polea intermedia 106 está montada en el mismo eje 105 para transmitir la rotación del eje 105 a una polea final 108 por una correa 107. La polea final 108 está conectada rotativamente al componente final 80 permitiendo la rotación sobre un eje que coincide con el eje F final. Como se ilustra con mayor detalle en la Figura 5, la rotación de la polea final 108 es transmitida a la herramienta de trabajo 82 por una disposición de engranajes. Más específicamente, la polea final 108 está montada en un eje 109, que transmite la rotación a un primer engranaje 110a. El primer engranaje 110a conduce un segundo engranaje 100b, que está conectado fijamente a la herramienta de trabajo 82 y dispuesto en un ángulo de 90° al primer engranaje 110a.
- 45 **[0049]** Incluidas en el concepto de esta invención están varias modificaciones de la articulación operativa entre el actuador de la herramienta de trabajo 101 y la herramienta de trabajo 82. Por ejemplo, la disposición de engranaje de 90° dentro del componente final 80 puede ser reemplazada por cualquier otra transmisión que transmita rotación entre el eje 109 y la herramienta de trabajo 82, tales como engranajes de gusano o correas de transmisión o similares. Además el actuador de la herramienta de trabajo 101 puede incluir un engranaje de reducción. Por otra parte, las correas y poleas pueden ser reemplazadas por ruedas y cables o una disposición de conexión para
- 50
- 55
- 60

transmitir movimiento desde el actuador de la herramienta de trabajo 101 a la herramienta de trabajo 82. Alternativamente, es posible usar ejes dispuestos en paralelo al brazo actuador y el antebrazo, con engranajes cónicos en cada extremo para transmitir rotación desde el actuador de la herramienta de trabajo 101 a la herramienta de trabajo 82.

5 **[0050]** Pasando ahora a la Figura 22, se muestra un mecanismo para posicionar un objeto con tres grados de libertad traslacionales. El mecanismo es similar a la realización de la Figura 4, excepto que está equipado con medios de transmisión pasivos 200, en lugar de un actuador de la herramienta de trabajo 101, que mantienen la orientación de la herramienta de trabajo sobre su eje g de la herramienta de trabajo en relación a la base. Los medios de transmisión 200 están interpuestos entre la herramienta de trabajo 82 y la base 1, como se describirá.

10 Como se muestra en la Figura 22, la polea principal 102 está conectada rígidamente a una polea coaxial 180 y conectada rotativamente a la plataforma 10 sobre el eje D del actuador principal. La polea 180 está conectada a una polea base 183 de igual tamaño por una correa 181 y un rodillo 182 conectado a la plataforma 10. El rodillo 182 permite que la correa 181 cambie de dirección, para conectar operativamente las poleas 180 y 183, cuyos ejes de rotación son perpendiculares entre sí. El eje de la polea base 183 está preferiblemente alineado con el eje central A.

15 Cuando la plataforma 10 rota en relación a la base, la polea 180 es impulsada a girar también. Esta rotación es después transmitida a la polea principal 102 y a la herramienta de trabajo 82, como se describe en conjunción con la Figura 4. Por lo tanto, los medios de transmisión 200, que comprenden los componentes 180-183 así como la disposición de correa y polea 102-108 montadas en el brazo principal 2, mantienen la orientación de la herramienta de trabajo 82 sobre el eje G de la herramienta de trabajo en relación a la base 1 para todas las posiciones del componente final 80. Un mecanismo con tales medios de transmisión 200 puede desplazar ventajosamente un objeto sujeto a la herramienta de trabajo 82 en paralelo a sí mismo, lo que es requerido por muchas aplicaciones industriales. Incluidos en el concepto están diseños alternativos de los medios de transmisión anteriormente descritos. Por ejemplo, la disposición de correa y polea 180-183 puede ser reemplazada por engranajes cónicos.

25 **[0051]** En referencia ahora a la Figura 7, se muestra otro mecanismo o robot paralelo, construido de acuerdo a las enseñanzas de la presente invención, para posicionar y orientar un objeto en el espacio con cuatro grados de libertad e inclinación mantenida. El mecanismo es similar a la realización de la Figura 1, excepto que el mecanismo está equipado con un brazo principal alternativo y un actuador adicional montado en la base para conducir rotacionalmente una herramienta de trabajo, que está sostenida por el componente final.

30 **[0052]** Como se ilustra en la Figura 7, el brazo principal 2 incluye medios de articulación 5 para mantener la inclinación del componente final 80 en relación a la plataforma 10. Los medios de articulación 5 comprenden un brazo actuador 13, un antebrazo 16, y una disposición de correa y polea. Como se describe en conjunción con la Figura 1, el brazo actuador 13 está conectado a la plataforma 10 por una unión de revoluta 12 y al antebrazo 16 por una unión de revoluta 15, permitiendo la rotación sobre un respectivo eje D del actuador principal y un eje E del antebrazo. El antebrazo 16 está además conectado al componente final 80 por una unión de revoluta 17 permitiendo la rotación sobre un eje F final. La disposición de correas y poleas comprende varias correas y poleas, que transmiten la inclinación de la plataforma 10 al componente final 80 para todas las posiciones y orientaciones del componente final 80. Por lo tanto, la disposición sirve para el mismo propósito que el mecanismo plano con los dos paralelogramos, como se ha descrito en conjunción con las realizaciones anteriores.

40 **[0053]** Más específicamente, como se muestra en la Figura 7, una primera polea 60 está conectada rígidamente a la plataforma 10 y centrada en el eje D del actuador principal. Una segunda polea 62 con la misma forma circunferencial, preferiblemente circular, como la primera polea 60 está montada en un eje 63, que está conectado rotativamente al brazo actuador 13 y centrada en el eje E del antebrazo. Alternativamente, el eje 63 puede estar conectado rotativamente al antebrazo 13 sobre el eje E. Una correa 61 conecta operativamente la primera polea 60 con la segunda polea 62, de tal forma que la orientación angular de la segunda polea 62 (su inclinación) permanece fija respecto a la primera polea 60 y por lo tanto a la plataforma 10. Como se muestra en la Figura 7, una tercera polea 64 está montada en el eje 63 y conectada afijamente a la segunda polea 62 mientras que una cuarta polea 66 está conectada rígidamente al componente final 80 y centrada en el eje F final. La cuarta polea 66 tiene la misma, preferiblemente circular, forma circunferencial que la tercera polea 64. Una segunda correa 65 conecta operativamente la tercera polea 64 a la cuarta polea 66, de tal forma que la inclinación de la cuarta polea 66 permanece fija respecto a la tercera polea 64. Por lo tanto, la inclinación del componente final 80 en relación a la plataforma 10 es mantenida para todas sus posiciones y orientaciones. Se debe entender que la segunda y la tercera poleas 62 y 64 pueden ser integrales. Además, las poleas y correas pueden ser sustituidas por ruedas y cables o conexiones flexibles o cualquier otro tipo similar de transmisión.

55 **[0054]** El mecanismo en la Figura 7 además comprende un actuador de herramienta de trabajo 114 montado en una base 1a, que está fijada rígidamente a la base 1 por ejemplo por un armazón o entramado (no mostrados). El actuador de la herramienta de trabajo 114, preferiblemente del tipo rotatorio, está conectado operativamente a una herramienta de trabajo 82 que está conectada rotativamente al componente final 80 sobre un eje G de la herramienta de trabajo. Preferiblemente, el eje G de la herramienta de trabajo es paralelo al eje A central de tal forma que su inclinación en relación a la base permanece fija para todas las posiciones y orientaciones del componente final 80. En tal caso, el mecanismo de la Figura 7 proporciona movilidad SCARA a un objeto sostenido por la herramienta de trabajo 82, como se ha descrito anteriormente. La conexión operativa entre el actuador de la herramienta de trabajo 114 y la herramienta de trabajo 82 ha sido conseguida por un eje extensible 112, por ejemplo,

un eje ranurado, que es capaz de ajustar a las posiciones variables del componente final cambiando su longitud. El eje extensible 112 está conectado a la parte en movimiento del actuador por una junta universal 111 y a la herramienta de trabajo 82 por una junta universal 113, para transmitir la rotación del actuador de la herramienta de trabajo 114 a la herramienta de trabajo 82.

