



No. 15-278320- -00003-0000

Fecha: 2016-02-22 15:38:29 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 444 RESPUESTAREQUE Folios: 69

Manizales, 22 de Febrero de 2016

Sr. JOSÉ LUIS SALAZAR LÓPEZ
Director de Nuevas Creaciones
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

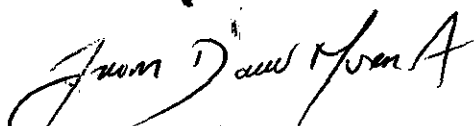
ASUNTO: Respuesta Oficio 15648 del 23 de Diciembre de 2015

Por sugerencia de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia, se realizan las modificaciones requeridas para dar cumplimiento a las disposiciones de la decisión 486, artículos 28 y 30, de La Comisión de la Comunidad Andina, referente a Propiedad Intelectual:

Con base en las solicitudes presentadas por ustedes, se presentan a continuación los siguientes documentos:

1. Cesión según artículo 26 Decisión 486.
2. Modificaciones y correcciones en la descripción de la Invención según artículo 28 Decisión 486.
3. Capítulo de dibujos según Decisión 486.
4. Modificaciones y correcciones en las reivindicaciones según artículo 30 Decisión 486.

Agradecemos la atención prestada.


JUAN DAVID MORENO ARANGO
CC: 75.076.197 de Manizales
Investigador Principal


JULIAN ALBERTO MORENO ARANGO
CC: 75.084.785 de Manizales
Coinvestigador

Manizales, 22 de Febrero de 2016

Sr. JOSÉ LUIS SALAZAR LÓPEZ
Director de Nuevas Creaciones
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

ASUNTO: SESIÓN DEL DERECHO A LA PATENTE

En la presente, yo JUAN DAVID MORENO ARANGO, identificado con cédula de ciudadanía número 75.076.197 de Manizales, en conjunto con mi hermano JULIAN ALBERTO MORENO ARANGO, identificado con cédula de ciudadanía número 75.084.785 de Manizales, informamos que en calidad de investigadores y con la financiación de COLCIENCIAS, hemos diseñado y fabricado el Exoesqueleto Prototipo EMMRA-1, que consiste en un Exoesqueleto de Mano y Muñeca con Aplicaciones de Rehabilitación y Asistencia, para los pacientes con Lesiones Medulares Cervicales Traumáticas, los cuales presentan secuelas neurológicas que les ocasionan severas discapacidades motrices en mano y muñeca.

Según el Artículo 26 del Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, el numeral K) de ser el caso, la copia del documento en el que conste la cesión del derecho a la patente del inventor al solicitante o a su causante.

Informamos igualmente que nosotros como investigadores, diseñadores y fabricantes del prototipo, hemos decidido ser los mismos solicitantes, para dicha solicitud acordamos que JUAN DAVID MORENO ARANGO como investigador principal, será el solicitante ante la SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO.

Agradecemos la atención prestada.


JUAN DAVID MORENO ARANGO
CC: 75.076.197 de Manizales
Investigador Principal


JULIAN ALBERTO MORENO ARANGO
CC: 75.084.785 de Manizales
Coinvestigador

1. TITULO: EXOESQUELETO DE MANO Y MUÑECA CON APLICACIONES DE REHABILITACIÓN Y ASISTENCIA (PROTOTIPO EMMRA – 1)

2. DESCRIPCIÓN DEL INVENTO:

2.1 Objeto de la invención: Sector tecnológico al que se refiere o al cual se aplica la invención:

La presente invención se refiere a un exoesqueleto mecatrónico para la rehabilitación pasiva de la mano y la asistencia durante la manipulación de objetos, su diseño es exclusivo para pacientes con discapacidad motriz de la mano, a causa de lesiones medulares cervicales traumáticas con secuelas neurológicas que ocasionan imposibilidad de mover las manos. Hace parte de la innovación para el desarrollo tecnológico en el área de la salud, el diseño del Prototipo EMMRA-1 es propio, se diferencia de los exoesqueletos de mano y muñeca existentes en cuando a la interface órtesis piel y la estructura del exoesqueleto mecánico, las cuales permiten al exoesqueleto prototipo ser utilizado en el ambiente doméstico, y no requerir de la presencia de los terapeutas para su funcionamiento, ya que es operado por el paciente a través de comandos de voz.

2.2 Estado de la técnica: La tecnología anterior conocida por el solicitante que fuese útil para la comprensión y el examen de la invención y las referencias a los documentos y publicaciones anteriores relativas a dicha tecnología

El propio solicitante es titular de la invención con radicado de registro de patente número 15-278320, consiste en un exoesqueleto mecatrónico de mano y muñeca para los pacientes con discapacidad motriz de la mano, el dispositivo biomédico cumple dos propósitos importantes: En primer lugar, tiene una aplicación para la rehabilitación pasiva de la mano, ya que permite abrir y cerrar los dedos. En segundo lugar, tiene una aplicación de asistencia en la manipulación de objetos, ya que permite agarrar y soltar objetos a voluntad del paciente, para las actividades básicas como alimentarse, escribir, dibujar, saludar, jugar, etc.

Los exoesqueletos de miembros superiores utilizados para la rehabilitación de las limitaciones funcionales de la mano, se encuentran en el grupo de "wereable robots" y son llamados Robots Prostéticos. La revisión bibliográfica del estado del arte relacionado con este tipo de tecnología biomédica, determina diferencias fundamentales entre los dispositivos existentes y nuestro Prototipo EMMRA-1.

Desde los años 80 muchos investigadores han estado tratando de desarrollar manos robóticas destinadas a replicar las funciones de la mano humana. En la práctica, los exoesqueleto aplican fuerzas externas a los dedos de la mano, con el fin de obligarlos a realizar una trayectoria determinada o para mejorar la fuerza que el dedo normalmente podría aplicar, de acuerdo a la totalidad de movimiento

articular se definen los Grados de Libertad (GDL) propios de cada exoesqueleto. A continuación, describimos la tecnología existente en exoesqueletos de mano, resaltando las diferencias con respecto al Prototipo EMMRA-1.

I. El Rutgers Master II:

- Características: Es un exoesqueleto con aplicaciones hápticas, permite 4 GDL (1 GDL para cada dedo del I al IV), utiliza cables y actuadores neumáticos, es programado por software, tiene sensores de posición.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, tiene menos de 7 GDL, no posee aplicaciones de rehabilitación específicas, no posee aplicaciones de asistencia, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: M. Bouzit, G. Burdea, G. Popescu and R. Boian. "The Rutgers Master II?New Design Force-Feedback Glove", IEEE/ASME Transactions On Mechatronics. 2002.

II. Robotics Center-Ecole des Mines de Paris Hand:

- Características: Es un exoesqueleto con aplicaciones hápticas; permite 6 GDL (pulgar 3 GDL e índice 3 GDL), utiliza poleas, palancas y 3 actuadores tipo motores de corriente continua, es programado por software, tiene sensores de Posición.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, tiene menos de 7 GDL, no posee aplicaciones de rehabilitación específicas, no posee aplicaciones de asistencia, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: P. Stergiopoulos, P. Fuchs and C. Lurgeau. "Design of a 2-Finger Hand Exoskeleton for VR Grasping Simulation", Proceedings of EuroHaptics 2003. Dublin (Ireland).

III. Exoesqueleto de Miembro Superior:

- Características: Plataforma dinámica para estudiar los movimientos de la mano en 3D, midiendo la posición y el torque de cada articulación a una tasa de muestreo de 960Hz, además calculando la velocidad y aceleración a partir de la posición, tiene 7 GDL (flexión y extensión dedos de mano), utiliza ejes y 5 actuadores tipo servomotores de alta potencia y gran tamaño para varias articulaciones, programado por software, tiene sensores de Posición.

- Diferencias: Estructura mecánica diferente, no posee aplicaciones de rehabilitación específicas, no posee aplicaciones de asistencia, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: Michael Mistry, Peyman Mohajerian, y Stefan Schaal. Arm Movement Experiments with joint space force fields using an exoskeleton robot. IEEE 9th ICORR. June 2005, Chicago, IL(USA).

IV. Milan University Hand:

- Características: Dispositivo de experimentación para la rehabilitación de la mano y muñeca, posee 2 GDL (1 GDL para los dedos y 1 GDL para muñeca), utiliza cables de tracción y dos actuadores tipo servomotores de alta potencia y gran tamaño, es programado por software, tiene sensores de posición y fuerza.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, tiene menos de 7 GDL, posee aplicaciones de rehabilitación limitadas, no posee aplicaciones de asistencia, el entorno de trabajo es institucional y experimental, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: M. Mulas, M. Folgheraiter and G. Gini. "An EMG-controlled Exoskeleton for Hand Rehabilitation", IEEE 9th ICORR, June 28 - July 1, 2005, Chicago, IL(USA).

V. HWARD:

- Características: Dispositivo para la rehabilitación de mano y muñeca, posee 3 GDL (2 GDL para los dedos y 1 GDL para muñeca), utiliza palancas y actuadores neumáticos, es programado por software, tiene sensores de posición y fuerza.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, tiene menos de 7 GDL, posee aplicaciones de rehabilitación limitadas, no posee aplicaciones de asistencia, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: Takahashi, L. Der-Yeghiaian, V.H. Le, S.C. Cramer. "A Robotic Device for Hand Motor Therapy After Stroke", IEEE 9th ICORR, June 28 - July 1, 2005, Chicago, IL (USA).

VI. Gifu University Hand:

- Características: Dispositivo para la rehabilitación de mano y muñeca, posee 19 GDL (pulgar 4 GDL, muñeca y demás dedos 3 GDL), conformado por una estructura metálica de gran tamaño, con articulaciones mecánicas múltiples, actuadores tipo servomotores para cada articulación, programado por software, utiliza un guante de datos en la mano contraria, tiene sensores de posición y fuerza.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, posee aplicaciones de rehabilitación para pacientes con alteraciones en una sola mano, no posee aplicaciones de asistencia, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: H. Kawasaki, et al. "Development of a Hand Motion Assist Robot for Rehabilitation Therapy by Patient Self-Motion Control", IEEE 10th ICORR, June 12-15, 2007, Noordwijk, The Netherlands.

VII. Gentle/G Hand:

- Características: Dispositivo para la rehabilitación de mano y muñeca, posee 6 GDL (muñeca 3 GDL, pulgar 1 GDL y otros dedos 2 GDL), utiliza piñones, cadenas y actuadores tipo motores de corriente continua, es programado por software, sensores de posición y fuerza.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, tiene menos de 7 GDL, no posee aplicaciones de asistencia, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: Rui C.C, et al. "Reach & Grasp Therapy: Design and Control of a 9 DOF Robotic Neuro-rehabilitation System", IEEE 10th ICORR, June 12.15, 2007, Noordwijk, The Netherlands.

VIII. Berlin University Hand

- Características: Dispositivo para la rehabilitación de la mano, posee 20 GDL, (flexión y extensión de todos los dedos de la mano), utiliza poleas, cables de tensión y actuadores tipo motores de corriente continua, tiene un guante de neopreno para protección de la piel y es controlado por señal de electromiografía en el antebrazo, tiene sensores de posición, codificadores ópticos y sensores de fuerza.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, no posee aplicaciones de

asistenci, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.

- Publicación: A. Wege and G. Hommel. "Development and Control of a Hand Exoskeleton for Rehabilitation of Hand Injuries", IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. December 2007, Sanya, China.

IX. University of Tsukuba Hand:

- Características: Dispositivo para la rehabilitación de la mano, posee 8 GDL (pulgar 2 GDL, índice 3 GDL, y anular 3 GDL), utiliza ejes articulares, palancas y actuadores tipo servomotores, es programado por software, tiene sensores de posición.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, no posee aplicaciones de asistencia, los servomotores son pequeños y no brindan la fuerza suficiente para manipular objetos, el entorno de trabajo es institucional, operador dependiente.
- Publicación: Y. Hasegawa, et al. "Five-Fingered Assistive Hand with Mechanical Compliance of Human Finger", IEEE ICRA, May 19-23, 2008, Pasadena, CA (USA).

X. PERCRO Hand I:

- Características: Aplicación: Dispositivo háptico, posee 6 GDL (pulgar 3 GDL e índice 3 GDL), utiliza piñones, palancas y actuadores tipo motores de corriente continua, es programado por software, tiene sensores de posición.
- Diferencias: Estructura mecánica diferente, tiene menos de 7 GDL, no posee aplicaciones de rehabilitación, no posee aplicaciones de asistencia, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- Publicación: M. Fontana, et al. "Mechanical design of a novel Hand Exoskeleton for accurate force displaying", IEEE ICRA, May 12-17, 2009, Kobe, Japan.

XI. Tokyo Institute and Technology Hand:

- Características: Dispositivo de asistencia para mejorar la fuerza, posee 10 GDL (2 GDL para cada dedo), utiliza ejes y motores tipo actuadores neumáticos, es controlado por señal electromiográfica, tiene sensores de

posición y fuerza.

- **Diferencias:** Estructura mecánica diferente, no tiene aplicaciones de rehabilitación definida pero puede desarrollarla, el entorno de trabajo es institucional, operador técnico dependiente, los actuadores ocupan mucho espacio, y sus componentes aumentan los costos del dispositivo.
- **Publicación:** K. Tadano, et al. " Development of grip amplified glove using bi-articular mechanism with pneumatic artificial rubber muscle", IEEE ICRA, May 3 - 8, 2010, Anchorage, Alaska, USA.

2.3 Descripción de la Invención: Incluye una descripción de la invención en términos que permitan la comprensión del problema técnico y de la solución aportada por la invención, exponiendo las diferencias y eventuales ventajas con respecto a la tecnología anterior.

2.3.1 Descripción:

El exoesqueleto que la invención propone ha sido diseñado específicamente para permitir la rehabilitación pasiva de la mano y la asistencia a los pacientes en la manipulación de objetos, se compone de tres interfaces: La primera **Interface órtesis-piel** consiste de un guante de cuero y neopreno, diseñado exclusivamente para dar protección a la piel y ajustar el exoesqueleto a la mano del paciente. La segunda **Interface órtesis pasiva** está fabricada con eslabones en acrílico 3mm y ejes articulares en duraluminio, las cuales dan soporte a los servomotores. La tercera **Interface órtesis activa** involucra los actuadores (servomotores) con la mecánica articular, para permitir el movimiento de los dedos de la mano.