5 **[0055]** Como se ilustra en la Figura 21, la junta universal 111 puede ser también montada directamente en la base 1a, sin el actuador 114 mostrado en la Figura 7. En tal caso, la junta universal 111, el eje extensible 112, y la junta universal 113 juntas representan el medio de transmisión 201 interpuesto entre la base y la herramienta de trabajo que mantiene la orientación de la herramienta de trabajo 82 sobre su eje G de la herramienta de trabajo respecto a la base 1 y 1a. Por lo tanto, la herramienta de trabajo 82 tiene tres grados de libertad traslacionales en relación a la base mientras su inclinación y orientación es mantenida para todas las posiciones del componente final 80. Un mecanismo con tal medio de transmisión 201 puede desplazar ventajosamente un objeto unido a la herramienta de trabajo 82 en paralelo a sí mismo, lo que es requerido por muchas aplicaciones industriales.

10 **[0056]** Refiriéndose de nuevo a la Figura 7, el mecanismo también comprende una conexión móvil alternativa entre los antebrazos 34 y 44 y el primer y segundo brazos de apoyo 3 y 4 y el brazo principal 2. La conexión es en general similar a la realización de la Figura 1, excepto que el miembro intermedio 90 está ahora conectado al antebrazo 16 del brazo principal 2 por una unión de revoluta 92. El eje de rotación de la unión de revoluta 92 es preferiblemente paralelo al eje F final. La disposición alternativa descrita puede ser ventajosa en situaciones donde el componente final 80 y su herramienta de trabajo 82 necesitan moverse en espacios estrechos, por ejemplo.

15 **[0057]** En referencia ahora a la Figura 8, se muestra otro robot o mecanismo paralelo, construido de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención para posicionar y orientar un objeto en el espacio con cuatro grados de libertad e inclinación mantenida. El mecanismo en general similar a las realizaciones de las Figuras 1 y 4, excepto que el mecanismo está equipado con una conexión alternativa entre los brazos de apoyo y el brazo principal y un actuador adicional montado en el componente final para conducir rotacionalmente una herramienta de trabajo. Además, los ejes del actuador de los brazos de apoyo ya no son coincidentes con el eje central del mecanismo.

20 **[0058]** Más específicamente, como se ilustra en la realización de la Figura 8, los brazos actuadores 30 y 40 del primer y segundo brazos de apoyo 3 y 4 respectivamente están montados rotacionalmente en la base 1 por uniones de revoluta 31 y 32 permitiendo la rotación sobre los ejes B y C del actuador respectivo, que están dispuestos en paralelo al eje A central. Tal disposición de eje paralelo puede ser preferible a simplificar más el diseño general. Los actuadores respectivos 32 y 42 causan que los brazos actuadores 30 y 40 roten en relación a la base 1 sobre sus ejes B y C del actuador. Además, los antebrazos 34 y 44 del primer y segundo brazos de apoyo 3 y 4 están ahora conectados al antebrazo 16 del brazo principal 2 por articulaciones de rótula 36 y 46 separadas. Alternativamente, como se muestra en mayor detalle la Figura 9, los antebrazos 34 y 44 pueden estar conectados al antebrazo 16 del brazo principal 2 por juntas universales 37 y 47, cada una comprendiendo una primera y una segunda uniones de revoluta 37a, 37b y 47a, 47b con ejes de rotación que se cruzan. Una modificación adicional de la conexión móvil entre el brazo principal 2 y los antebrazos 34 y 44 está ilustrada en la Figura 10, donde el antebrazo 44 del segundo brazo de apoyo 4 está conectado al componente final 80 del brazo principal 2 por una junta universal 47 que comprende dos uniones de revoluta 47a y 47 b con ejes de rotación que se cruzan. La conexión directa del antebrazo 44 al componente final 80 por la junta universal 47 es particularmente útil en combinación con la realización de la Figura 2, ya que en tal caso el antebrazo de un brazo de apoyo no requiere un grado de libertad rotacional independiente sobre su eje longitudinal. En otras palabras, es suficiente para los antebrazos 34 y 44 estar conectados tanto a sus brazos actuadores como al componente final por las uniones respectivas que proporcionan solo dos grados de libertad rotacional (por ejemplo, una junta universal).

25 **[0059]** Volviendo a la Figura 8, el mecanismo comprende un actuador de la herramienta de trabajo 100 montado en el componente final 80 y unido operativamente a la herramienta de trabajo 82 para conducir rotacionalmente la herramienta de trabajo 82 sobre un eje G de la herramienta de trabajo. La herramienta de trabajo 82 puede ser montada directamente en la parte en movimiento del actuador de la herramienta de trabajo 100, que puede ser del tipo rotatorio. Alternativamente, una transmisión como una caja de engranajes o poleas y correas se puede utilizar para conectar la parte en movimiento del actuador de la herramienta de trabajo 100 a la herramienta de trabajo 82. Preferiblemente, el eje G de la herramienta de trabajo es paralelo al eje A central, de tal forma que su inclinación en relación a la base es mantenida para todas las posiciones y orientaciones del componente final 80. En tal caso, el mecanismo de la Figura 8 proporciona movilidad SCARA a un objeto sostenido por la herramienta de trabajo 82, como se ha discutido anteriormente.

30 **[0060]** Volviendo a la Figura 6, se muestra una vista detallada de una conexión alternativa entre el brazo actuador 13 y el antebrazo 16 del brazo principal 2. La conexión alternativa puede ser utilizada en conjunción con el mecanismo de la Figura 8 y otras realizaciones de esta invención. Como se muestra en la Figura 6, la conexión es en general similar a las realizaciones anteriores salvo que el brazo actuador 13 y el antebrazo 16 están ahora conectados a la conexión de referencia 57 por uniones de revoluta 15a y 15b separadas permitiendo la rotación sobre ejes M y E separados, pero preferiblemente paralelos. Por lo tanto, el brazo actuador 13 y el antebrazo 16 están ahora conectados indirectamente por la conexión de referencia 57. Como se ha ilustrado en realizaciones anteriores, la primera conexión 51 y la segunda conexión 55 también están conectadas a la conexión de referencia

57 por las uniones de revoluta 52b y 54b respectivas. La conexión de referencia 57 puede incluir dos partes de conexión de referencia 57a y 57b.

5 **[0061]** En referencia ahora a la Figura 11, se muestra otro robot o mecanismo paralelo, construido de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención, para posicionar y orientar un objeto en el espacio con cuatro grados de libertad e inclinación mantenida. El mecanismo es en general similar a la realización de la Figura 1, excepto que está equipado con una conexión alternativa entre los brazos de apoyo y el brazo principal y un brazo actuador adicional y conexión para conducir rotacionalmente una herramienta de trabajo.

10 **[0062]** Como se ilustra en la Figura 11, los antebrazos 34 y 44 del primer y segundo brazos de apoyo 3 y 4 están ahora conectados al componente final 80 por las articulaciones de rótula 36 y 46, cuyos centros de pivote pueden descansar en el eje F final. Cuando se usan en combinación con las articulaciones de rótula 33a y 43a, los antebrazos 34 y 44 ganan un grado de libertad incontrolable sobre su eje longitudinal, que, sin embargo, no afecta al funcionamiento del mecanismo. Para eliminar este grado de libertad, las articulaciones de rótula 33a y 43a pueden ser reemplazadas por juntas universales como se ilustra en la realización de la Figura 2.

15 **[0063]** El mecanismo mostrado en la Figura 11 además comprende una herramienta de trabajo montada rotativamente en el componente final 80 sobre un eje G de la herramienta de trabajo, y un actuador de la herramienta de trabajo integrado en la base 122 conectado operativamente a la herramienta de trabajo 80 para conducir rotacionalmente la herramienta de trabajo en relación al componente final 80. La conexión operativa entre el actuador de la herramienta de trabajo 122 y la herramienta de trabajo 82 ha sido realizada mediante un mecanismo del tipo articulación de codo, que comprende un brazo actuador 120 y una conexión 124. El brazo actuador 120 está montado rotativamente en la base 1 por una unión de revoluta 121 permitiendo la rotación sobre un eje L, que puede coincidir con el eje A central. La posición del brazo actuador 120 está influida o controlada por el actuador de la herramienta de trabajo 122, que puede ser de un tipo similar a los actuadores 32 y 42 descritos en conjunción con la Figura 1. Los cambios de posición del brazo actuador 120 son transmitidos a la herramienta de trabajo 82 por la conexión 124, que está, en un extremo, conectada al brazo actuador 120 por una articulación de rótula 123. En el otro extremo, la conexión 124 está conectada a la herramienta de trabajo 82 por una palanca integral de la herramienta de trabajo y una articulación de rótula 125, para rotar la herramienta de trabajo 82 sobre su eje G de la herramienta de trabajo bajo cambios en la posición del brazo actuador 120. Se debe entender que las articulaciones de rótula 123 y 125 pueden ser reemplazadas por juntas universales. Además, la herramienta de trabajo 82 puede incluir un dispositivo de amplificación como una caja de engranajes (no mostrada) para amplificar el movimiento rotacional inducido por la conexión 124 a un objeto sostenido por la herramienta de trabajo.