Para el funcionamiento del dispositivo se tienen tres componentes: El primero es la **Sensórica** que cuenta con sensores de fuerza resistivos ubicados en las zonas de contacto de los dedos, permiten controlar la fuerza de agarre durante la manipulación de objetos, además, cuenta con sensores de electromiografía para el sistema de control. El segundo es el **Módulo de Control**, cuenta con un módulo de reconocimiento de voz, para que el usuario opere el dispositivo a través de comandos de voz, también puede ayudarse con el registro de los sensores de electromiografía para el control del dispositivo. El tercero es la **Fuente de Alimentación**, cuenta con Switching Power Supply, las cuales son fuentes de energía exclusivas para uso médico, certificadas con estándares internacionales de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

2.3.2 Problema técnico:

La discapacidad es una problemática de salud pública mundial, una de las entidades más discapacitantes es la lesión medular traumática, sus principales causas son los accidentes de vehículos, la violencia y caídas en deportes

extremos, afectando a la población más joven y haciendo el costo económico del tratamiento, rehabilitación y pérdida de años de vida productiva muy elevado. Aunque los avances de la medicina y la tecnología han mejorado la sobrevida y la expectativa de vida de los pacientes, se necesita impactar en su calidad de vida superando la discapacidad funcional y trascendiendo a verdaderos procesos de inclusión social.

Los exoesqueletos y prótesis robóticas son la esperanza para superar las discapacidades motrices, sin embargo los modelos actuales están en fase experimental y presentan limitaciones técnicas importantes que deben resolverse, para permitir a los pacientes mayor funcionalidad en las actividades básicas de su vida diaria y la posibilidad de seguir participando efectivamente en su entorno familiar y social.

2.3.3 Solución Planteada:

Específicamente, la innovación tecnológica en salud que plantea el dispositivo biomédico prototipo es la creación de una estructura mecánica para permitir la rehabilitación de la mano y la asistencia en la manipulación de objetos en el ambiente doméstico, la innovación está centrada en:

- **Interface Órtesis – Piel:** El diseño del guante de cuero y neopreno es exclusivo para el prototipo EMMRA-1, está elaborado por un área de neopreno en la cara dorsal de la mano, sobre el cual se fijan las piezas de acrílico que soportan los servomotores, protegiendo a la piel del calor generado por estos. Además, el área de cuero en la cara ventral de la mano y alrededor de los dedos, evita limitar los arcos de movimiento articular y permite proteger los sensores de fuerza resistivos en las superficies de contacto con objetos.

El guante es fabricado de materiales utilizados en la industria textil y ortopédica, tales como cuero, neopreno, velcro e hilo nylon, cubre el tercio distal del antebrazo, la muñeca, el dorso y la palma de la mano, las superficies no articuladas de las falanges proximal y distal en cada dedo. Contiene sensores de fuerza resistivos en las superficies de contacto de la cara ventral de las falanges proximal y distal del I dedo, de las falanges proximal y media del II dedo y de la falange media del IV dedo.

El guante es fácilmente aplicable al paciente discapacitado, se abre totalmente para ubicar la mano del paciente sobre él y luego se cierra ajustando con las correas de velcro todas las uniones en la muñeca, la palma de la mano y los dedos.

- **Interface Órtesis Pasiva:** El diseño de los eslabones en acrílico interconectados por ejes en duraluminio tipo remache, es un diseño exclusivo para el prototipo EMMRA-1, está elaborada con piezas de acrílico 3mm con un diseño único, para conformar el soporte mecánico de los servomotores, estas piezas son eslabones que se unen en las superficies paralelas a las articulaciones de los dedos, mediante ejes tipo remaches en duraluminio, imitando los arcos de movimiento articular en los dedos.

Cada pieza en acrílico tiene un diseño diferente para acoplarse a las superficies anatómicas de la mano y sirven como base que contienen los servomotores, se fijan al guante para con hilo nylon para evitar el movimiento de la pieza durante la actuación de los servos, a continuación describiremos la funcionalidad de cada una de las piezas:

- La **pieza metálica 1** es una estructura metálica de acero inoxidable en forma de C, que se ubica en la cara interna de la muñeca, es el soporte para el exoesqueleto de la muñeca. En ella se fija la **pieza1** de acrílico.
- La **pieza1 de acrílico** ubicada en la cara interna de la muñeca, está sostenida por la pieza metálica 1, contiene el **servomotor1** cuya palanca se articula con la **pieza2** de acrílico permitiendo el giro del I dedo hacia adentro y fuera de la mano.
- La **pieza2 de acrílico** ubicada en la cara dorsal del I metacarpiano, está fijada con hilo nylon al componente de cuero del guante, contiene el **servomotor2** y se articula además en su extremo distal con la **pieza3** paralelamente a la articulación metacarpofalángica del I dedo.
- La **pieza3 de acrílico** ubicada en la cara dorsal de la falange proximal del I dedo, está fijada con hilo nylon al componente de cuero del guante, contiene el **servomotor3** y se articula también en su extremo distal con la **pieza4** a nivel de la articulación interfalángica del I dedo. Además, se articula con la palanca del segundo servomotor, para permitir el movimiento de la falange proximal del I dedo.
- La **pieza4 de acrílico** ubicada en la cara dorsal de la falange distal del I dedo, está fijada con hilo nylon al componente de cuero del guante, se articula en su extremo proximal con la palanca del tercer servomotor para permitir el movimiento de la falange distal del I dedo.

- La **pieza5 de acrílico** ubicada en la cara dorsal del II y III metatarsianos, está fijada con hilo nylon a la superficie de neopreno del guante, contiene el **servomotor4**, se articula en su extremo distal con la pieza6 a nivel de la articulación metacarpofalángica del II dedo.
- La **pieza6 de acrílico** ubicada en la cara dorsal de las falanges proximales del II y III dedos, está fijada con hilo nylon al componente de cuero del guante, contiene el **servomotor5**, se articula en su extremo distal con la pieza7 a nivel de la articulación interfalángica proximal del II dedo, y se articula en su extremo proximal con la palanca del cuarto servomotor para permitir el movimiento de las falanges proximales del II y III dedos.
- La **pieza7 de acrílico** ubicada en la cara dorsal de las falanges mediales del II y III dedos, está fijada con hilo nylon al componente de cuero del guante, se articula también en su cara dorsal con la pieza8.
- La **pieza8 de acrílico** está articulada a la palanca del quinto servomotor y a la séptima pieza, para permitir el movimiento de las falanges media del II y III dedos.
- La **pieza9 de acrílico** ubicada en la cara dorsal del IV y V metatarsianos, está fijada con hilo nylon a la superficie de neopreno del guante, contiene el **servomotor6**, se articula en su extremo distal con la pieza10 a nivel de la articulación metacarpofalángica del V dedo.
- La **pieza10 de acrílico** ubicada en la cara dorsal de las falanges proximales del IV y V dedos, está fijada con hilo nylon al componente de cuero del guante, contiene el **servomotor7**, se articula en su extremo distal con la pieza11 a nivel de la articulación interfalángica proximal del V dedo, y se articula en su extremo proximal con la palanca del sexto servomotor para permitir el movimiento de las falanges proximales del IV y V dedos.
- La **pieza11 de acrílico** ubicada en la cara dorsal de las falanges mediales del IV y V dedos, está fijada con hilo nylon al componente de cuero del guante, se articula también en su cara dorsal con la pieza12.
- La **pieza12 de acrílico** está articulada a la palanca del séptimo servomotor y a la onceava pieza, para permitir el movimiento de las falanges media del II y III dedos.
- La **pieza13 de acrílico** ubicada en la cara dorsal de la muñeca, articulada en su extremo inferior con la pieza14.

- La **pieza14 de acrílico** ubicada en la cara externa de la muñeca, está sostenida por una estructura metálica de acero inoxidable en la base, contiene el **servomotor8** cuya palanca se articula con la pieza13 de acrílico ayudando al movimiento de la muñeca.
 - La **pieza metálica 2** es una estructura metálica de acero inoxidable en forma de C, que se ubica en la cara externa de la muñeca, es el soporte para el exoesqueleto de la muñeca. En ella se fija la pieza14 de acrílico.
 - Los **ejes articulares** son remaches doble cabeza de aluminio, cuya longitud es de 15 mm. Unen los puntos articulares de forma fuerte y segura.
- **Interface Órtesis Activa:** El diseño de la mecánica articular del Prototipo EMMRA – 1 es exclusivo para reproducir el movimiento de los dedos con la actuación de los servomotores, El diseño propone una medida de seguridad, ya que las piezas de acrílico se rompen cuando el servomotor supera el ángulo de flexión o extensión anatómico de los dedos, evitando la luxación de los dedos por sobretensiones. El dispositivo permite 7GDL para la mano, contiene ocho (8) servomotores que permiten cerrar y abrir la mano para agarrar y soltar objetos respectivamente, garantiza el movimiento completo del I dedo para la prensión de objetos, y cuenta con sensores de fuerza para garantizar el agarre fuerte o suave de acuerdo a las necesidades del paciente.

El conjunto entre piezas de acrílico, ejes articulares y servomotores, se encuentran acoplados al guante de cuero y neopreno, para conformar una innovación tecnológica aplicable a la salud, en los procesos de rehabilitación y asistencia de pacientes.

Los componentes electrónicos como sensores de fuerza resistivos (SFR), sensores de electromiografía (Sensor Señal Muscular) y actuadores eléctricos (Servomotores), se encuentran implementados en algunos exoesqueletos de la tecnología existente, aunque de diferente forma y estructura a los presentados en el exoesqueleto Prototipo EMMRA-1.

El control del exoesqueleto está dado por un módulo de reconocimiento de voz (EasyVR Shield 3.0) acoplado a una tarjeta de control electrónica (Arduino Mega 2560), que permite el control de los servomotores a través de comandos de voz o mediante señal electromiográfica.

Las fuentes de alimentación certificadas para uso médico (Switching Power Supply MPT-200^a), toman la energía de la red pública y la regulan para entregar a las salidas voltajes de 5, -5, y 12 voltios, necesarios para proporcionar la energía

eléctrica a todos los componentes electrónicos (módulos de control electrónico, servomotores, sensores, ventiladores, amplificadores, etc.).

El módulo de control electrónico del dispositivo y la fuente de alimentación regulada se encuentran ubicados en las caras laterales de una silla giratoria, adaptada con espuma antiescara y tela prana lisa, para evitar que el paciente se esfiece la piel durante el tiempo que permanece allí sentado utilizando el exoesqueleto.

El módulo de reconocimiento de voz requiere los software libre EasyVR Commander, Quick Synthesis5 y Audacity, para generar los sonidos que interactúan con el usuario, para almacenar las voces de los usuarios, para grabar las voces y sonidos.

El módulo de control electrónico requiere el software EasyVR commander para generar el código fuente de programación del módulo de reconocimiento de voz, y requiere el software arduino para generar todo el código de programación que controla el exoesqueleto para los programas de asistencia, rehabilitación pasiva y rehabilitación activa.

2.3.4 Ventaja Técnica que aporta la invención:

Las principales ventajas que ofrece el exoesqueleto Prototipo EMMRA-1 frente a los diseños existentes en fase de experimentación son:

- Es una innovación tecnológica, puesto que no existe hasta el momento un exoesqueleto mecatrónico de mano y muñeca, que pueda realizar funciones de rehabilitación y asistencia, controlado por la voz, con 7 GDL, y con aplicaciones para uso doméstico.
- La estructura mecánica del exoesqueleto es un diseño exclusivo y único, ya que hasta el momento no se han creado exoesqueletos de mano y muñeca con estas características.
- El guante de cuero y neopreno está diseñado exclusivamente para proteger la piel del paciente sin restringir los arcos de movimiento articular, es fácilmente puesto al paciente por los familiares previo a un simple entrenamiento.
- Las piezas de acrílico están diseñadas para dar soporte a los servomotores, de tal forma que si se sobrepasan los límites anatómicos articulares durante la flexión o extensión de los dedos, estas piezas se rompen, para evitar luxaciones de los dedos.
- Las articulaciones mecánicas paralelas a las articulaciones de los dedos, permiten un movimiento angular, brindando funcionalidad y armonía durante el abrir y cerrar de los dedos de las manos.

- El dispositivo es de bajo peso, frente a los exoesqueletos existentes, utiliza servomotores pequeños de alta potencia, es controlado por módulo de voz a voluntad del paciente.
- El dispositivo es sencillo, práctico y seguro para su uso doméstico, no requiere la presencia de terapeutas para los procesos de rehabilitación o asistencia, lo cual mejora significativamente los tiempos de terapias como complemento de un plan casero de fisioterapia.

2.4 Descripción de los dibujos: Menciona una reseña sobre los dibujos (si es el caso) utilizando el sistema internacional de unidades SI.

A continuación, realizaremos una descripción gráfica utilizando el sistema internacional SI del exoesqueleto mecatrónico, todas las gráficas están orientadas a acoplar el exoesqueleto a la mano derecha, para la mano izquierda, es suficiente con invertir la orientación de cada pieza o figura:

2.4.1 Interface Órtesis - Piel: Consiste en un guante de cuero y neopreno con diseño exclusivo para los pacientes con discapacidad funcional de mano:

La *figura 1* muestra la silueta de la mano derecha cara dorsal (1), sobre la cual se diseña y fabrica el guante de cuero y neopreno.

La figura 2 muestra la silueta de la mano derecha cara palmar, sobre la cual se trazan las líneas antropométricas: LM: línea media (5), LTM: línea transversal de la muñeca (8), LMF: línea metacarpofalángica (7), LPD2: línea de proyección del segundo dedo (4), LPD5: línea de proyección del quinto dedo (6), LTIF: línea transversal interfalángicas proximales (2) y distales (3).

La figura 3 muestra la **pieza1 del guante** (9) en la cara dorsal de la silueta de la mano derecha (1).

La figura 4 muestra la **pieza2 del guante** (10) en la cara palmar de la silueta de la mano derecha (1).

La figura 5 muestra la **pieza3 del guante** (11) en la cara dorsal de la silueta de la mano derecha (1).

La figura 6 muestra la **pieza4 del guante** (12) en la cara dorsal de la silueta de la mano derecha (1).

La figura 7 muestra la **pieza5 del guante** (13) en la cara dorsal de la silueta de la mano derecha (1).

La figura 8 muestra la **pieza6 del guante** (14) en la cara palmar de la silueta de la mano derecha (1).

La figura 9 muestra la cara dorsal de la silueta de la mano derecha con la forma del guante de cuero y neopreno, también muestra la costura entre las piezas en hilo nylon con doble línea (15), la **pieza1 del guante** (9) cosida a la **pieza3 del guante** (11) y **pieza4 del guante** (12), la **pieza5 del guante** (13) y la **pieza6 del guante** (14) cosidas a la **pieza3 del guante** (11) y la **pieza4 del guante** (12) respectivamente. Además, la **pieza7 del guante** (16) cubriendo la falange proximal del I dedo, la **pieza8 del guante** (17) cubriendo la falange proximal del II dedo, la **pieza9 del guante** (18) cubriendo la falange proximal del III dedo, la **pieza10 del guante** (19) cubriendo la falange proximal del IV dedo, la **pieza11 del guante** (20) cubriendo la falange proximal del V dedo, la **pieza12 del guante** (21) cubriendo la falange medial del I dedo, la **pieza13 del guante** (22) cubriendo la falange medial del II dedo, la **pieza14 del guante** (23) cubriendo la falange medial del III dedo, la **pieza15 del guante** (24) cubriendo la falange medial del IV dedo, la **pieza16 del guante** (25) cubriendo la falange medial del V dedo.