20 **[0064]** El mecanismo ilustrado en la Figura 11 proporciona movilidad SCARA a un objeto unido a la herramienta de trabajo 82. Como el actuador de la herramienta de trabajo 122, que influye en la orientación de la herramienta de trabajo 82, está montado fijamente a la base y no se añade a la masa en movimiento, el mecanismo es capaz de aceleraciones muy altas.

25 **[0065]** En referencia a la Figura 12, se muestran todavía otra conexión móvil entre los brazos de apoyo 3 y 4 y el brazo principal 2. En la realización de la Figura 12, que puede ser utilizada en conjunción con varios mecanismos incluidos en esta invención, los antebrazos 34 y 44 de los brazos de apoyo 3 y 4 están conectados moviblemente al componente final 80 del brazo principal 2 por un elemento intermedio 93 alternativo, que tiene forma de cruz. Los antebrazos 34 y 44 están conectados al elemento intermedio 93 por las respectivas uniones de revoluta 35 y 45, cuyos ejes de rotación coinciden. El elemento intermedio 93 está además conectado al componente final 80 por una unión de revoluta 94 permitiendo la rotación sobre el eje F final. Una ventaja de la realización de la Figura 12 es el diseño compacto. Además, como varias uniones de revoluta tienen el mismo eje de rotación, la fabricación de las partes está simplificada.

30 **[0066]** En referencia ahora a la Figura 13, se muestra otro robot o mecanismo paralelo, construido de acuerdo a las enseñanzas de la presente invención, para posicionar y orientar un objeto en el espacio con cuatro grados de libertad e inclinación mantenida. El mecanismo es similar a la realización de la Figura 4, excepto que los medios de articulación 5 tienen algunos elementos que tienen un doble propósito, es decir, mantienen la inclinación del componente final y rotan la herramienta de trabajo sobre un eje de la herramienta de trabajo. Tal integración funcional puede simplificar el diseño y reduce la masa en movimiento.

35 **[0067]** Como se ilustra en la Figura 13, el mecanismo está equipado con un actuador de la herramienta de trabajo 101 montado en la plataforma 10 por su parte fija para conducir rotacionalmente la herramienta de trabajo 82 sobre el eje G de la herramienta de trabajo por un montaje de eje impulsor, que utiliza la primera y la segunda conexión 51 y 55. En un extremo, la primera conexión 51 está conectada a la parte rotativa del actuador de la herramienta de trabajo 101 por una junta universal 130. En su otro extremo, está conectada a un primer eje 132 por una junta universal 131. El movimiento rotacional del primer eje 132 es transmitido por una transmisión 133 a un segundo eje 134, que está dispuesto en paralelo al primer eje 132. La transmisión 133 puede comprender una disposición de correa y polea, como se muestra en la Figura 13, o engranajes por ejemplo. El segundo eje 135 está además conectado a la segunda conexión 55 por una junta universal 135, y la segunda conexión está conectada a la herramienta de trabajo 82 por una junta universal 136. Por lo tanto la rotación del actuador de la herramienta de trabajo 101 es transmitida a la herramienta de trabajo 82.

- 5 **[0068]** La disposición descrita también cumple el propósito de mantener la inclinación del componente final 80 en relación a la plataforma 10, ya que representa un mecanismo plano que comprende dos paralelogramos conectados entre sí, como se ha discutido anteriormente. Más específicamente, como se muestra en la Figura 13, la primera conexión 51 idealmente tiene la misma longitud que el brazo actuador 13 y está dispuesta en paralelo al mismo. De manera similar, la segunda conexión 55 tiene la misma longitud que el antebrazo 16 y está dispuesta en paralelo al mismo. Además, el primer y el segundo eje 132 y 134 están montados rotativamente a la conexión de referencia 53, para que sean libres de rotar sobre los ejes longitudinales en relación a la conexión de referencia 53. Por lo tanto, la posición de los puntos de pivote de las dos juntas universales 131 y 135 está fija respecto a la conexión de referencia 53. De manera similar, el punto de pivote de la junta universal 130 tiene una posición fija en relación a la plataforma 10, y también la tiene el punto de pivote de la junta universal 136 en relación al componente 80. Preferiblemente, los puntos de pivote de las cuatro juntas universales descansan en un plano normal al eje D del actuador principal, el eje E del antebrazo, y el eje F final. Por lo tanto, los puntos de pivote de las juntas universales 130 y 131 junto los ejes D y E representan las esquinas del primer paralelogramo, mientras que los puntos de pivote de las junta universales 135 y 136 junto con los ejes E y F representan las esquinas del segundo paralelogramo.
- 10
- 15 **[0069]** En referencia a la Figura 20, se muestra un mecanismo para posicionar un objeto en el espacio con tres grados de libertad traslacional. El mecanismo es similar al ilustrado en la realización de la Figura 13, excepto que está equipado con los medios de transmisión pasivos 202 en lugar del actuador 101, que mantiene la orientación de la herramienta de trabajo 82 sobre su eje G de la herramienta de trabajo en relación a la base. Los medios de transmisión pasivos 202 están interpuestos entre la herramienta de trabajo 82 y la base 1, como se describirá. Como se muestra en la Figura 20, la junta universal 130 está conectada a un eje 138 que está montado rotacionalmente a la plataforma 10 por una unión de revoluta 139. El eje 138 tiene una primera polea 140, que está conectada a una segunda polea 142, preferiblemente de diámetro similar, por una correa 141. La segunda polea 142 está montada rígidamente en la base 1, de tal forma que un movimiento rotacional de la plataforma 10 sobre el eje A central causa que el eje 138 rote en relación a la plataforma 10, pero mantenga su orientación en relación a la base. La rotación es además transmitida a la herramienta de trabajo 82 por la primera y la segunda conexiones 51 y 52, como se ha descrito anteriormente en conjunción con la realización de la Figura 13. Así, los medios de transmisión 202, que incluyen el montaje de eje de transmisión entero y los componentes 138-143, mantienen la orientación de la herramienta de trabajo 82 sobre el eje G de la herramienta de trabajo en relación a la base 1 para todas las posiciones del componente final 80. Están incluidos en el concepto diseños alternativos de los medios de transmisión 202. Por ejemplo, el brazo actuador 13 y su eje D del actuador principal pueden ser compensados radialmente, permitiendo que el eje 138 esté conectado directamente a la base 1. En tal caso, el eje 138 estaría alineado con el eje A central del mecanismo.
- 20
- 25
- 30
- 35 **[0070]** Las Figuras 16 y 17 muestran una vista lateral del brazo principal de la realización de la Figura 1, en donde el brazo principal comprende medios de elásticos adicionales para equilibrar estáticamente el mecanismo. El propósito de los medios elásticos es prevenir que el robot se colapse bajo la influencia de la gravedad bajo condiciones estáticas, de tal forma que el robot pueda ser posicionado manualmente por un operario sin emplear los actuadores o frenos. En los mecanismos de acuerdo a esta invención, la gravedad por lo general empuja al antebrazo 16 del brazo principal 2 a asumir una posición vertical como un péndulo, siempre que las fuerzas gravitacionales apunten en la dirección z negativa como se ilustra en las Figuras 16 y 17. Además, la gravedad también hace que el brazo actuador 13 del brazo principal 2 rote hacia abajo. En tal caso, es posible equipar tanto al brazo actuador 13 como al antebrazo 16 del brazo principal 2 con medios elásticos, que reducen o equilibran la influencia de la gravedad.
- 40
- 45 **[0071]** Como se ilustra en la Figura 16, el brazo principal 2 está equipado con medios elásticos que comprenden un primer y un segundo muelle 150 y 151. El primer muelle 150 está interpuesto entre el brazo actuador 13 y la plataforma 10, contrarrestando o reduciendo la influencia de la gravedad en el brazo actuador 13, mientras que el segundo muelle 151 está interpuesto entre el antebrazo 16 y la conexión de referencia 53, contrarrestando o reduciendo la influencia de la gravedad en el antebrazo. Se debe entender, que los muelles pueden ser de cualquier tipo, como de tensión, compresión, o torsión, y pueden estar también acoplados con dispositivos en paralelo amortiguadores del movimiento. Además, en lugar de muelles, se pueden usar otros medios elásticos como cilindros de aire o elementos de goma así como cualquier otro tipo de conexión flexible que sea capaz de producir una fuerza o esfuerzo compensador de la gravedad cuando se interpone entre dos partes que se mueven una en relación a la otra, como el brazo actuador 13 y la plataforma 10, por ejemplo.
- 50
- 55 **[0072]** Los muelles 150 y 151 pueden no compensar completamente las fuerzas gravitacionales que actúan en el mecanismo, porque en la práctica, otros componentes de fuerza como la fricción en los actuadores o las uniones pueden también actuar contra la influencia de la gravedad en condiciones estáticas. En tal caso, el componente final 80 permanecerá estático incluso si los muelles compensan sólo parte de las fuerzas gravitacionales. Además, en ciertas aplicaciones puede ser suficiente equilibrar estáticamente el mecanismo para sólo una posición y orientación del componente final 80.
- 60 **[0073]** La Figura 17 muestra el brazo principal de la realización de la Figura 1 con una implementación alternativa de los medios elásticos. De manera similar a la realización de la Figura 16, los medios elásticos comprenden dos muelles 150 y 151, El muelle 150 está ahora interpuesto entre el brazo actuador 13 y la conexión de referencia 53. Para equilibrar estáticamente el antebrazo 16 del mecanismo, se usa una articulación adicional. La articulación