La figura 10 muestra la cara palmar de la silueta de la mano derecha con la forma del guante de cuero y neopreno. La **pieza2 del guante** (10) está cosida con hilo nylon a las correas de cuero (31) y (32) para ajustarse a la **pieza4 del guante** (12), la **pieza 5 del guante** (13) ajustada a la **pieza6 del guante** (14), el **sensor de fuerza resistivo SFR1** (26) ubicado en la superficie de contacto de la falange proximal del I dedo, el **sensor de fuerza resistivo SFR2** (27) ubicado en la superficie de contacto de la falange distal del I dedo, el **sensor de fuerza resistivo SFR3** (28) ubicado en la superficie de contacto de la falange proximal del II dedo, el **sensor de fuerza resistivo SFR4** (29) ubicado en la superficie de contacto de la falange medial del II dedo, y el **sensor de fuerza resistivo SFR5** (30) ubicado en la superficie de contacto de la falange medial del IV dedo.

Como se observa en la figura 9, el guante de cuero y neopreno está conformado por la **pieza1 del guante** (tela neopreno) en forma trapezoidal (9), que está ubicada en el dorso de la mano para servir de soporte a las piezas de acrílico que contienen los servomotores. Igualmente la **pieza5 del guante** (13) y la **pieza6 del guante** (14) (tela neopreno) en forma rectangular, están ubicadas en la muñeca, para cubrir las piezas metálicas que dan soporte al exoesqueleto en la muñeca. Igualmente observamos desde la **pieza7 del guante** (16) hasta la **pieza16 del guante** (25) elaboradas de tela neopreno, corresponden a piezas rectangulares que cubren toda la circunferencia de las falanges proximales y mediales desde el I al V dedos.

Como se observa en la figura 10, el guante de cuero y neopreno está conformado por la **pieza2 del guante** (10) elaborada de tela cuero para cubrir la superficie tenar de la mano, está ajustada mediante las correas de cuero y velcro (32) y (31) a la **pieza4 del guante** (12) elaborada en tela cuero para cubrir la superficie hipotenar de la mano, los **SFR1** (26) y **SFR2** (27) ubicados en la superficie de contacto del I

dedo, los SFR3 (28) y SFR4 (29) ubicados en la superficie de contacto del II dedo, el SFR5 (30) ubicado en la superficie de contacto del IV dedo.

NOTA: Para que el guante se pueda abrir y cerrar fácilmente, permitiendo ser fácilmente colocado y retirado en un paciente discapacitado, es necesario colocar tela velcro en las superficies de contacto entre las piezas así:

- En la muñeca: En los extremos de la pieza5 del guante (13) y pieza6 del guante (14).
- En la Palma de la mano: En los extremos de las correas de cuero (31) y (32) y en la superficie de la pieza4 del guante (12) que se ajustará a las correas de cuero.
- En los extremos de los protectores de los dedos de las manos, tanto para las falanges proximales como distales.

NOTA: Para el caso del guante de cuero y neopreno, no se presentan dimensiones según el Sistema Internacional, ya que las medidas varían de paciente a paciente, por tal motivo, posterior a la descripción de las gráficas, se explicará como fabricar el guante para cada paciente.

2.4.2 Interface Órtesis Pasiva: Consiste en exoesqueleto mecánico ubicado alrededor de la muñeca y en la cara dorsal de la mano. Esta estructura contiene piezas en acrílico para el soporte de los servomotores, que se articulan en áreas paralelas a las articulaciones de los dedos de la mano, para imitar el movimiento de los dedos de las manos.

La figura 11 muestra la **pieza metálica 1** (37) en forma de "C", corresponde a una estructura de acero inoxidable calibre 15, de 2 cm de ancho, y de longitud variable de acuerdo a la forma anatómica de cada mano, ya que la altura de la parte central (33) corresponde al grosor de la muñeca a nivel del tercio distal del antebrazo del paciente + 1 cm, y la longitud de sus partes laterales (35) y (36) son iguales y corresponden a la mitad de la medición transversal justo a nivel de la articulación de la muñeca. Las partes laterales se doblan en los vértices (34) con un radio de 10mm. Esta pieza está cubierta por tela cuero textil para proteger la piel del paciente, y se une a la pieza1 de acrílico con hilo nylon como se muestra en la figura 30.

La figura 12 muestra la **pieza1 de acrílico** en forma rectangular (38), corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, con dimensiones laterales de 35 x 40 mm, todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (40) de 5 mm de radio, además un orificio central (39) de 3mm para articularla a la pieza2 de acrílico (41) con un eje tipo remache como se muestra en la figura 31.

La figura 13 muestra la **pieza2 de acrílico** (41) en forma de "C", corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, con una parte superior rectangular horizontal (42) de 40x30 mm, con una parte media rectangular vertical (46) de 40x25 mm, y una parte inferior rectangular horizontal (45) de 40x40 mm, en cuyo centro hay un orificio rectangular (44) de 3x12 mm, todas las esquinas de la pieza tienen una redondez (43) de 5 mm de radio. La pieza2 se une con la pieza1 a través de un eje tipo remache (173) como se muestra en la figura 31, la pieza1 de acrílico contiene en su interior el servomotor1 (174) como se muestra en la figura 32

La figura 14 muestra la **pieza3 de acrílico** (47) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, cuya base rectangular horizontal (51), con dimensiones de 60x30 mm. La parte lateral rectangular vertical (56), con dimensiones de 45x30 mm, está inclinada a 70°, contiene un orificio central (57) de 10 mm de diámetro, donde se articula con el eje del servomotor1 (174), contiene también un orificio periférico (58) de 3 mm donde se fija la palanca (175) del servomotor1 a la pieza 3 de acrílico (47), como se muestra en la figura 33. La parte lateral rectangular vertical (49), con dimensiones de 20x30 mm, continua con la parte superior rectangular horizontal (48), con dimensiones de 15x30 mm. La base rectangular se prolonga con una extensión redondeada de 10 x 15 mm (50) donde se fija con hilo nylon al guante que protege la mano del paciente. La parte lateral rectangular vertical (55), con dimensiones de 60x15mm, tiene un agujero de 4 mm (53) donde se articula con la pieza4 de acrílico con un eje tipo remache (178) tal como se muestra en la figura 34, y tiene unos agujeros de 1 mm (54) para fijarla al guante que protege la mano del paciente, todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (52) de 5 mm de radio. La pieza3 de acrílico (47) contiene al servomotor 2 (176) tal como se muestra en la figura 34.

La figura 15 muestra la **pieza4 de acrílico** (54) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, cuya base trapezoidal horizontal (57), con dimensiones de 35 mm de altura, base mayor de 25 mm y base menor de 20 mm, se fija con hilo nylon al guante que protege al paciente. La parte lateral trapezoidal vertical (56), con dimensiones de 25 mm de altura, base mayor de 40 mm y base menor de 25 mm; continúa con la parte lateral rectangular horizontal (55), con dimensiones 40x15 mm. La base trapezoidal horizontal se continua en su base menor con una inclinación redondeada (58) de 7 mm de radio, para continuar con la parte rectangular vertical (59) con dimensiones de 15x75 mm, tiene un orificio de 4 mm (61) para articularse con la pieza5 de acrílico mediante un eje tipo remache (182) como se muestra en la figura 35, tiene unos agujeros (62) de 1 mm para fijarse con hilo nylon al guante que protege la mano, tiene un agujero de 4 mm (63) para articularse con la pieza3 de acrílico mediante un eje tipo remache (178) como se muestra en la figura 34, tiene un agujero rectangular (64) con dimensiones 15x3,5 mm, para articularse con la palanca del servomotor 2 (176) como se muestra en la figura 34, todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (60) de 5 mm de radio. La pieza4 de acrílico contiene al servomotor 3 (180) como se muestra en la figura 35.

NOTA: Las dimensiones de la **pieza4 de acrílico** entre el orificio (61) y el orificio (63) varían de paciente a paciente, ya que corresponde a la medida que existe entre el punto medio de la articulación metacarpofalángica del I dedo hasta el punto medio de la articulación interfalángica del I dedo.

La figura 16 muestra la **pieza5 de acrílico** (65) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, cuya base rectangular horizontal (67) con dimensiones de 30x15 mm, tiene los orificios de 1 mm (66) para fijarse con hilo nylon al guante que protege la mano. La base continúa con una inclinación (73) de 7 mm de radio, hasta la parte lateral vertical (69) en forma de "v", con una altura de 15 mm y una base de 25 mm, esta parte lateral se prolonga con una inclinación de 30° (70), con una altura de 15 mm y una base de 30 mm, esta parte contiene un agujero de 4 mm (71) para articularse con la **pieza4 de acrílico** (54), mediante un eje tipo remache (182) tal como se muestra en la figura 35, y un agujero rectangular (72) de 15x3 mm, para articularse con la palanca (181) del servomotor3 como se muestra en la figura 35. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (68) de 5 mm de radio.

La figura 17 muestra la **pieza6 de acrílico** (74) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, cuya base rectangular horizontal (80) con dimensiones de 40x35 mm, tiene agujeros (76) de 1 mm de diámetro, para fijar la pieza con hilo nylon al guante que protege la mano. La parte lateral rectangular vertical (81) con una altura de 25 mm y base de 40 mm, continúa con la parte rectangular horizontal (82) con dimensiones de 40x20 mm. La base continúa en el lado contralateral, con una parte irregular vertical (79), con una altura máxima de 25 mm, contiene un agujero de 4 mm de diámetro (77) para articularse con la **pieza7 de acrílico** (83), mediante un eje tipo remache (186) como se muestra en la figura 36, y contiene agujeros de 1 mm de diámetro (78) para fijarse con hilo nylon al guante que protege la mano del paciente, esta pieza tiene un lado oblicuo de 15 mm que continúa con un lado horizontal de 10 mm, que continúa con un lado oblicuo de 5 mm y finalmente con un lado horizontal de 15 mm. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (75) de 5 mm de radio. La **pieza6 de acrílico** contiene el servomotor 4 (184) tal como se muestra en la figura 36.

La figura 18 muestra la **pieza7 de acrílico** (83) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, cuya base rectangular horizontal (95) con dimensiones 35x25 mm, tiene agujeros de 1 mm (87) para fijar la pieza con hilo nylon al guante que protege la mano. La parte lateral rectangular vertical (86) con una altura de 20 mm, y base de 25 mm, continúa con la parte horizontal superior (85) conformada por un área rectangular interna de 15 x 25 mm y un área rectangular externa de 15 x 40 mm. La base continúa con una inclinación redondeada (88) de 7 mm de radio, hasta la parte lateral vertical (94) en forma de "v", con una altura de 15 mm y una base de 25 mm, esta parte lateral se prolonga con una inclinación de 30° (92), con una altura de 15 mm y una base de 30 mm. Esta parte contiene un agujero de 4 mm (89) para articularse con la **pieza8 de acrílico** (96), mediante un eje tipo remache (190) tal como se muestra en la figura

37, tiene unos agujeros (90) de 1 mm de diámetro para fijarse al guante de cuero que protege la mano, tiene un agujero de 4 mm (91), para articularse con la pieza6 de acrílico (74) mediante con un eje tipo remache (186) tal como se muestra en la figura 36, y un agujero rectangular (93) de 15x3 mm para articularse con la palanca del servomotor4 (184) tal como se muestra en la figura 36. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (84) de 5 mm de radio.

NOTA: Las dimensiones de la pieza7 de acrílico entre el orificio (91) y el orificio (89) varían de paciente a paciente, ya que corresponde a la medida que existe entre el punto medio de la articulación metacarpofalángica del II dedo hasta el punto medio de la articulación interfalángica proximal del II dedo.

La figura 19 muestra la **pieza8 de acrílico** (96) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, cuya base rectangular horizontal de bordes circulares (97) con una base de 45 mm y altura de 15 mm, contiene los orificios (98) de 1 mm de diámetro para fijarse con hilo nylon al guante que protege la mano, y contiene un orificio central de 4 mm de diámetro (100) para articularse con la pieza9 de acrílico (104) mediante un eje tipo remache (191) como se muestra en la figura 38. La base continua con una inclinación redondeada (103) de 7 mm de radio, hasta la parte lateral vertical (101) con altura de 15 mm, y lado inferior de 25 mm, esta parte contiene un agujero de 4 mm de diámetro (102) para articularse con la pieza7 de acrílico (83) mediante un eje tipo remache (190) como se muestra en la figura 37, Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (99) de 5 mm de radio.

La figura 20 muestra la **pieza9 de acrílico** (104) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico 3 mm de grosor, cuya base rectangular horizontal (110) de dimensiones 45x35 mm, tiene un agujero rectangular en su interior (109) de 12,5 x 4 mm, para articularse con la pieza8 de acrílico (96) mediante un eje tipo remache (191) como se muestra en la figura 38. La parte lateral (105) es una prolongación vertical de la pieza, presenta una longitud de 40 mm, tiene 17 mm de ancho y presenta una inclinación de 15° (108), tiene un agujero en su extremo de 10 mm de diámetro (106) donde se fija a la palanca (189) del servomotor 5 (188) como se muestra en la figura 38. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (107) de 5 mm de radio.

La figura 21 muestra la **pieza10 de acrílico** con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, con base rectangular horizontal (119) con dimensiones de 40x35 mm, tiene agujeros de 1 mm de diámetro (111) para fijar la pieza con hilo nylon al guante que protege la mano. La parte lateral rectangular vertical (115) con una altura de 25 mm, y base de 40 mm, se prolongan con una inclinación (114) de 3 mm de radio, hasta la parte rectangular horizontal (113) con dimensiones de 40x20 mm. La base continua en el lado contralateral, con una parte irregular vertical (116), con una altura de 25 mm en su punto máximo, contiene un agujero de 4 mm de diámetro (118) para articularse con la pieza11 de acrílico (120) mediante un eje tipo remache (195) como se

muestra en la figura 39, y contiene agujeros de 1 mm de diámetro (117) para fijarse con hilo nylon al guante que protege la mano, los bordes inferiores inician con un redondez de 10 mm de radio, posteriormente un borde vertical de 5 mm de longitud, un bordo horizontal lineal de 10 mm de longitud y un redondez de 5 mm de radio. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez de 5 mm de radio. La pieza10 de acrílico contiene el servomotor 6 (192), tal como se muestra en la figura 39.

La figura 22 muestra la **pieza11 de acrílico** (120) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, cuya base trapezoidal horizontal (123) con altura de 30 mm, base mayor de 30 mm y base menor de 25 mm, tiene agujeros de 1 mm de diámetro (131) para fijar la pieza con hilo nylon al guante que protege la mano. La parte lateral rectangular vertical (132) con una altura de 20 mm, y base de 30 mm, continua con la parte horizontal (121) conformada por un área rectangular interna de 15 x 25 mm y un área rectangular externa de 15 x 40 mm. La base continua en el lado contralateral, con una inclinación redondeada de 7 mm de radio (130) y posteriormente una parte irregular vertical (127) de 15 mm de altura, esta última área presenta un borde lineal horizontal de 50 mm de longitud, seguida por una inclinación de 30° (125), hacia un borde oblicuo de 25 mm de longitud. Esta parte contiene un orificio de 4 mm de diámetro (129) para articularse con la pieza12 de acrílico (133) mediante un eje tipo remache (198) como se muestra en la figura 40, contiene orificios de 1 mm de diámetro (128) para fijarse con hilo nylon al guante que protege la piel, contiene un orificio de 4 mm (126) para articularse con la pieza10 de acrílico, y contiene un orificio rectangular (124) con dimensiones de 15x3 mm para articularse con la palanca (193) del servomotor 6 tal como se muestra en la figura 39. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (122) de 5 mm de radio. La pieza11 de acrílico contiene el servomotor 7 (196) tal como se muestra en la figura 39.

NOTA: Las dimensiones de la pieza11 de acrílico entre el orificio (126) y el orificio (129) varían de paciente a paciente, ya que corresponde a la medida que existe entre el punto medio de la articulación metacarpofalángica del V dedo hasta el punto medio de la articulación interfalángica proximal del V dedo.

La figura 23 muestra la **pieza12 de acrílico** (133) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, la base horizontal de bordes circulares (139) con una base de 40 mm y ancho de 15 mm, contiene los orificios de 1 mm de diámetro (135) para fijarse con hilo nylon al guante que protege la mano, y contiene un orificio central de 4 mm de diámetro (140) para articularse con la pieza13 de acrílico (141) mediante un eje tipo remache (199) como se muestra en la figura 41. La base continua con una inclinación redondeada (138) de 7 mm de radio, hasta la parte lateral vertical (136) con altura de 15 mm, y base de 20 mm, esta parte contiene un agujero de 4 mm de diámetro (137), para articularse con la pieza11 de acrílico (133) mediante un eje tipo remache (198) como se muestra en la figura 40. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (134) de 5 mm de radio.

La figura 24 muestra la **pieza13 de acrílico** (141) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico 3 mm de grosor, la base rectangular horizontal (145) de dimensiones 45x35 mm, tiene un agujero rectangular en su interior (146) de 12,5 x 4 mm, para articularse con la pieza12 de acrílico (133) mediante un eje tipo remache (199) como se muestra en la figura 41. La parte lateral (144) es una prolongación vertical de la pieza, presenta una longitud de 40 mm, tiene 17 mm de ancho y presenta una inclinación de 15° (147), tiene un agujero en su extremo de 10 mm de diámetro (143) donde se fija a la palanca del (197) del servomotor 7 (196) como se muestra en la figura 41. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (142) de 5 mm de radio.

La figura 25 muestra la **pieza14 de acrílico** (148) con forma irregular, corresponde a una pieza de acrílico de 4 mm de grosor, tiene una pieza semicircular en forma de "C" que se adapta a la muñeca del paciente, la parte rectangular horizontal superior (149) con dimensiones 50 x 15 mm, se continua en un arco vertical (150) con longitud de circunferencia 55 mm y un ancho de 15 mm, se continua con la parte rectangular horizontal (154) con dimensiones 35 x 15 mm. Una prolongación rectangular vertical (151), se une gracias al arco con una pieza en forma rectangular vertical (152) con dimensiones 30 x 35 mm, la cual posee un orificio rectangular (153) con dimensiones 15 x 4 mm, el cual se articular con la palanca (201) del servomotor 8, como se muestra en la figura 42.

La figura 26 muestra la **pieza15 de acrílico** (155) en forma de "C", corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosor, con una parte rectangular horizontal superior (160) de 40x30 mm, con una parte rectangular vertical (159) de 40x25 mm, y una parte rectangular horizontal inferior (158) de 40x40 mm, en cuyo centro hay un orificio rectangular (157) de 3x12 mm. Esta pieza contiene el servomotor8 (200), y se une en su base con la pieza16 de acrílico a través de un eje tipo remache (202) tal como se muestra en la figura 43. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (156) de 5 mm de radio.

La figura 27 muestra la **pieza16 de acrílico** (161) en forma rectangular, corresponde a una pieza de acrílico de 3 mm de grosos, con dimensiones laterales de 35 x 40 mm, tiene un orificio de 4 mm en el centro (162), para articularla a la pieza15 de acrílico con un eje tipo remache (202) tal como se muestra en la figura 43. Todas las esquinas de la pieza se encuentran con una redondez (163) de 5 mm de radio.

La figura 28 muestra la **pieza metálica 2** (164) en forma de "C", corresponde a una estructura de acero inoxidable calibre 15, de 2 cm de ancho, y de longitud variable de acuerdo a la forma anatómica de cada mano, ya que la altura de la parte central (166) corresponde al grosor de la muñeca a nivel del tercio distal del antebrazo del paciente + 1 cm, y la longitud de sus partes laterales (168) y (165) son iguales y corresponden a la mitad de la medición transversal justo a nivel de la articulación de la muñeca. Las partes laterales se doblan en los vértices (167) con un radio de 10mm. Esta pieza está cubierta por tela cuero textil para proteger la

piel del paciente, y se fija a la pieza16 de acrílico con hilo nylon como se muestra en la figura 44.

2.2.3 Interface Órtesis Activa: Consiste en la implementación de servomotores Hitec HS-7955TG que articulamos a las piezas de acrílico para generar el movimiento, cada servomotor tiene una palanca que transmite la fuerza, vector y velocidad de movimiento al exoesqueleto. Igualmente se describe los movimientos que pueden realizarse con la articulación de las piezas de acrílico unidas con remaches en aluminio, como se observa en las siguientes figuras.

La figura 29 muestra el servomotor HITEC – 7955TG y la palanca que se utiliza en el exoesqueleto, las dimensiones del servo son 40 mm en su base (172), 36.5 mm de altura (170) y 20 mm de grosor (171), se utiliza la palanca (169) para transmitir el movimiento del servo a la estructura mecánica del exoesqueleto.

La figura 30 muestra la unión entre la pieza metálica 1 (37) y pieza1 de acrílico (38), la estructura metálica se cubre de cuero textil y la pieza1 de acrílico se fija con hilo nylon al guante de cuero, no hay movimiento permitido en esta unión de piezas.

La figura 31 muestra la unión entre la pieza1 (38) y la pieza2 (41) de acrílico, articulándose en los orificios centrales mediante un eje tipo remache de aluminio doble cabeza (173), con cabeza redondeada de diámetro 8 mm en ambos extremos. Esta articulación entre piezas, permite el movimiento de giro 360 grados de la pieza2 sobre la pieza1 de acrílico.

La figura 32 muestra la adaptación del servomotor1 (174) a la pieza de acrílico2 (41), además, muestra la pieza1 de acrílico (38) y la palanca del servo (175).

La figura 33 muestra en la base la pieza1 de acrílico (38), el ensamblaje del servomotor1 (174) a la pieza2 de acrílico (41), y la unión entre la palanca del servomotor1 (175) a la pieza3 de acrílico (47). Esta articulación permitirá el giro de 90 grados en la base del I dedo de la mano.

La figura 34 muestra la adaptación del servomotor2 (176) a la pieza3 de acrílico (47). Además, muestra la pieza4 de acrílico (54) articulada a la pieza3 de acrílico con un eje tipo remache (178), y la pieza4 de acrílico (54) articulada en su orificio rectangular (179) a la palanca (177) del servomotor3 (176), para permitir el movimiento de 90 grados de la pieza4 de acrílico sobre la pieza3 de acrílico.

La figura 35 muestra la articulación entre la pieza5 de acrílico (65) con la pieza4 de acrílico (54), mediante un eje tipo remache (182), y la articulación entre la pieza5 de acrílico (65) a la palanca (18) del servomotor3 (180) en su orificio rectangular (183). Estas articulaciones permitirán el giro de 90 grados de la pieza5 de acrílico sobre la pieza4 de acrílico. Igualmente la figura muestra el servomotor3 (180) contenido en la pieza4 de acrílico (54).

La figura 36 muestra la articulación entre la pieza6 de acrílico (74) con la pieza7 de acrílico (83), mediante un eje tipo remache (186), y la articulación entre la pieza7 de acrílico en su orificio rectangular (187) a la palanca (185) del servomotor3 (184). Estas articulaciones permitirán el giro de 90 grados de la pieza7 de acrílico sobre la pieza6 de acrílico. Igualmente la figura muestra el servomotor4 (184) contenido en la pieza6 de acrílico (74).

La figura 37 muestra la articulación entre la pieza7 de acrílico (83), la pieza8 de acrílico (96) y la pieza9 de acrílico (104). El servomotor5 (188) se encuentra contenido en la pieza7 de acrílico. La palanca del servomotor5 (189) se encuentra fija en el hasta lateral de la pieza9 de acrílico (104). La pieza7 de acrílico (83) se articula con la pieza8 de acrílico (96), mediante un eje tipo remache (190). Esta articulación permite el movimiento de 90 grados de la pieza8 de acrílico sobre la pieza7 de acrílico.

La figura 38 muestra la articulación entre la pieza7 de acrílico (83), la pieza8 de acrílico (96), y la pieza9 de acrílico (104). El servomotor5 (188) se encuentra contenido en la pieza7 de acrílico. La palanca (189) del servomotor5 se encuentra fija en el hasta lateral de la pieza9 de acrílico (104). La pieza7 de acrílico se articula con la pieza8 de acrílico en su parte lateral vertical mediante un eje tipo remache (190). La base horizontal de la pieza9 de acrílico (104) se articula con la pieza8 de acrílico en su parte horizontal (96), mediante un eje tipo remache (191). Esta articulación permite el movimiento de 90 grados de la pieza8 de acrílico sobre la pieza7 de acrílico.

La figura 39 muestra la articulación entre la pieza10 de acrílico (112) con la pieza11 de acrílico (120), mediante un eje tipo remache (195), y la articulación entre la pieza11 de acrílico (120) en su orificio rectangular (194) a la palanca (193) del servomotor6. Estas articulaciones permitirán el giro de 90 grados de la pieza11 de acrílico sobre la pieza10 de acrílico. Igualmente la figura muestra el servomotor6 (192) contenido en la pieza10 de acrílico (112).

La figura 40 muestra la articulación entre la pieza11 de acrílico (120), la pieza12 de acrílico (133) y la pieza13 de acrílico (141). El servomotor7 (196) se encuentra contenido en la pieza11 de acrílico (120). La palanca del servomotor7 (197) se encuentra fija en el hasta lateral de la pieza13 de acrílico (141). La pieza11 de acrílico se articula con la pieza12 de acrílico, mediante un eje tipo remache (198). Esta articulación permite el movimiento de 90 grados de la pieza12 de acrílico sobre la pieza11 de acrílico.

La figura 41 muestra la articulación entre la pieza11 de acrílico (120), la pieza12 de acrílico (133), y la pieza13 de acrílico (141). El servomotor7 (196) se encuentra contenido en la pieza11 de acrílico. La palanca del servomotor7 (197) se encuentra fija en el hasta lateral de la pieza13 de acrílico. La pieza11 de acrílico (120) se articula con la pieza12 de acrílico en su parte lateral vertical, mediante un eje tipo remache (195). La base horizontal de la pieza13 de acrílico (141) se

articula con la pieza12 de acrílico en su parte horizontal (133), mediante un eje tipo remache (199). Esta articulación entre piezas, permite el movimiento de 90 grados de la pieza12 de acrílico sobre la pieza11 de acrílico.

La figura 42 muestra la articulación entre la superficie rectangular de la pieza14 de acrílico (148), con la palanca del servomotor8 (201), se aprecian todos los componentes de la articulación como el arco en c de la pieza14 de acrílico (148), la pieza15 de acrílico (155), conteniendo el servomotor8 (200), y articulada a la pieza16 de acrílico (161). Esta articulación entre piezas, permite el movimiento en 180 grados de la pieza14 de acrílico sobre la pieza 15 de acrílico.

La figura 43 muestra la unión entre la pieza15 de acrílico (155) y la pieza16 de acrílico (161), articulándose en los orificios centrales mediante un eje tipo remache de aluminio doble cabeza (202), con cabeza redondeada de diámetro 10 8 mm en ambos extremos. Esta articulación entre piezas, permite el movimiento de giro 360 grados de la pieza15 de acrílico sobre la pieza16 de acrílico.

La figura 44 muestra la unión entre la pieza metálica 2 (164) y pieza16 de acrílico (161), la estructura metálica se cubre de cuero textil y la pieza1 de acrílico se fija con hilo nylon al guante de cuero, no hay movimiento permitido en esta unión de piezas.

La figura 45 muestra los componentes del exoesqueleto en la muñeca del paciente: la pieza metálica 1 (37) se encuentra opuesta a la pieza metálica 2 (164), la pieza1 de acrílico (38) fija a la pieza metálica 1, la pieza2 de acrílico (41) articulada a la pieza1 de acrílico por un eje tipo remache (173). El servomotor1 (174) ensamblado en la pieza2 de acrílico y el eje del servomotor1 (175) libre. Al lado opuesto, observamos la pieza16 de acrílico (161) fija a la pieza metálica 2, la pieza15 de acrílico (155) articulada a la pieza16 de acrílico por un eje tipo remache. El servomotor8 (200) ensamblado en la pieza15 de acrílico y el eje del servomotor8 (201) libre. La estructura metálica de la muñeca, brinda firmeza a todo el exoesqueleto, logrando asistencia en la flexión y extensión de muñeca durante los movimientos de la mano.

Las figuras 46 y 47 muestra la vista lateral e inferior respectivamente, de los componentes del exoesqueleto para dar movilidad al I dedo de la mano.

- Para lograr el giro de 90 grados de la base del I dedo, llevando al metacarpiano I hacia adentro y afuera de la mano, se diseño el siguiente esquema: La pieza metálica 1 (37), fijada a la pieza1 de acrílico (38), la pieza2 de acrílico (41) articulada a la pieza1 de acrílico (38) por un eje tipo remache (173), el servomotor1 (174) ensamblado en la pieza2 de acrílico (41), la palanca del servomotor1 (175) articulada a la pieza3 de acrílico (47). Así cuando el servomotor1 gira, la palanca mueve la pieza3 de

acrílico hacia adentro y afuera de la mano, ya que la pieza3 de acrílico se encuentra fija al guante que protege la mano a nivel del I metacarpiano.