adicional comprende una palanca 153 conectada rotativamente a la plataforma 10 sobre el eje D del actuador principal, y una conexión 152 que está conectada pivotablemente tanto a la palanca 153 como al antebrazo 16. La conexión 152 transmite la posición angular del antebrazo 16 a la palanca 153. Un muelle 151 está interpuesto entre la palanca 153 y la plataforma 10, de tal forma que produce un esfuerzo en la palanca dependiendo de su posición angular. El esfuerzo es transmitido al antebrazo 16 por la conexión 152, compensando así la influencia de la gravedad en el antebrazo 16. Se debe entender que las disposiciones de equilibrio individuales del brazo actuador 13 y el antebrazo 16 mostradas en las realizaciones de las Figuras 16 y 17 son intercambiables.

[0074] En referencia ahora a la Figura 18, se muestra otro mecanismo o robot paralelo, construido de acuerdo a las enseñanzas de la presente invención, para posicionar y orientar un objeto en el espacio con tres grados de libertad e inclinación mantenida. El mecanismo es en general similar a la realización de la Figura 1, excepto que está equipado con una articulación de guía adicional 160 interpuesta entre el brazo principal 2 y los dos brazos de apoyo 3y 4 para mantener el brazo principal 2 a una distancia angular sustancialmente igual de los dos brazos de apoyo. La articulación de guía 160 puede reducir la tensión en el brazo principal 2, ya que ya no está sujeto a la carga de flexión causada por la inercia rotacional de la plataforma 10 y otros componentes montados en la misma durante las rotaciones del brazo principal 2 sobre el eje central A.

[0075] Como se ilustra en la Figura 18, la articulación de guía 160 incluye una primera parte 161 conectada rígidamente a la plataforma 10, y una segunda parte 163 conectada rotativamente a la primera porción 161 por una unión de revoluta 162. La segunda porción 163 está además conectada pivotablemente a una primera y una segunda conexiones de guía 164 y 167 por las respectivas articulaciones de rótula 165 y 168. La primera y la segunda conexiones de guía 164 y 167 además conectan con un brazo actuador respectivo 30 y 40 de los brazos de apoyo 3 y 4 por las articulaciones de rótula 166 y 169. Como será aparente a aquellos expertos en la materia, una de las dos articulaciones de rótula de una conexión de guía respectiva puede ser reemplazada por una junta universal. Preferiblemente, las conexiones de guía 164 y 167 son de igual longitud, y la primera y segunda parte 161 y 163 están alineadas radialmente con el brazo actuador 13 del brazo principal 2. En tal diseño simétrico, el brazo principal 2 se mantendrá a medio camino entre los dos brazos de apoyo 3y 4. Bajo cambios en la posición angular de los brazos actuadores 30 ó 40, la articulación de guía 160 impulsa al brazo principal 2 a rotar sobre el eje A central de tal forma que los brazos actuadores de los brazos de apoyo 3 y 4 permanecen a una distancia angular sustancialmente igual del brazo principal. Incluidos en el concepto de esta invención están varios diseños alternativos de la articulación de guía. Por ejemplo, la articulación de guía puede comprender tres conexiones conectadas pivotablemente entre sí en un extremo, y conectadas pivotablemente a uno de los respectivos brazos actuadores 13, 30 y 40.

[0076] Cuando se usa una articulación de guía, la unión de revoluta 15 entre el brazo actuador 13 y el antebrazo 16 puede ser reemplazada por una junta universal. Como se ilustra en la Figura 19 en mayor detalle, la junta universal incluye una primera unión de revoluta 15 permitiendo que el antebrazo 16 rote en relación al brazo actuador 13 sobre el eje E del antebrazo. Además, la junta universal comprende una segunda unión de revoluta 19, que permite al antebrazo 16 pivotar lateralmente respecto al brazo actuador. El reemplazo por una junta universal es posible ya que la articulación de guía mantiene al brazo principal a medio camino entre los brazos de apoyo 3 y 4.

[0077] A pesar de que la invención ha sido descrita en la presente en conexión con varias realizaciones preferidas, no hay intención de limitar la invención a esas realizaciones. Se debe entender que para aquellos expertos en la materia serán evidentes varios cambios y modificaciones en las realizaciones preferidas. Dichos cambios y modificaciones pueden ser hechos sin apartarse del ámbito de la presente invención y sin disminuir sus ventajas concomitantes. Por lo tanto, las reivindicaciones añadidas pretenden cubrir dichos cambios y modificaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un mecanismo para posicionar y orientar un objeto en el espacio con al menos tres grados de libertad, el mecanismo comprende:

una base (1);

5 un brazo principal (2; 10, 5, 80, 14) el mencionado brazo principal comprende una plataforma (19) montada rotativamente en la mencionada base y que se permite que rote sobre un eje central (A) y un componente final (80) para sostener el mencionado objeto; y

10 un primer y un segundo brazos de apoyo (3, 4), cada uno de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo comprende un brazo actuador (30, 40) conectado rotativamente a la mencionada base, un actuador (32, 42) para rotar el mencionado brazo actuador en relación a la mencionada base sobre un primer y segundo eje de actuador respectivo (B, C) y un antebrazo (34, 44) conectado moviblemente al mencionado brazo actuador,

15 **caracterizado en que** el mencionado brazo principal comprende además medios de articulación (5; 13, 16, 51, 55, 53; 13, 16, 51, 55, 57; 13, 16, 61, 65) interpuestos entre la mencionada plataforma y el mencionado componente final, los mencionados medios de articulación permiten al mencionado componente final dos grados de libertad traslacionales respecto a la mencionada plataforma y mantienen la inclinación del mencionado componente final respecto al mencionado eje central para todas las posiciones y orientaciones del mencionado componente final, y un actuador (14) para influir uno de los mencionados grados de libertad traslacionales del mencionado componente final, en donde los antebrazos del primer y segundo brazo de apoyo mencionado están conectados moviblemente al mencionado brazo principal, de tal forma que el mencionado primer y segundo brazo de apoyo influyen la posición y orientación del mencionado componente final, y en donde los mencionados medios de articulación (5) comprenden un brazo actuador (13) conectado rotativamente a la mencionada plataforma (10) y accionado por el actuador (14) del mencionado brazo principal en relación a la mencionada plataforma sobre un eje del actuador principal (D), un antebrazo (16) conectado moviblemente al mencionado brazo actuador (13) con al menos un grado de libertad rotacional sobre un eje del antebrazo (E), el mencionado antebrazo estando además conectado moviblemente al mencionado componente final (80) con al menos un grado de libertad rotacional sobre un eje final (F), y en donde el mencionado eje del actuador principal (D) es sustancialmente perpendicular al mencionado eje central (A) y sustancialmente paralelo al mencionado eje del antebrazo (E) y el mencionado eje final (F) para todas las posiciones y orientaciones del mencionado componente final (80).

2. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** los mencionados medios de articulación (5) además comprenden una conexión de referencia (53) conectada rotativamente al brazo actuador (13) del mencionado brazo principal (2) sobre el mencionado eje del antebrazo (E), una primera conexión (51) conectada moviblemente tanto a la mencionada plataforma (10) como a la conexión de referencia, la mencionada primera conexión siendo de igual longitud que el brazo actuador del mencionado brazo principal y contrarrestado en paralelo al mismo, y una segunda conexión (55) conectada moviblemente tanto a la mencionada conexión de referencia como al mencionado componente final (80), la mencionada segunda conexión siendo de igual longitud que el antebrazo (16) del mencionado brazo principal y contrarrestado en paralelo al mismo.

3. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** los mencionados medios de articulación (5) además comprenden una primera polea (60) conectada rígidamente a la mencionada plataforma (10) y centrada en el mencionado eje del actuador principal (D), una segunda y tercera poleas (62, 64) conectadas rotativamente al mencionado brazo actuador (13) y centradas en el mencionado eje del antebrazo (e), en donde la segunda y tercera poleas están conectadas fijamente entre sí, un cuarta polea (66) conectada rígidamente al mencionado componente final (80) y centrada en el mencionado eje final (F), una primera correa (61) uniéndose operativamente las mencionadas primera y segunda poleas, y una segunda correa (65) uniéndose operativamente las mencionadas tercera y cuarta poleas, en donde las mencionadas primera y segunda poleas tienen la misma forma circunferencial, y en donde la tercera y cuarta poleas tienen la misma forma circunferencial.

4. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque**, los mencionados primer y segundo ejes del actuador (B, C) son sustancialmente paralelos al mencionado eje central (A).

5. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** el primer y el segundo ejes del actuador (B, C) son sustancialmente coincidentes con el mencionado eje central (A).

50 6. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** el antebrazo (34, 44) de al menos uno de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) está conectado al respectivo brazo actuador (30, 40) por al menos dos uniones de revoluta (98a, 98b) en serie, las mencionadas uniones de revoluta teniendo mutuamente ejes de rotación no paralelos y que se cruzan.

55 7. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** el antebrazo (34, 44) de la menos uno de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) está conectado al respectivo brazo actuador (30, 40) por una articulación de rótula (33a, 43a).

8. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** el antebrazo (34, 44) de al menos uno de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) está conectado al mencionado brazo principal (2) por al menos dos uniones de revoluta (37a, 37b, 47a, 47b) en serie, las mencionadas uniones de revoluta teniendo mutuamente ejes de rotación no paralelos y que se cruzan.
- 5 9. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** el antebrazo (34, 44) de al menos uno de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) está conectado al mencionado brazo principal (2) por una articulación de rótula (36, 46).
10. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** el antebrazo (34, 44) de al menos uno de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) está conectado moviblemente al componente final (80).
- 10 11. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** el antebrazo (34, 44) de al menos uno de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) está conectado moviblemente directamente al antebrazo (16) del mencionado brazo principal (2)
- 15 12. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además una conexión intermedia (90, 93) para conectar moviblemente los antebrazos (34, 44) de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) al mencionado brazo principal (2), la mencionada conexión intermedia está conectada rotativamente a cada uno de los antebrazos de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo, la mencionada conexión intermedia estando además conectada rotativamente al mencionado brazo principal.
- 20 13. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además una herramienta de trabajo (82) montada moviblemente en el mencionado componente final (80) y un actuador de la herramienta de trabajo (100) montado en el mencionado componente final y conectado operativamente a la mencionada herramienta de trabajo, el mencionado actuador de la herramienta de trabajo conduce la mencionada herramienta de trabajo para moverse en relación al mencionado componente final.
- 25 14. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además una herramienta de trabajo (82) montada moviblemente en el mencionado componente final (80) y un actuador de la herramienta de trabajo (101, 114, 122) montado en la mencionada base y conectado operativamente a la mencionada herramienta de trabajo, el mencionado actuador de la herramienta de trabajo conduce la mencionada herramienta de trabajo para moverse en relación al mencionado componente final.
- 30 15. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además una herramienta de trabajo (82) montada rotativamente en el mencionado componente final (80) sobre un eje de la herramienta de trabajo (G), el mencionado eje de la herramienta de trabajo siendo paralelo al mencionado eje central (a) para todas las posiciones y orientaciones del mencionado componente final, y los medios de transmisión (200, 201, 202) interpuestos entre la mencionada base (1) y la mencionada herramienta de trabajo para mantener la orientación de la mencionada herramienta de trabajo sobre el mencionado eje de la herramienta de trabajo respecto a la mencionada base.
- 35 16. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además una articulación de guía (160) interpuesta entre el mencionado brazo principal (2) y los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4), la mencionada articulación de guía impulsa al mencionado (A) de tal forma que los brazos actuadores (30, 40) de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) permanecen a una distancia angular sustancialmente igual del mencionado brazo principal.
- 40 17. Un mecanismo de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además medios elásticos para equilibrar estáticamente el mencionado mecanismo, los mencionados medios elásticos comprenden al menos un primer muelle (150) interpuesto entre la mencionada plataforma (10) y el mencionado brazo actuador (13) del mencionado brazo principal (2), en donde los mencionados medios elásticos compensan las fuerzas gravitacionales que actúan en los actuadores (14, 32, 42) del mencionado brazo principal (2) y los mencionados primer y segundo brazos de apoyo (3, 4) para al menos una posición y orientación del mencionado componente final (80).
- 45 18. Un método para mover un objeto en el espacio con al menos tres grados de libertad e inclinación mantenida, que comprende:
- 50 proporcionar un mecanismo, el mencionado mecanismo incluye una base (1), un brazo principal (2; 10, 5, 80, 14) que comprende una plataforma (10) montada rotativamente en la mencionada base y que se permite que rote sobre un eje central (A), un componente final (80) para sostener el mencionado objeto y un actuador (14) para accionar el mencionado brazo principal, el mencionado mecanismo además incluye un primer y segundo brazo de apoyo (3, 4; 30, 34, 40, 44) cada uno comprendiendo un brazo actuador (30, 40) conectado rotativamente a la mencionada base, un actuador (32, 42) para accionar el brazo actuador respectivo, y un antebrazo (34, 44) conectado moviblemente al mencionado brazo actuador, cada uno de los mencionados primer y segundo brazo de apoyo estando interpuesto entre la mencionada base y el mencionado brazo principal; y
- 55

accionar el mencionado brazo principal y los mencionados primer y segundo brazos de apoyo con el actuador respectivo para influir al posición y orientación del mencionado componente final en relación a la base,

- 5 **caracterizado porque** mantiene la inclinación del mencionado componente final respecto al mencionado eje central con el mencionado brazo principal y sólo el mencionado brazo principal, en donde el mencionado brazo principal además comprende medios de articulación (5) interpuestos entre la mencionada plataforma y el mencionado componente final (80), los mencionados medios de articulación permitiendo al mencionado componente final dos grados de libertad traslacionales respecto a la mencionada plataforma y manteniendo la inclinación del mencionado componente final respecto al mencionado eje central, y en donde los antebrazos de los mencionados primer y segundo brazos de apoyo están conectados moviblemente al mencionado brazo principal, y en donde los mencionados medios de articulación (5) comprenden un brazo actuador (13) conectado rotativamente a la mencionada plataforma (10) y accionados por el actuador (14) del mencionado brazo principal en relación a la mencionada plataforma sobre un eje del actuador principal (D), un antebrazo (16), conectado moviblemente al mencionado brazo actuador (13) con al menos un grado de libertad rotacional sobre el eje del antebrazo (E), el mencionado antebrazo además estando conectado moviblemente al mencionado componente final (80) con al menos un grado de libertad rotacional sobre el eje final (F), y en donde el mencionado eje del actuador principal (D) es sustancialmente perpendicular al mencionado eje central (A) y sustancialmente paralelo al mencionado eje del antebrazo (E) y al mencionado eje final (F) para todas las posiciones y orientaciones del componente final (80).
- 10
- 15