- Para lograr la flexión de la falange proximal del I dedo, se diseñó el siguiente esquema: La pieza3 de acrílico (47) articulada a la pieza4 de acrílico (154) por el eje tipo remache (178), el servomotor2 (176) ensamblado en la pieza3 de acrílico (47), y la palanca del servomotor2 (177) articulada a la pieza4 de acrílico. Así cuando el servomotor2 gira, la palanca mueve la pieza4 de acrílico arriba y abajo, describiendo una trayectoria de hasta 90 grados, con respecto a la pieza3 de acrílico.
- Para lograr la flexión de la falange distal del I dedo, se diseñó el siguiente esquema: La pieza4 de acrílico (154) articulada a la pieza5 de acrílico (165) por el eje tipo remache (182), el servomotor3 (180) ensamblado en la pieza4 de acrílico (154), y la palanca del servomotor3 (181) articulada a la pieza5 de acrílico (165). Así cuando el servomotor3 gira, la palanca mueve la pieza5 de acrílico arriba y abajo, describiendo una trayectoria de hasta 90 grados, con respecto a la pieza4 de acrílico.

NOTA: Los ejes tipo remache (178) y (182), corresponden a las articulaciones de las piezas de acrílico, estas articulaciones son paralelas a las articulaciones del I dedo así: La articulación metacarpo-falángica del I dedo tiene en paralelo el eje tipo remache (178), y la articulación interfalángica del I dedo tiene en paralelo el eje tipo remache (182). De esta forma el exoesqueleto del I dedo, se mueve paralelo a las articulaciones anatómicas del I dedo.

Las figuras 48 y 49 muestran la vista lateral e inferior respectivamente, de los componentes del exoesqueleto para dar movilidad al II y III dedos.

- Para lograr la flexión y extensión de las falanges proximales del II y III dedos, se diseñó el siguiente esquema: La pieza6 de acrílico (74) articulada a la pieza7 de acrílico (19) por un eje tipo remache (24); el servomotor4 (184) ensamblado en la pieza6 de acrílico, la palanca del servomotor4 (185) articulada a la pieza7 de acrílico (188). Así cuando el servomotor4 gira, la palanca mueve la pieza7 de acrílico arriba y abajo, describiendo una trayectoria de hasta 90 grados, con respecto a la pieza6 de acrílico.
- Para lograr la flexión y extensión de las falanges medias del II y III dedos, se diseñó el siguiente esquema: La pieza7 de acrílico (83) articulada a la pieza8 de acrílico (96) por un eje tipo remache (190); el servomotor5 (188) ensamblado en la pieza7 de acrílico (83), la palanca del servomotor5 (189) fija a la pieza9 de acrílico (104), la pieza8 de acrílico (96) articulada a la pieza9 de acrílico (104) por un eje tipo remache (191). Así cuando el servomotor5 gira, hace girar en la misma trayectoria la pieza9 de acrílico, y la pieza9 de acrílico hace bajar y subir la pieza8 de acrílico, de esta forma,

se logra el desplazamiento de la pieza8 de acrílico describiendo una trayectoria de 90 grados sobre la pieza7 de acrílico.

NOTA: Los ejes tipo remache (186) y (190), corresponden a las articulaciones de las piezas de acrílico, estas articulaciones son paralelas a las articulaciones del II dedo así: La articulación metacarpo-falángica del II dedo tiene en paralelo el eje tipo remache (186), y la articulación interfalángica proximal del II dedo tiene en paralelo el eje tipo remache (190). De esta forma el exoesqueleto del II y III dedos, se mueve paralelo a las articulaciones anatómicas del II dedo.

Las figuras 50 y 51 muestran la vista lateral e inferior respectivamente, de los componentes del exoesqueleto para dar movilidad al IV y V dedos.

- Para lograr la flexión y extensión de las falanges proximales del IV y V dedos, se diseño el siguiente esquema: La pieza10 de acrílico (112) articulada a la pieza11 de acrílico (120) por un eje tipo remache (195); el servomotor6 (193) ensamblado en la pieza10 de acrílico (112), la palanca del servomotor6 (193) articulada a la pieza11 de acrílico (120). Así cuando el servomotor6 gira, la palanca mueve la pieza11 de acrílico arriba y abajo, describiendo una trayectoria de hasta 90 grados, con respecto a la pieza10 de acrílico.
- Para lograr la flexión y extensión de las falanges medias del IV y V dedos, se diseño el siguiente esquema: La pieza11 de acrílico (120) articulada a la pieza12 de acrílico (133) por un eje tipo remache (198); el servomotor7 (196) ensamblado en la pieza11 de acrílico (120), la palanca del servomotor7 (197) fija a la pieza13 de acrílico (141), la pieza13 de acrílico (141) articulada a la pieza12 de acrílico (133) por un eje tipo remache (199). Así cuando el servomotor7 gira, hace girar en la misma trayectoria la pieza13 de acrílico, y la pieza13 de acrílico hace bajar y subir la pieza12 de acrílico, de esta forma, se logra el desplazamiento de la pieza12 de acrílico describiendo una trayectoria de 90 grados sobre la pieza11 de acrílico.

NOTA: Los ejes tipo remache (195) y (198), corresponden a las articulaciones de las piezas de acrílico, estas articulaciones son paralelas a las articulaciones del V dedo así: La articulación metacarpo-falángica del V dedo tiene en paralelo el eje tipo remache (198), y la articulación interfalángica proximal del V dedo tiene en paralelo el eje tipo remache (195). De esta forma el exoesqueleto del IV y V dedos, se mueve paralelo a las articulaciones anatómicas del II dedo.

Las figuras 52 y 53 muestran el exoesqueleto de mecánico de la mano y muñeca derecha completo, en sus caras superior externa y superior interna. Como lo informamos al inicio de la descripción de la órtesis activa, todas las piezas corresponden a las utilizadas para el exoesqueleto de la mano derecha, es suficiente con cambiar la orientación de las piezas, para el ensamblaje del

exoesqueleto de la mano izquierda. Así podemos observar con detalle los siguientes aspectos del exoesqueleto:

- El ensamblaje de todos los servomotores así: Servomotor1 ensamblado en la pieza2 de acrílico, servomotor2 ensamblado en la pieza3 de acrílico, servomotor3 ensamblado en la pieza4 de acrílico, servomotor4 ensamblado en la pieza6 de acrílico, servomotor5 ensamblado en la pieza7 de acrílico, servomotor6 ensamblado en la pieza10 de acrílico, servomotor7 ensamblado en la pieza11 de acrílico y servomotor8 ensamblado en la pieza15 de acrílico.
- La articulación de las piezas de acrílico paralelas a las articulaciones anatómicas de la mano, este hecho hace que las dimensiones de las piezas cambien de persona a persona, de acuerdo a la distancia que existen entre la articulación metacarpo-falángica e interfalángica proximal y de acuerdo al grosor de los dedos.
- Las superficies inferiores de todas las piezas del exoesqueleto, se fijan con hilo nylon a la superficie dorsal del guante de cuero y neopreno, en cada punto de protección según la figura 1 y 2.

2.3.5 Descripción para fabricar la invención

La mejor manera conocida para llevar a la práctica la invención, es fabricar los componentes del exoesqueleto por separado, para luego ensamblarlos siguiendo los pasos descritos a continuación:

2.3.5.1 Fabricación de la Interface Órtesis-Piel: Las personas tienen diferentes dimensiones anatómicas en las manos, aunque es usual que en la fabricación industrial de guantes, se elaboren tallas estándar identificadas por las siglas de la palabra inglesa (s: small - pequeña, m: medium - mediana y l: long - grande), nosotros no recomendamos realizar un molde de guantes estándar para cada talla, sino por el contrario, fabricar el guante de forma personalizada a cada paciente.

La funcionalidad del guante de cuero y neopreno es exclusiva para el área de la salud, el proceso de fabricación debe garantizar las reglas de diseño propuestas en la invención:

- Seguridad del paciente: Asegurar la protección de todas las áreas de piel expuestas al contacto mecánico con el exoesqueleto.
- Adaptación anatómica: Asegurar que las superficies articulares de la mano puedan moverse fácilmente, sin generar restricción al movimiento.
- Diseño Unipersonal: El guante debe ajustarse con precisión a la mano de cada paciente.

Se recomienda los siguientes pasos para la fabricación del guante de cuero y neopreno:

- Dibujar la silueta de cada mano:
 - 1) Coloque la mano del paciente extendida totalmente, con la cara palmar sobre una hoja de papel, verifique que el III dedo (dedo medio) se encuentre perpendicular a la muñeca.
 - 2) Con un lápiz dibuje los bordes de la muñeca y la mano del paciente, inicie en el antebrazo a 10 cm de la muñeca, y siga toda la silueta de la mano (1) hasta llegar al mismo punto de forma contralateral, tal como se muestra en la figura 1.
 - 3) Marque con una x los puntos anatómicos: Vértice del dedo medio, puntos articulares de la muñeca a cada lado, y puntos articulares de la mano a cada lado (articulaciones metacarpo-falángicas del II y V dedo, y todas las articulaciones interfalángicas), tal como se muestra en la figura 2
- Identificar las líneas antropométricas:
 - 4) LM: Línea medial (5): Trace una línea desde el vértice del dedo medio pasando por el punto medio de la muñeca y sobrepasándola hasta 10 cm. (Verifique que esta línea es perpendicular a la muñeca).
 - 5) LTM: Línea Transversal de la Muñeca (8): Trace una línea transversal entre los puntos articulares de la muñeca, sin sobrepasar los bordes de la silueta de la mano.
 - 6) LTMF: Línea Transversal Metacarpo-Falángica (7): Trace una línea transversal entre los puntos articulares del II y V metacarpiano, sin sobrepasar los bordes de la silueta de la mano.
 - 7) LTIF: Líneas Transversales Interfalángicas (2) Y 83): Trace una línea trasversal entre los puntos articulares de todos los dedos, sin sobrepasar los bordes de la silueta de la mano, tanto para las articulaciones interfalángicas proximales como para las interfalángicas distales.
 - 8) LPD2: Línea Proyección II dedo (4): Trace una línea recta siguiendo la trayectoria del borde interno del II dedo, proyectándola hasta la línea transversal de la muñeca del paciente.
 - 9) LPD5: Línea Proyección del V dedo (6): Trace una línea recta siguiendo la trayectoria del borde externo del V dedo, proyectándola hasta la línea transversal de la muñeca del paciente.
- Identifique puntos claves:
 - 10) El punto A de cada articulación, corresponde al punto articular interno de la mano y de la muñeca.
 - 11) El punto B de cada articulación, corresponde al punto articular externo de todas las articulaciones de la mano y de la muñeca.

12) El punto M de cada articulación, corresponde al punto medio entre ambos puntos A y B.

- Dibuje el molde del guante con un color diferente

13) Pieza 1 del guante en neopreno (9): Como se muestra en la figura 3, el molde se realiza dibujando la siguiente trayectoria: Dibuje una línea recta que inicie en el punto A de la articulación metacarpo-falángica del II dedo, hasta el punto B de la articulación metacarpo-falángica del V dedo. Continúe en línea recta, siguiendo la trayectoria de la LPD5 hasta 1 cm antes de llegar a la LTM. Continúe en línea recta, paralelo a la LTM hasta la LPD2, a 1 cm antes de que la LPD2 llegue a la LTM. Continúe en línea recta desde este punto, hasta el punto A de la articulación metacarpo-falángica del II dedo, cerrando la figura del molde.

NOTA: Para la pieza 4 no hay que proyectar la silueta, el molde dibujado es el que se utilizará para la fabricación del guante.

14) Pieza 2 y 3 del guante en cuero textil (10) y (11): Como se muestra en la figura 4 y la figura 5, el molde se realiza dibujando la siguiente trayectoria: Dibuje una línea recta que inicie a nivel del antebrazo, en la LM a 2 cm del punto M de la articulación de la muñeca, hasta el punto M de la articulación de la muñeca. Continúe con una línea curva desde este punto, hasta el punto A de la articulación metacarpo-falángica del II dedo. Continúe con una línea curva por el borde de la silueta de la mano desde este punto, hasta 1 cm antes de llegar al ángulo que separa el I dedo del II dedo en la silueta de la mano. Continúe en línea curva hasta llegar al punto A de la articulación metacarpo-falángica del I dedo. Continúe por el borde de la silueta de la mano, hasta el punto A de la articulación de la muñeca. Continúe en línea recta perpendicular a la LTM, hasta 2 cm en dirección medial. Continúe en línea recta hasta la línea media cerrando la figura del molde.

NOTA: El molde definitivo de la pieza 1 del guante es una extensión en 1 cm de toda la trayectoria de la figura dibujada anteriormente, excepto en el borde del I metatarsiano, donde sugerimos hacer una extensión de hasta 2 cm, de acuerdo al grosor de la mano del paciente.

15) Pieza 4 del guante en cuero textil (12): Como se muestra en la figura 6, el molde se realiza dibujando la siguiente trayectoria: Dibuje una línea recta que inicie a nivel del antebrazo, en la LM a 2 cm del punto M de la articulación de la muñeca, hasta el punto M de la articulación de la muñeca. Continúe con una línea curva desde este punto, hasta el punto B de la articulación metacarpo-falángica del V dedo. Continúe con una línea recta proyectando hacia afuera de la silueta de la mano, la distancia que hay entre el punto B de la articulación metacarpo-falángica del V dedo y el punto M de la articulación metacarpo-falángica del IV dedo. Continúe proyectando

a esta misma distancia la curva de la silueta de la mano desde este punto, hasta llegar al punto B de la articulación de la muñeca. Continúe proyectando a esta misma distancia en línea recta perpendicular a la LTM, hasta 2 cm en dirección medial. Continúe en línea recta hasta la línea media cerrando la figura del molde.

NOTA: El molde definitivo de la pieza 2 del guante es una extensión en 1 cm de la trayectoria de la figura dibujada anteriormente.

16) Pieza 5 y 6 del guante en neopreno (13) y (14): Como se muestra en la figura 7 y la figura 8 respectivamente, son moldes rectangulares, cuya altura es de 5 a 7 cm de acuerdo al grosor de la muñeca del paciente y su base es 2.5 veces la dimensión de la LTM. Recomendamos realizar una redondez de 1 cm de radio a la figura obtenida, para mejorar la apariencia estética.

17) Piezas 7, 8, 9, 10, 11 en cuero textil y neopreno (16), (17), (18), (19) y (20): Como se muestra en la figura 9 y la figura 10, corresponden a moldes rectangulares, que cubrirán la superficie de los dedos a nivel de las primeras falanges. Sus dimensiones corresponden a un molde rectangular, cuya altura es la distancia entre las LTMF y las LTIF proximales, y su base la circunferencia de cada dedo a nivel de las primeras falanges + 1.5 cm para la tela velcro que ajustará estas correas.

NOTA: Todas las superficies dorsales de los dedos, deben estar protegidas además por tela neopreno, que cubrirá el espacio entre el guante y las piezas de acrílico.

18) Piezas 12, 13, 14, 15, 16 en cuero textil y neopreno (21), (22), (23), (24) y (25): Como se muestra en la figura 9 y la figura 10, corresponden a moldes rectangulares, que cubrirán la superficie de los dedos a nivel de las falanges mediales. Sus dimensiones corresponden a un molde rectangular, cuya altura es la distancia entre las LTIF proximales y las LTIF distales, y su base la circunferencia de cada dedo a nivel de las falanges mediales + 1.5 cm para la tela velcro que ajustará estas correas.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- Todas las superficies dorsales de los dedos, deben estar protegidas además por tela neopreno, que cubrirá el espacio entre el guante y las piezas de acrílico.
- Se deben realizar piezas de cuero textil para cubrir la superficie expuesta de todos los sensores de fuerza resistivos (SFR1, SFR2, SFR3, SFR4 y SFR5).
- Se deben realizar piezas rectangulares de cuero textil en forma de correas de 2 cm de alto x 7 cm de base, para elaborar las correas que ajustarán el guante en la cara palmar.

- Se deben realizar vainas de cuero textil para cubrir todos los cables que salen de cada servomotor, hasta su llegada al nódulo de interconexión.
- La unión de las piezas para formar el guante de cuero y neopreno se debe realizar mediante costura en máquina de coser cuero, utilizando hilo nylon color negro, para las superficies del guante que deben abrir y cerrar, se cose tela velcro en sus extremos para garantizar esta propiedad.
- Se recomienda filetear los bordes de las piezas 4, 5 y 6 de neopreno, se utiliza una fileteadora industrial con puntada de seguridad.
- Se debe doblar 5 mm todos los bordes de los moldes de las piezas de cuero, pegarlos con pegante par cuero y coserlos en la máquina de coser cuero. Esto le dará una apariencia muy estética al guante.
- Unir las piezas 1 y 2 de cuero textil, por el borde que cubre el I dedo y la unión entre el I y II dedo.
- Unir las piezas 2 y 3 de cuero textil, a la pieza 4 de neopreno, por los bordes correspondientes a su ubicación anatómica según se dibujaron los moldes.
- Unir las piezas 5 y 6 a las piezas 1 y 2 de cuero, a nivel de sus bordes inferiores en la muñeca, de tal forma que las piezas 5 y 6 puedan cubrir la totalidad de la cara dorsal y ventral de la muñeca, y su borde superior siga la trayectoria de la LTM.
- Unir las piezas de cuero (7-8-9-10-11) a los protectores de neopreno, y fijarlos a las piezas de acrílico superpuestas en los dedos.
- Unir las piezas de cuero (12-13-14-15-16) a los protectores de neopreno, y fijarlos a las piezas de acrílico superpuestas en los dedos.
- Unir las piezas de cuero (17-18-19) a la cara ventral de los protectores de los dedos, antes de coser estas piezas, se debe colocar los sensores de fuerza resistivos entre estas dos superficies de cuero.
- Unir las piezas de cuero (20-21) a la pieza de cuero que cubre la región tenar de la palma de la mano, para que ajuste con velcro a la pieza de cuero que cubre la región hipotenar de la mano.

NOTA: Sugerimos durante la costura del guante de cuero, realizar pruebas de los moldes unidos a cada paciente, hasta obtener un ajuste y cierre perfecto del guante. Igualmente recuerde colocar velcro en cada extremo de las correas que ajustan el guante a nivel de la muñeca, la palma de la mano y los dedos.

2.3.5.2 Fabricación de las piezas deacrílico: Las piezas deacrílico se fabrican de acuerdo al documento anexo (Diseño y fabricación del exoesqueleto mecánico) el cual ya se encuentra en la superintendencia de industria y comercio anexo al registro de la patente. Debido a que las dimensiones de las piezas cambian de acuerdo a la mano de cada paciente, sugerimos realizar los siguientes pasos, para que las piezas puedan adaptarse anatómicamente a la mano:

- Dimensiones anatómicas de la mano del paciente: Se debe conocer la distancia entre las articulaciones metacarpo-falángicas (MF) e interfalángicas proximales (IFP) de cada dedo.
 - 1) La pieza3 deacrílico tiene un orificio lateral de 4 mm que se articula con la pieza4 deacrílico, este orificio debe quedar a nivel de la articulación MF del I dedo.
 - 2) La pieza4 deacrílico tiene dos orificios laterales de 4 mm que se articulan con la pieza3 deacrílico y la pieza5 deacrílico. La distancia entre estos 2 orificios, corresponde a la distancia entre la articulación MF del I dedo y la IFP del I dedo.
 - 3) La pieza6 deacrílico tiene un orificio lateral de 4 mm que se articula con la pieza7 deacrílico, este orificio debe quedar a nivel de la articulación MF del II dedo.
 - 4) La pieza7 deacrílico tiene dos orificios laterales de 4 mm que se articulan con la pieza6 deacrílico y la pieza8 deacrílico. La distancia entre estos 2 orificios, corresponde a la distancia entre la articulación MF del II dedo y la IFP del II dedo.
 - 5) La pieza10 deacrílico tiene un orificio lateral de 4 mm que se articula con la pieza11 deacrílico, este orificio debe quedar a nivel de la articulación MF del V dedo.
 - 6) La pieza11 deacrílico tiene dos orificios laterales de 4 mm que se articulan con la pieza10 deacrílico y la pieza12 deacrílico. La distancia entre estos 2 orificios, corresponde a la distancia entre la articulación MF del II dedo y la IFP del V dedo.
- Corte laser de todas las piezas: Sugerimos dibujar todas las piezas deacrílico en el software Autocad, ubicarlas de tal forma que se minimice la pérdida de materialacrílico, para ser llevadas a una máquina laser cortadora deacrílico.
- Adaptación de las piezas a la mano del paciente: Las piezas deacrílico están en un plano bidimensional sobre el eje X – Y, para darle forma a cada pieza, se debe calentar la pieza en una resistencia eléctrica, doblando las piezas bidimensionales, hasta convertirlas en piezas tridimensionales como se han mostrado en las figuras anteriores.

- Se recomienda utilizar piezas de acrílico para facilidad de adaptar la pieza a la anatomía de la mano del paciente, y por seguridad, ya que las piezas se fracturan en los puntos de doblaje, cuando los servomotores sobrepasan los límites articulares anatómicos de los dedos, evitando luxaciones de los dedos.

2.3.5.3 Fabricación de las piezas metálicas: Las piezas metálicas 1 y 2 de acero inoxidable, se cortan en máquinas especiales para corte de acero.

2.3.5.4 Ensamblaje de componentes: En primer lugar sugerimos tener el guante de cuero y neopreno ajustado anatómicamente a la piel del paciente, para luego ensamblar las piezas de acrílico, según su ubicación anatómica. Todas las piezas de acrílico tienen orificios de 1 mm, para fijarlos con hilo nylon a las superficies de contacto con el guante de cuero y neopreno que protege la mano del paciente. A continuación, describimos la ubicación de cada componente:

- Pieza Metálica 1: Cara interna de la muñeca, cubierta por tela cuero textil.
- Pieza Metálica 2: Cara externa de la muñeca, cubierta por tela cuero textil.
- Pieza1 de Acrílico: Centrada sobre la cara vertical de la pieza metálica 1.
- Pieza2 de Acrílico: Articulada con un remache de aluminio a la pieza1 de acrílico.
- Pieza3 de Acrílico: Cara dorsal del I metacarpiano, articulada a la palanca del servomotor1, y articulada con un remache de aluminio a la pieza4 de acrílico paralelo a la articulación MF del I dedo.
- Pieza4 de Acrílico: Cara dorsal de la falange proximal del I dedo, articulada con un remache de aluminio a la pieza3 de acrílico (ya descrito). Articulada con un remache de aluminio a la pieza5 de acrílico, paralelo a la articulación IFP del I dedo. Articulada con un remache a la palanca del servomotor2.
- Pieza5 de Acrílico: Cara dorsal de la falange distal del I dedo, articulada con un remache de aluminio a la pieza4 de acrílico (ya descrito). Articulada con un remache a la palanca del servomotor3.
- Pieza6 de Acrílico: Cara dorsal del II y III metacarpiano, articulada con un remache de aluminio a la pieza7 de acrílico paralelo a la articulación MF del II dedo.
- Pieza7 de Acrílico: Cara dorsal de las falanges proximales del II y III dedos, articulada con un remache de aluminio a la pieza6 de acrílico (ya descrito). Articulada con un remache de aluminio a la pieza8 de acrílico, paralelo a la articulación IFP del II dedo. Articulada con un remache a la palanca del servomotor4.

- Pieza8 de Acrílico: Cara dorsal de las falanges medias del II y III dedos, articulada con un remache de aluminio a la pieza7 de acrílico (ya descrito). Articulada con un remache de aluminio a la pieza9 de acrílico, en el dorso de la mano, a nivel del espacio interdigital de las falanges mediales del II y III dedo.
- Pieza9 de Acrílico: Cara dorsal de las falanges medias del II y III dedos, articulada con un remache de aluminio a la pieza8 de acrílico (ya descrito). Con un hasta lateral fijada a la palanca del servomotor5.
- Pieza10 de Acrílico: Cara dorsal del IV y V metacarpiano, articulada con un remache de aluminio a la pieza11 de acrílico paralelo a la articulación MF del V dedos.
- Pieza11 de Acrílico: Cara dorsal de las falanges proximales del IV y V dedos, articulada con un remache de aluminio a la pieza10 de acrílico (ya descrito). Articulada con un remache de aluminio a la pieza12 de acrílico, paralelo a la articulación IFP del V dedo. Articulada con un remache a la palanca del servomotor6.
- Pieza12 de Acrílico: Cara dorsal de las falanges medias del IV y V dedos, articulada con un remache de aluminio a la pieza11 de acrílico (ya descrito). Articulada con un remache de aluminio a la pieza13 de acrílico, en el dorso de la mano, a nivel del espacio interdigital de las falanges mediales del IV y V dedos.
- Pieza13 de Acrílico: Cara dorsal de las falanges medias del IV y V dedos, articulada con un remache de aluminio a la pieza12 de acrílico (ya descrito). Con un hasta lateral fijada a la palanca del servomotor7.
- Pieza14 de Acrílico: Cara dorsal, externa e interna de la mitad externa de la muñeca, articulada a la palanca del servomotor8.
- Pieza15 de Acrílico: Articulada con un remache de aluminio a la pieza16 de acrílico.
- Pieza16 de Acrílico: Centrada sobre la cara vertical de la pieza metálica 16.

NOTA: Para ensamblar las piezas de acrílico, utilizamos ejes tipo remache e aluminio doble cabeza. Las cabezas redondeadas tienen 8 mm de diámetro, la longitud del remache varía de 10 a 15 mm. Se debe utilizar una máquina remachadora con los troqueles apropiados para cada pieza.

Sugerimos hacer mediciones en el paciente, cada vez que se ensamble, articule y remache los componentes del exoesqueleto.

Par la fabricación del exoesqueleto mecánico, sugerimos consultar el documento anexo (Diseño y fabricación del exoesqueleto mecánico) el cual ya se encuentra en la superintendencia de industria y comercio anexo al registro de la patente

2.3.5.5 Ensamblaje de componentes electrónicos: Los componentes electrónicos del exoesqueleto se ensamblan de acuerdo a los documentos que se anexaron al registrar la patente: Proceso de diseño y fabricación del exoesqueleto mecánico. A continuación describiremos los sitios de interconexión de dichos componentes:

- Sensores de Fuerza Resistivos (SFR): Ubicados en las superficies de contacto de los dedos así: SFR-1 a nivel de la cara palmar de la falange proximal del I dedo, SFR-2 a nivel de la cara palmar de la falange distal del I dedo, SFR-3 a nivel de la cara palmar de la falange proximal del II dedo, SFR-4 a nivel de la cara palmar de la falange distal del II dedo, SFR-5 a nivel de la cara palmar de la falange distal del IV dedo.
- Indicadores Led: Led de alta luminosidad de color verde y rojo.
- Nódulo de interconexión en la muñeca: Acopla todos los cables de los servomotores (3 cables por servomotor/8 servomotores/24 cables), los cables de los SFR (2 cables por sensor/sensores/10 cables), los cables de los indicadores Led (2 cables por Led / 2 Led /4 cables).
- Sensores de Electromiografía (EMG): Utilizan tres electrodos comerciales de EMG, que se conectan a las entradas del sensor de señal muscular.
- Cables de interconexión: Conectan el exoesqueleto con el módulo de control y la fuente de alimentación. Los cables ribon conectan las señales de servomotores y sensores al módulo de control. Los cables vehiculares calibre 18 conectan la tierra y las salidas de voltaje de la fuente de alimentación a los servomotores y sensores.
- Módulo de Control: Tarjeta Arduino Mega 2560 acoplada a un Módulo de Reconocimiento de Voz EasyVR Shield. Todas sus salidas se definen para cada componente en el documento relacionado "Proceso de diseño y fabricación del exoesqueleto". Documento donde se define con detalle las líneas que interconectan el Módulo de control con los otros componentes (Sensores Musculares, Sensores de Fuerza Resistivos, Servomotores, Led Indicadores, etc.).
- Fuente de Alimentación Regulada: Se debe utilizar Switching Power Supply, que son fuentes de alimentación reguladas certificadas para uso médico, cumplen estándares de seguridad internacionales. Las líneas de tensión y tierra que salen de la fuente, se conectan al Módulo de Control, Sensores y Servomotores, según el documento relacionado "Proceso de diseño y fabricación del exoesqueleto".
- Software de Implementados: Corresponde a software Audacity, EasyVR Commander, Quick Synthesis5 y Arduino; los cuales se implementaron para programar el módulo de reconocimiento de voz, tal como se describe en el

documento anexo al registrar la patente "Módulo de Control del exoesqueleto".

- Código de Programación del Módulo de Control: Corresponde al código de programación realizado en el Software Arduino, para programar el microcontrolador AT MEGA de la tarjeta Arduino MEGA 2560. Tal como se describe en el documento anexo "Programa del módulo de control".

2.3.6 Aplicaciones industriales que satisface la invención:

El exoesqueleto de mano y muñeca con aplicaciones de rehabilitación y asistencia Prototipo EMMRA-1, fue diseñado en un principio para los pacientes con discapacidad motriz de la mano, específicamente para paciente con Lesiones Medulares Cervicales Traumáticas Bajas. Sin embargo, dado sus aplicaciones de asistencia, pueden ser utilizados para pacientes con discapacidad funcional muscular de la mano de cualquier etiología (Lesiones Neurológicas Periféricas, Lesiones Musculares, Lesiones Tendinosas, etc.).