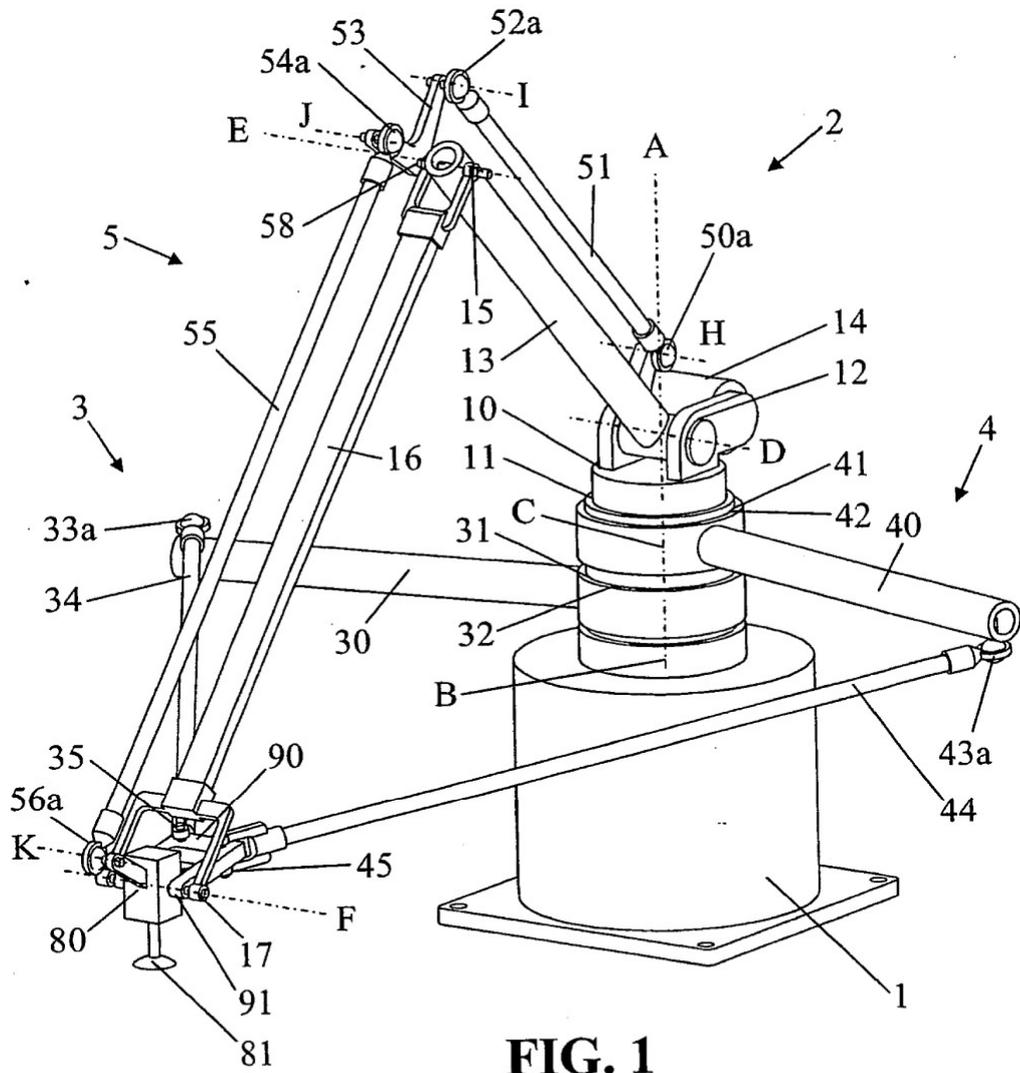


FIG. 1

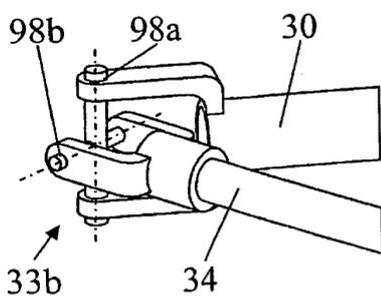


FIG. 2

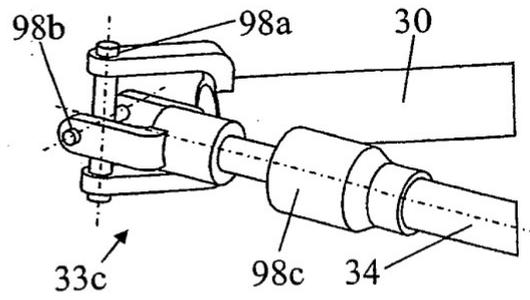


FIG. 3

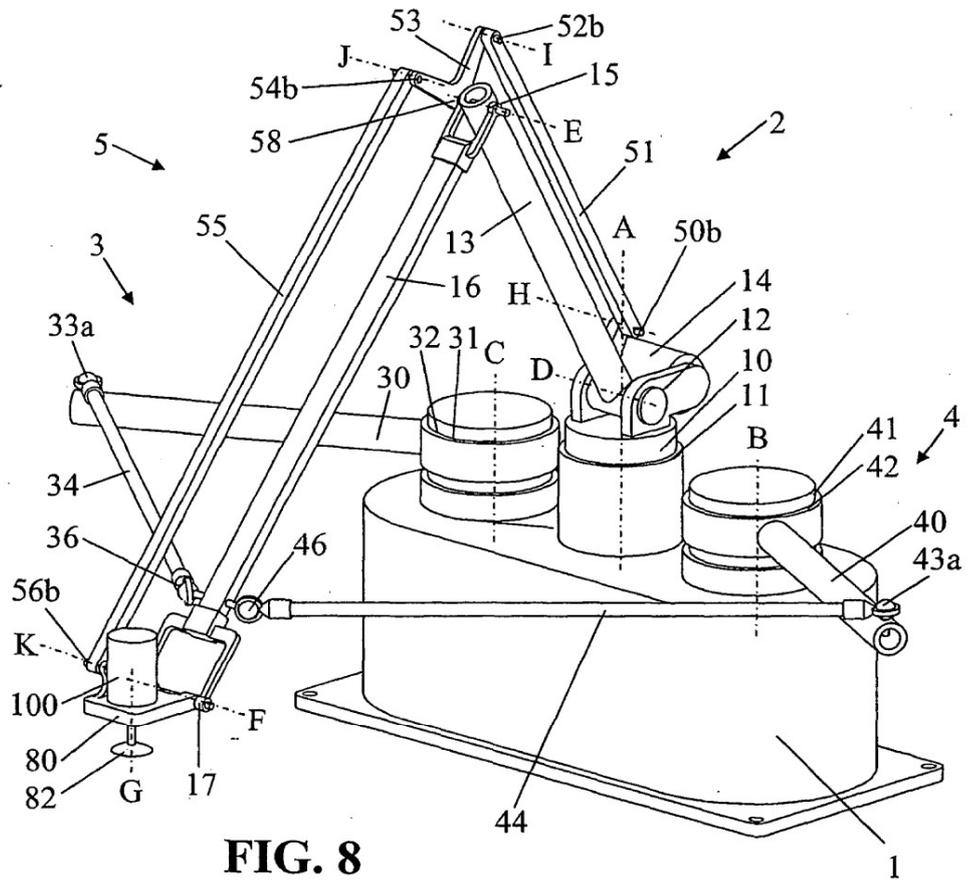


FIG. 8

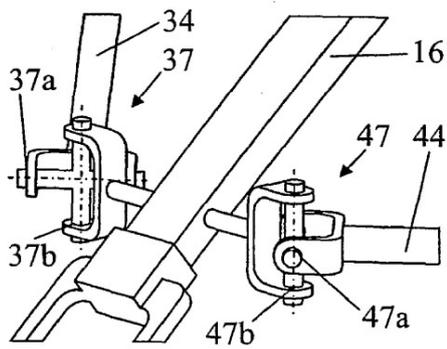