Los actuadores eléctricos (servomotores) solo pueden ser implementados en personas adultas, cambiando las dimensiones de las piezas de acuerdo a las dimensiones anatómicas de las manos. No se cuenta con adaptaciones para menores de edad.

3. REIVINDICACIONES:

- 1) Exoesqueleto de mano y muñeca con aplicaciones de rehabilitación funcional y asistencia en la manipulación de objetos para personas con discapacidad motriz de mano y muñeca, con ayuda de sensores de electromiografía para la rehabilitación activa y sensores de fuerza resistivos para el control del agarre de objetos, con un sistema de reconocimiento de voz electrónico para el control del exoesqueleto a través de comandos de voz para la rehabilitación pasiva y la manipulación de objetos, comprendiendo dicho exoesqueleto una primera interfase órtesis piel que corresponde a un guante de cuero y neopreno que protege la piel del paciente, comprendiendo una segunda interfase órtesis pasiva que corresponde a un conjunto de piezas de acrílico que se articulan paralelamente a las articulaciones de la mano para adaptar la estructura a la dinámica del movimiento de la mano, y comprendiendo una tercera interfase órtesis activa que corresponde al ensamblaje de servomotores de alta potencia encajados en las piezas de acrílico y articulados a las mismas de tal forma que permitan reproducir el movimiento de la mano.
- 2) Guante de cuero y neopreno de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por una pieza en neopreno (9) que recubre el dorso de la mano, cosida con hilo nylon (15) a piezas de cuero textil que recubren las caras laterales de la mano y la palma de la mano (11) y (12), las cuales a su vez están cosidas con hilo nylon a piezas en neopreno que recubren la muñeca (13) y (14), con correas de cuero textil (16,17,18,19,20,21,22,23,24 y 25) que cubren la superficie de los dedos de las manos a nivel de las falanges proximales y mediales, dejando libres las superficies articulares de los dedos y cosidas con hilo nylon a la pieza de neopreno que recubre el dorso de la mano, con sensores de fuerza resistivos (26,27,28,29 y 30) ubicados en las superficies de contacto de los dedos con objetos a nivel de las piezas de cuero que recubren las falanges proximal y media del I y II dedo, y a nivel de la pieza de cuero que recubre la falange media del IV dedo, con vainas protectoras de cuero para los cables de los sensores y servomotores.
- 3) Exoesqueleto del I dedo de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto comprende una pieza metálica 1 (37) ubicada en la muñeca que da soporte a la pieza1 de acrílico (38), comprendido por la pieza2 de acrílico (41) que contiene el servomotor1 (174) y se encuentra articulada a la pieza1 (38) de acrílico mediante un eje tipo remache (173)

para permitir el desplazamiento del servomotor1 durante la flexión y extensión de la muñeca, comprendido por la pieza3 de acrílico (47) que contiene el servomotor2 (176) y se articula a la palanca (175) del servomotor1 (174) para reproducir la abducción y aducción del I dedo, comprendido por la pieza 4 de acrílico (54) que contiene el servomotor3 (180) y se articula a la pieza3 de acrílico(47) y a la pieza5 de acrílico (65) mediante ejes tipo remache paralelamente a las articulaciones metacarpofalángica (178) e interfalángica (182) del I dedo, para permitir el movimiento de las piezas en sincronía con el movimiento del I dedo, y se articula con la palanca (177) del servomotor2 (176) para reproducir los movimientos de flexión y extensión de la falange proximal del I dedo, comprendido por la pieza5 (65) de acrílico que se articula también con la palanca (181) del servomotor3 (180) para reproducir los movimientos de flexión y extensión de la falange media del I dedo.

- 4) Exoesqueleto del II y III dedos de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto comprende la pieza6 de acrílico (74) que contiene el servomotor4 (184) y está ubicada en el dorso de la mano sobre los metacarpianos II y III, comprendido por la pieza7 de acrílico (83) que contiene el servomotor5 (188) y se articula con la pieza6 de acrílico (74) y pieza8 de acrílico (96) mediante ejes tipo remache paralelos a la articulación metacarpofalángica (186) e interfalángica proximal (190) del II dedo respectivamente, para permitir el movimiento de las piezas en sincronía con el movimiento del II y III dedos, y se articula también con la palanca (185) del servomotor4 (184) para reproducir los movimientos de flexión y extensión de las falanges proximales del II y III dedos, comprendido por la pieza8 de acrílico (96) que se articula también con la pieza 9 de acrílico (104) a nivel dorsal mediante un eje tipo remache (191) entre la falange media del II y III dedos, comprendido por la pieza9 de acrílico (104) que se une a la palanca (189) del servomotor5 (188) y transmite el movimiento de este a la pieza8 de acrílico (96) , para reproducir los movimientos de flexión y extensión de las falanges mediales del II y III dedos.
- 5) Exoesqueleto del IV y V dedos de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto comprende la pieza10 de acrílico (12) que contiene el servomotor6 (192) y está ubicada en el dorso de la mano sobre los metacarpianos IV y V, comprendido por la pieza11 de acrílico (120) que contiene el servomotor7 (196) y se articula con la pieza10 de acrílico (112) y a la pieza12 de acrílico (133) mediante ejes tipo

remaches paralelos a la articulación metacarpofalángica (195) e interfalángica proximal (198) del V dedo respectivamente, para permitir el movimiento de las piezas en sincronía con el movimiento del IV y V dedos, y se articula también con la palanca (193) del servomotor6 (192) para reproducir los movimientos de flexión y extensión de las falanges proximales del IV y V dedos, comprendido por la pieza12 de acrílico (133) que se articula también con la pieza 13 de acrílico (141) mediante un eje tipo remache a nivel dorsal entre la falange media del IV y V dedos (199), comprendido por la pieza13 de acrílico (141) que se une a la palanca (197) del servomotor7 (196) y transmite el movimiento de este a la pieza12 de acrílico (133), para reproducir los movimientos de flexión y extensión de las falanges mediales del IV y V dedos.

- 6) Exoesqueleto de muñeca de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto comprende la pieza metálica 1 (37) y la pieza metálica 2 (164), ubicadas en cara interna y externa de la muñeca respectivamente, para dar soporte a la pieza1 de acrílico (38) y a la pieza16 de acrílico (161) respectivamente, las cuales se articulan mediante ejes tipo remache (173 y 202) a la pieza2 de acrílico (41) y a la pieza15 de acrílico (155) respectivamente, para permitir el desplazamiento del servomotor1 y el servomotor8 durante los movimientos de flexión y extensión de la muñeca, comprendido por la pieza3 de acrílico (47) y la pieza14 de acrílico (148) articuladas a la palanca (175) del servomotor 1 (176) y a la palanca (201) del servomotor8 (200) respectivamente, para asistir y regular el movimiento de flexión y extensión de la muñeca.
- 7) Exoesqueleto de mano y muñeca de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto comprende cinco sensores de fuerza resistiva (26, 27, 28, 29 y 30) ubicados en el guante de cuero y neopreno, sobre las superficies de contacto de los dedos con objetos, para determinar la fuerza con la que se agarran los objetos y con esta señal controlar el movimiento de los servomotores.
- 8) Exoesqueleto de mano y muñeca de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto comprende un módulo de reconocimiento de voz acoplado a una tarjeta de control electrónica, para que el paciente controle el exoesqueleto a través de comandos de voz para abrir y cerrar la mano, agarrar objetos, mover los dedos, y todos los procesos de rehabilitación pasiva y manipulación de objetos.

- 9) Exoesqueleto de mano y muñeca de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto cuenta con una fuente de alimentación certificada para uso médico, un módulo de control adaptado a las caras laterales de una silla de descanso para el paciente discapacitado, y un módulo de reconocimiento de voz para el control del exoesqueleto por el paciente, componentes de diseño que garantizan la rehabilitación y asistencia de la mano del paciente en el ambiente institucional y doméstico.
- 10) Exoesqueleto de mano y muñeca de acuerdo a reivindicación 1, caracterizado por que dicho exoesqueleto cuenta con un código de programación para el módulo de control electrónico del exoesqueleto, que le permite reconocer los comandos de voz del paciente y responder con el movimiento coordinado y sincrónico de los servomotores, para garantizar los movimientos funcionales de la mano de acuerdo a las instrucciones del paciente, comprendido por un programa de asistencia para abrir, cerrar, agarrar y soltar la mano derecha, izquierda o ambas manos al mismo tiempo, comprendido por un programa de asistencia en la manipulación de objetos específicos como vaso, lápiz, cuchara, o para el movimiento de pinza, comprendido por un programa para la rehabilitación pasiva con movimientos de abrir y cerrar de mano durante 5, 10 y 15 minutos, comprendido por un programa para la rehabilitación activa que responde a la señal entregada por los sensores musculares y abre o cierra la mano del paciente de acuerdo a la intensidad de la contracción muscular percibida por dichos sensores.