FIG. 9

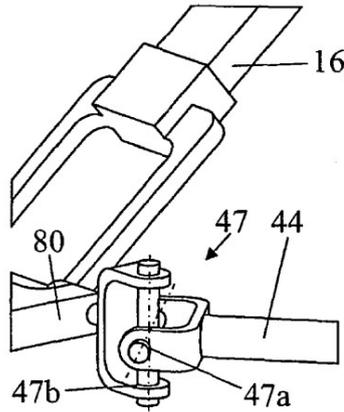


FIG. 10

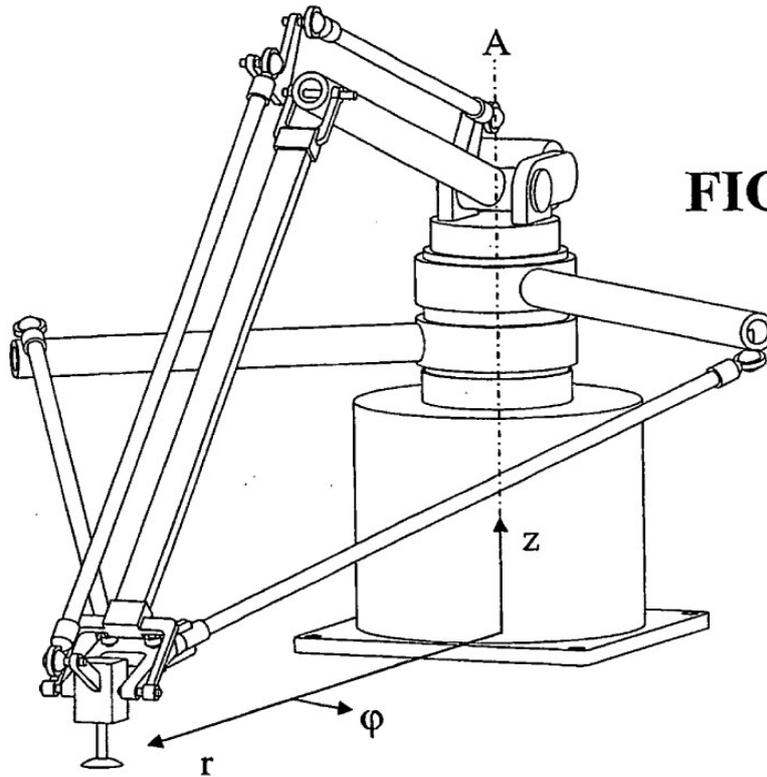


FIG. 14

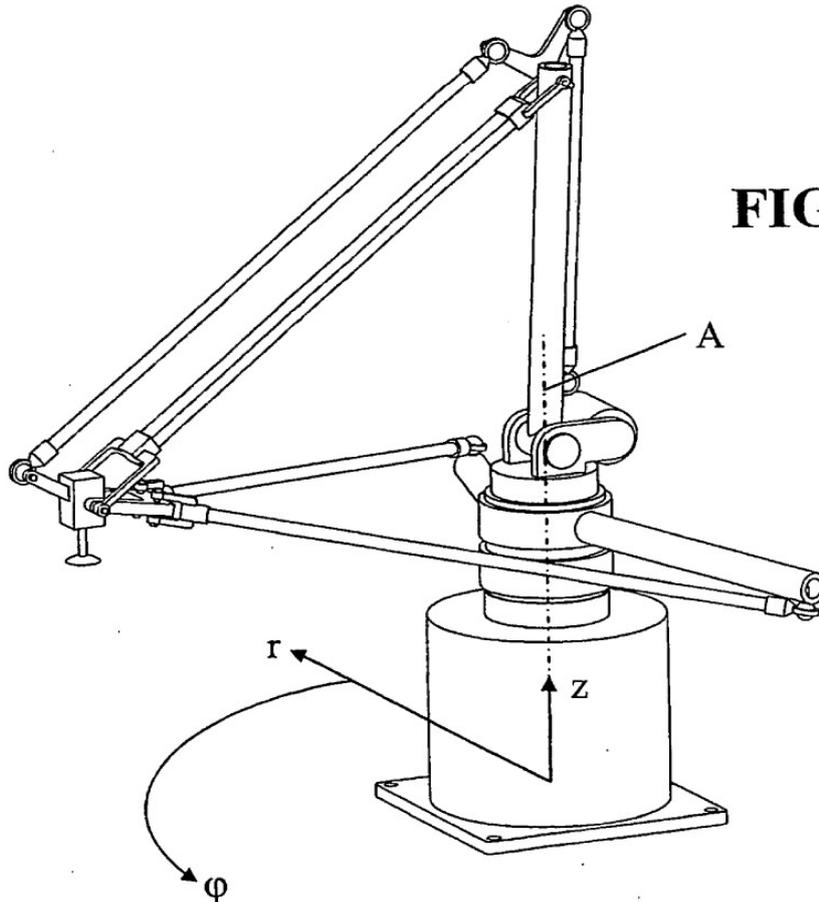


FIG. 15

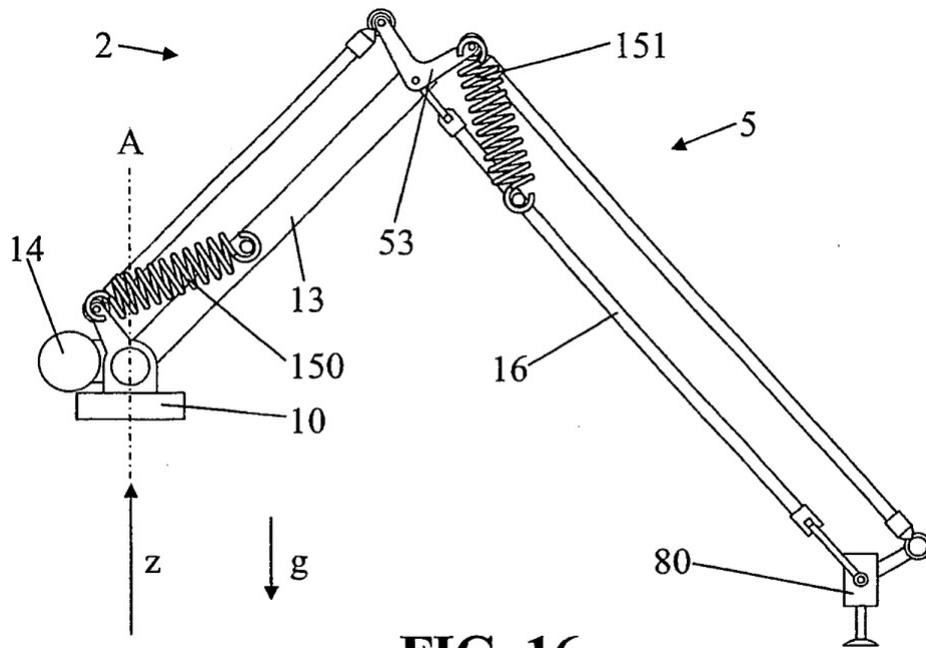


FIG. 16

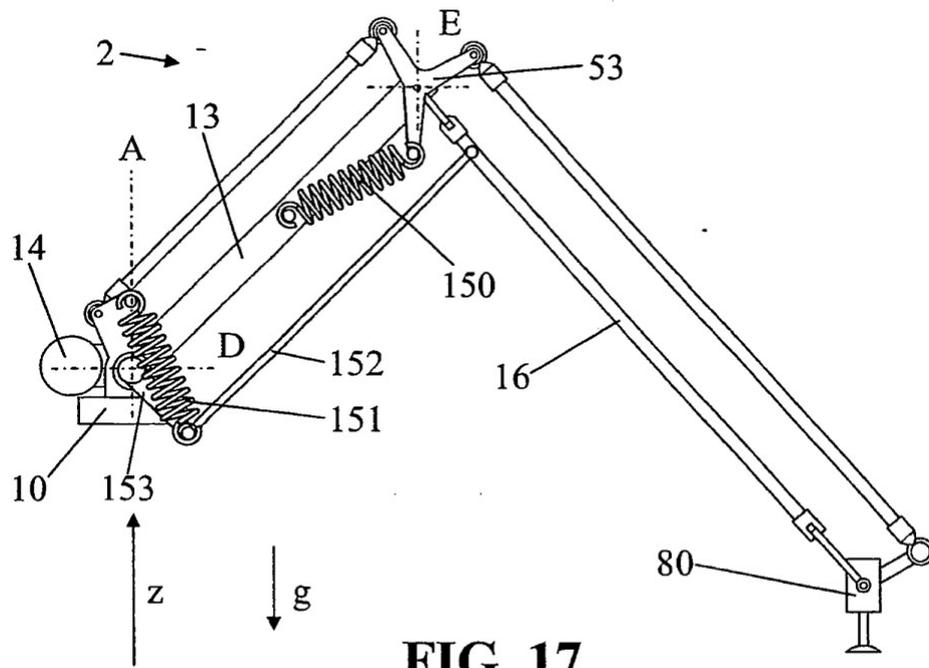


FIG. 17

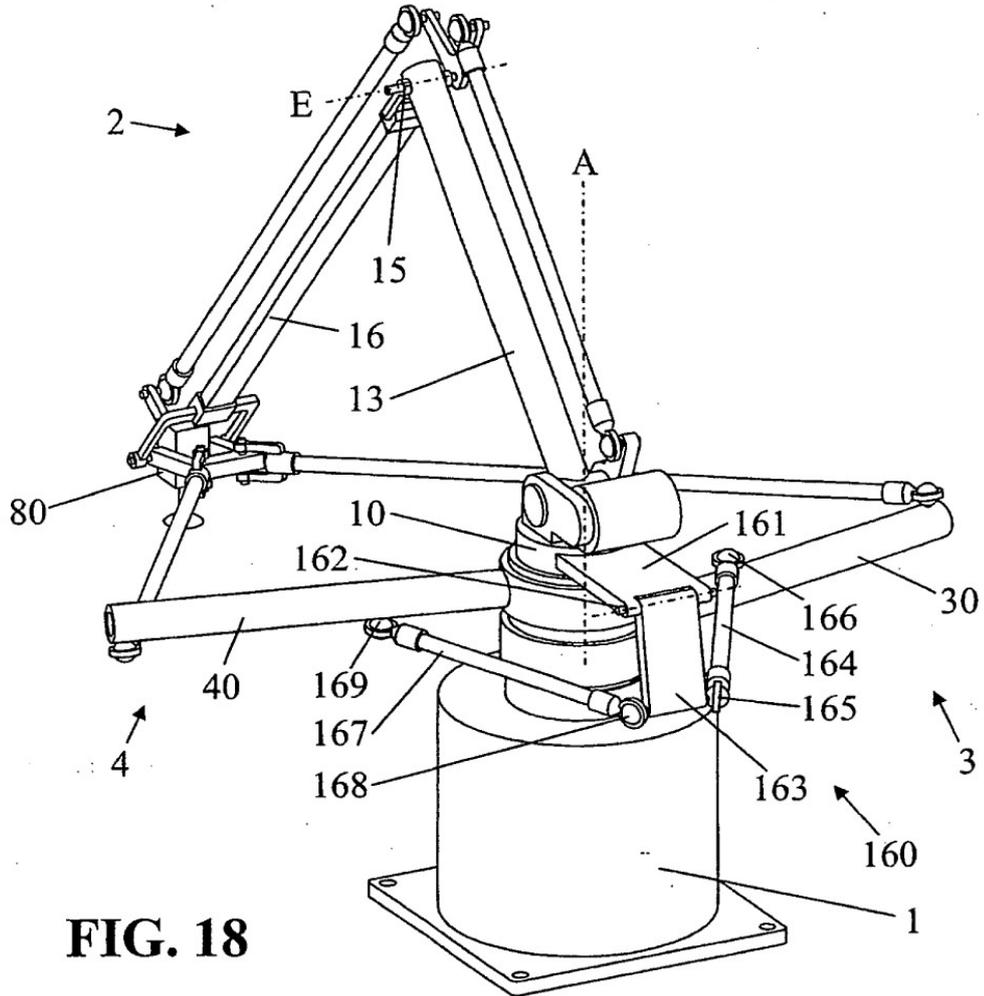


FIG. 18

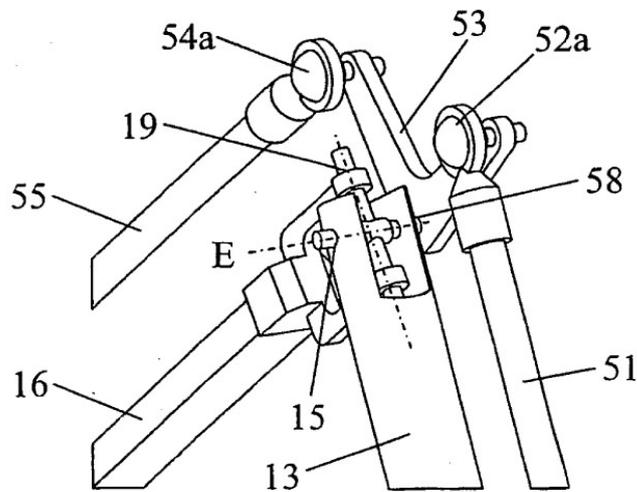


FIG. 19

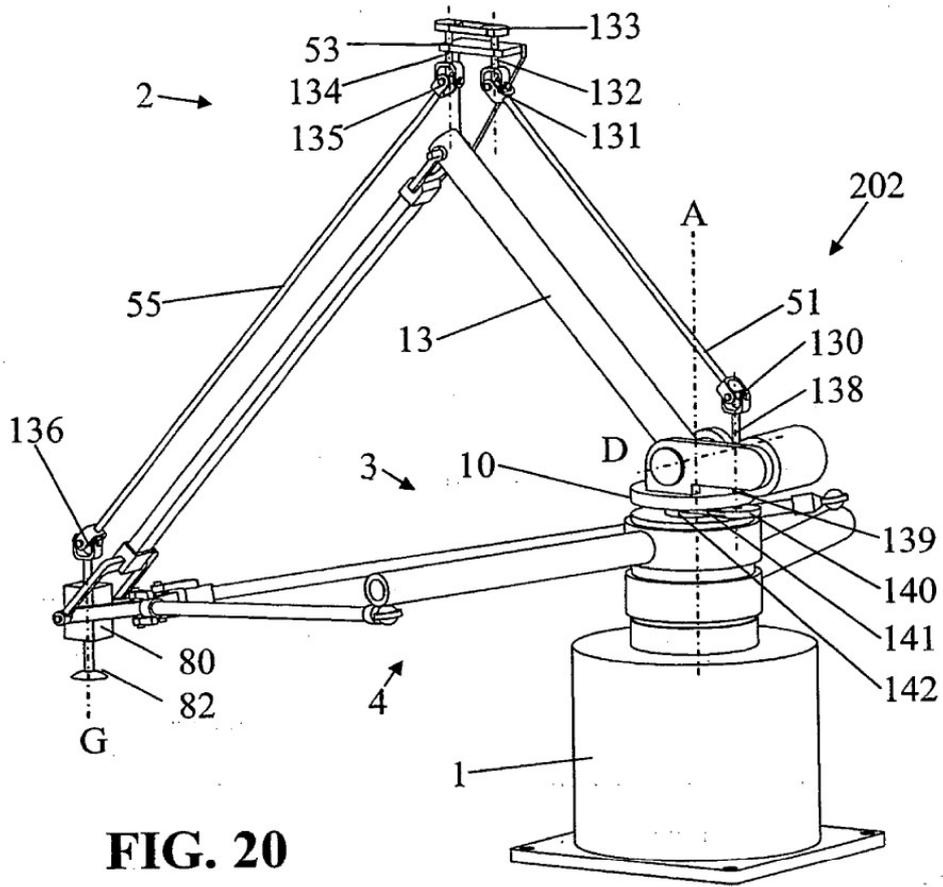


FIG. 20

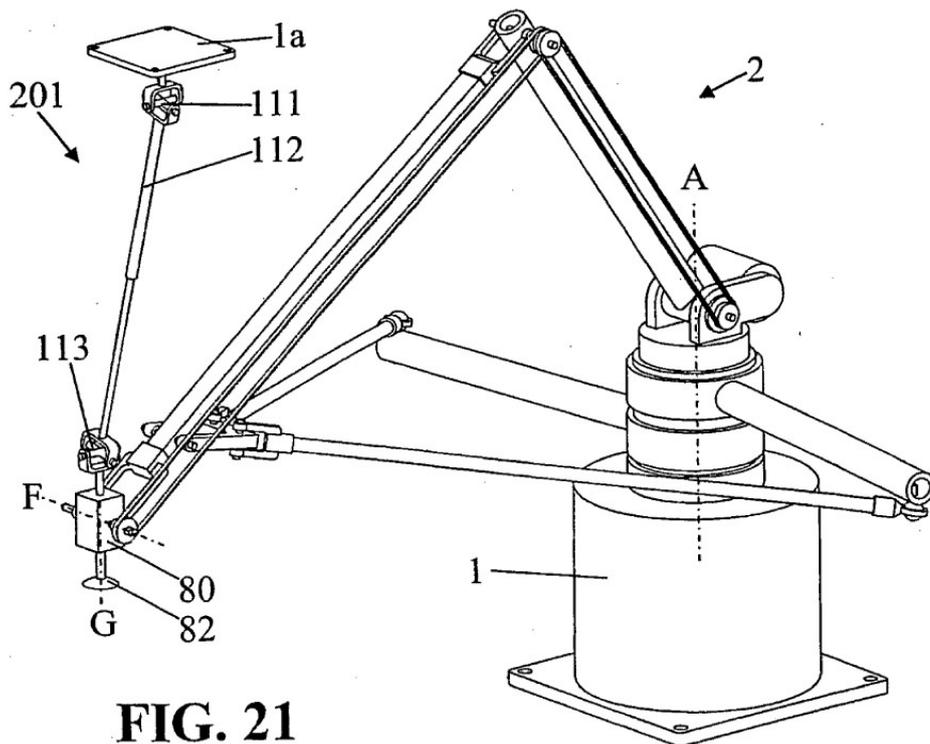


FIG. 21