JUAN DAVID MORENO ARANGO
CC: 75.076.197 de Manizales
Investigador Principal


JULIAN ALBERTO MORENO ARANGO
CC: 75.084.785 de Manizales
Coinvestigador

CAPITULO DE DIBUJOS

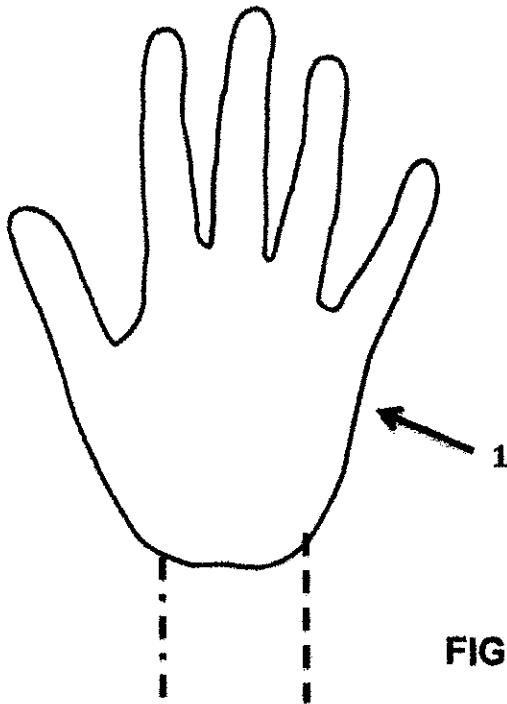


FIGURA 1

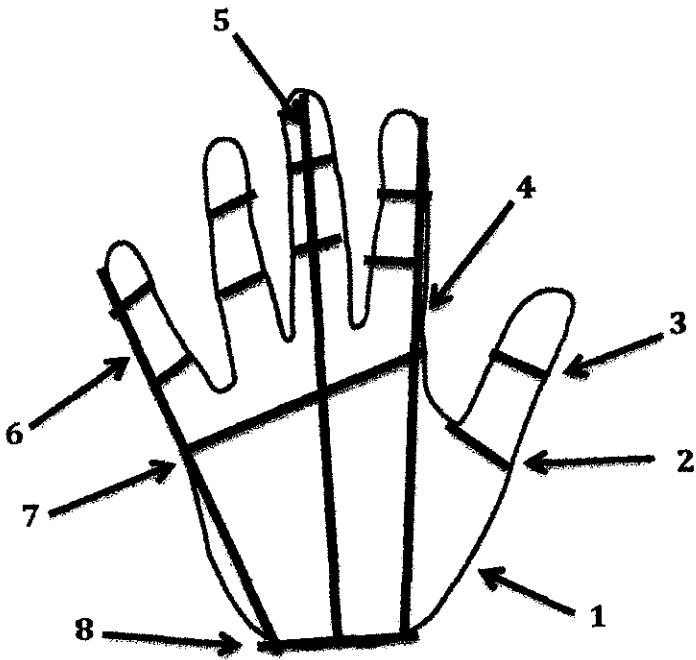


FIGURA 2

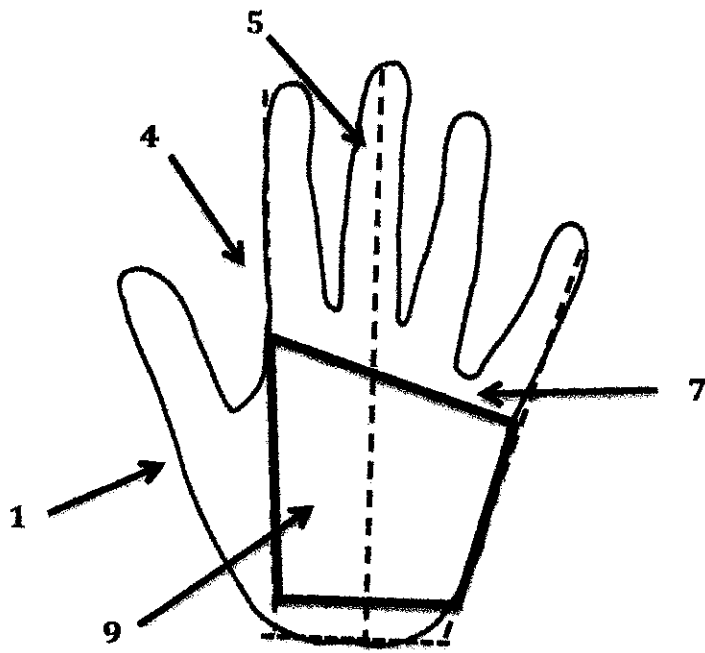


FIGURA 3

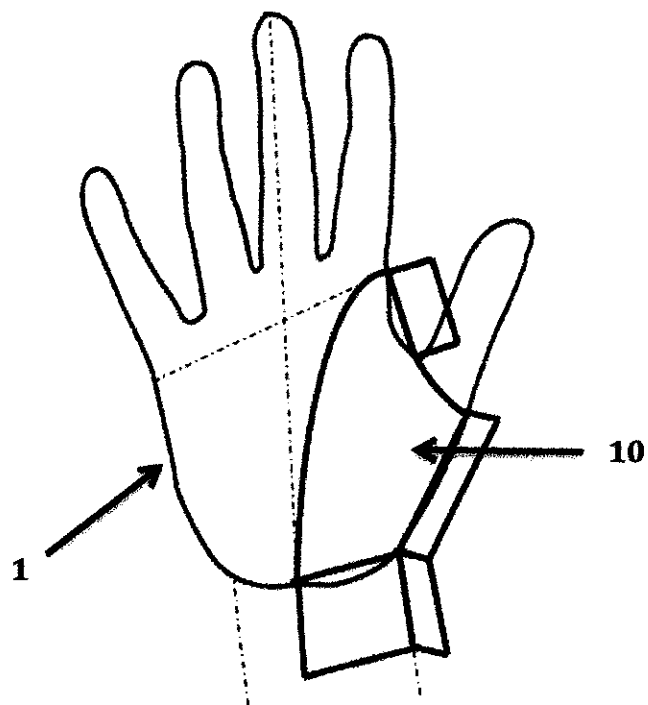


FIGURA 4

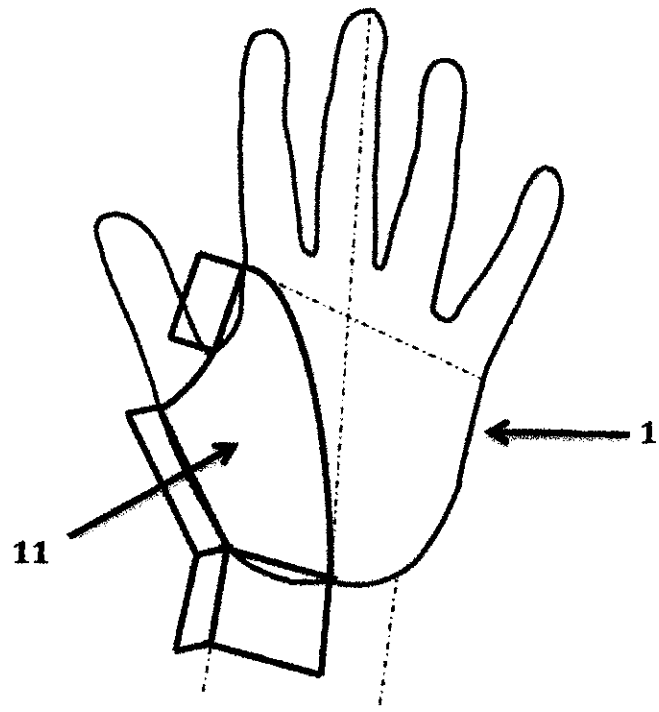


FIGURA 5

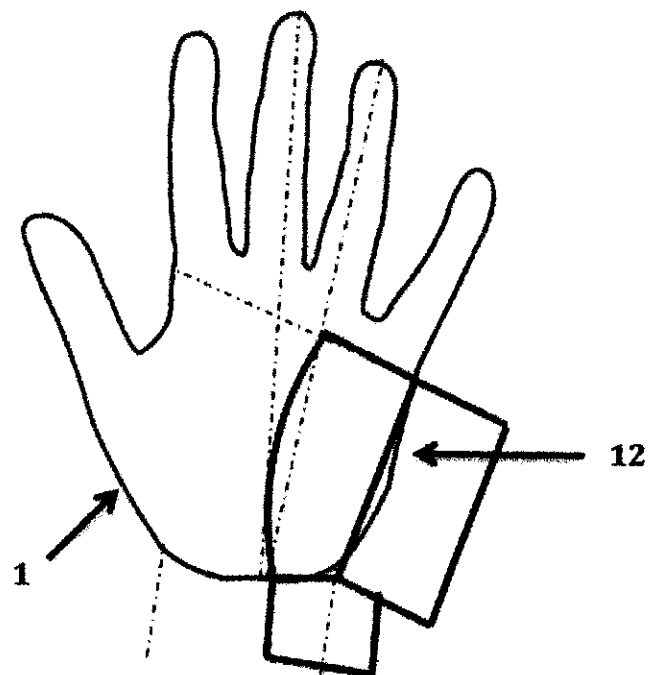


FIGURA 6

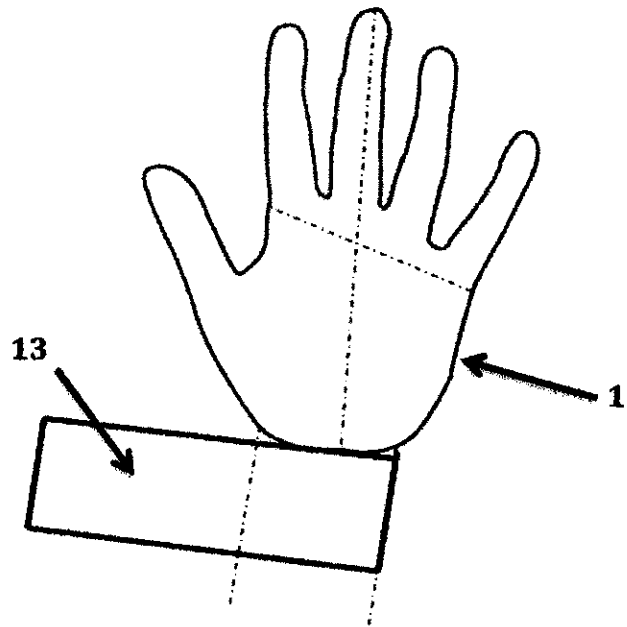


FIGURA 7

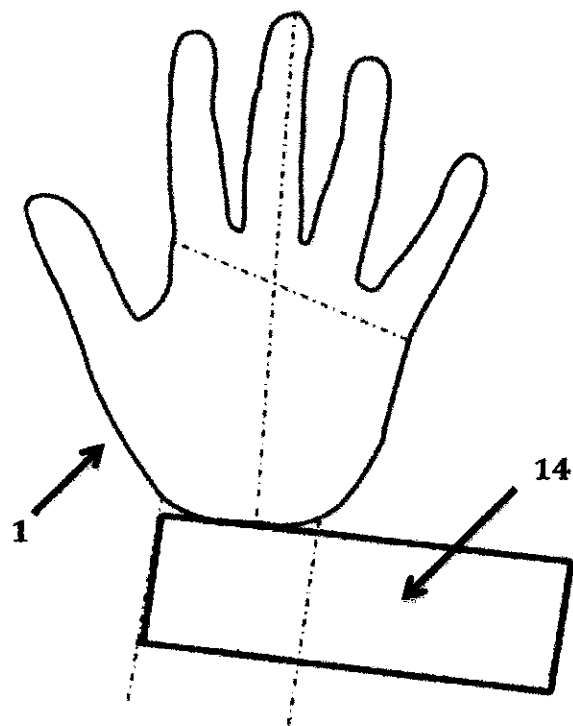


FIGURA 8

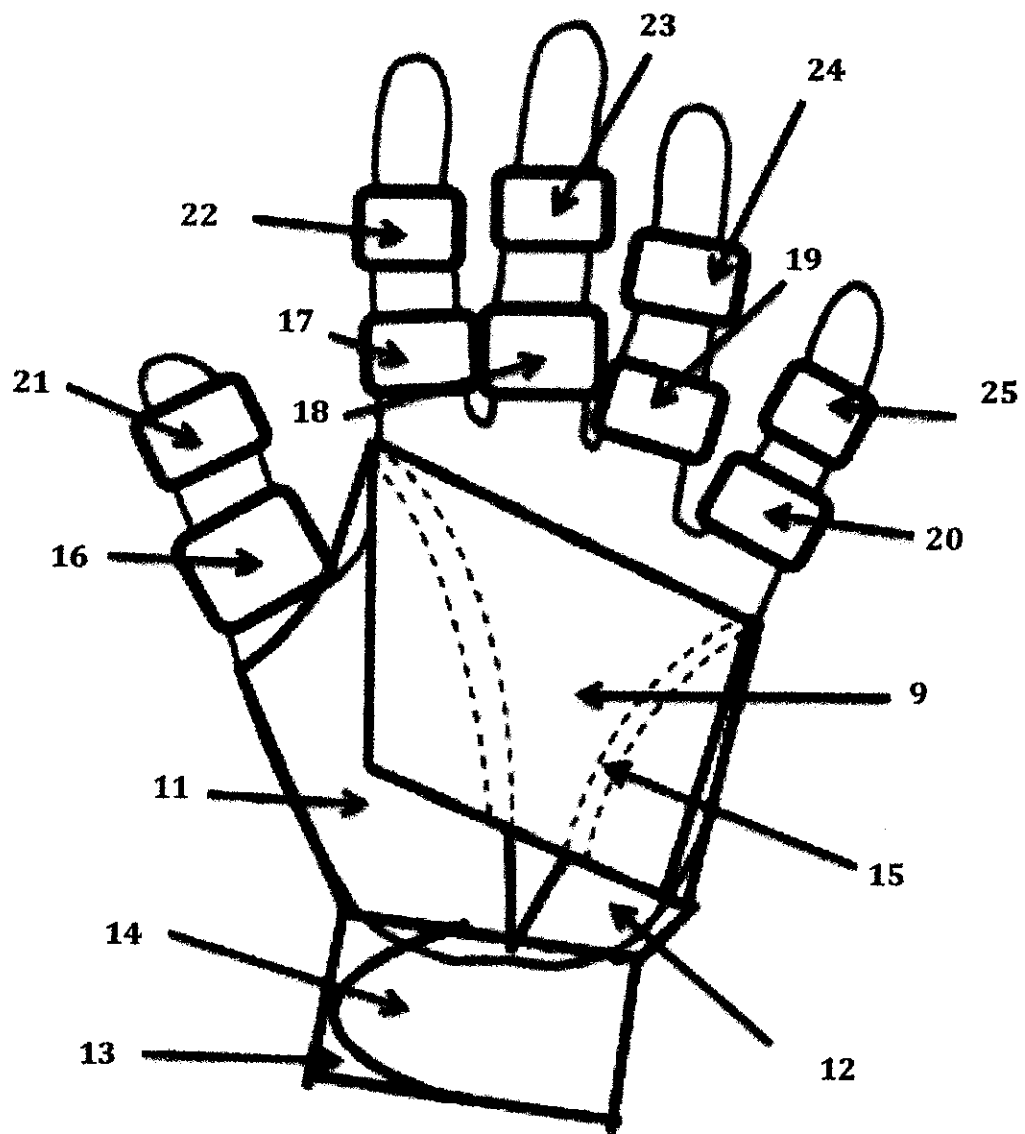


FIGURA 9

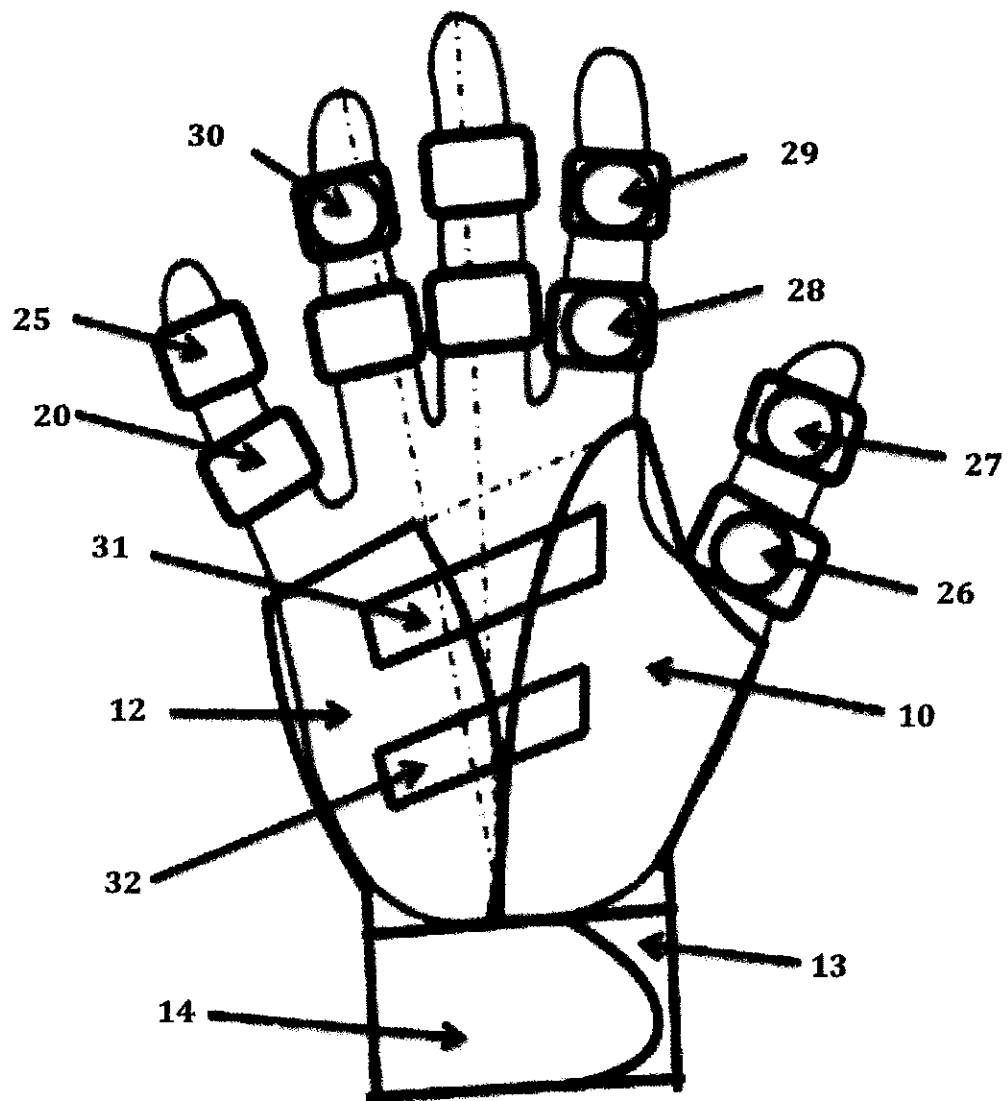


FIGURA 10

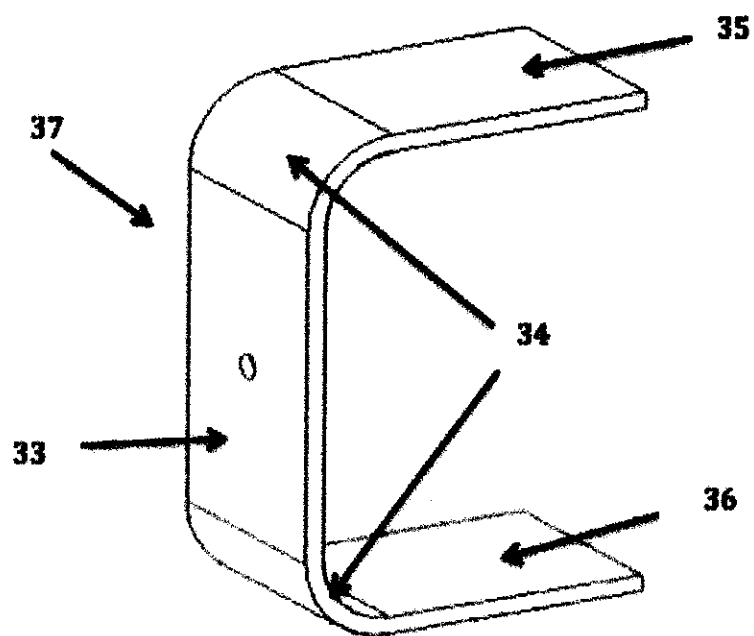


FIGURA 11

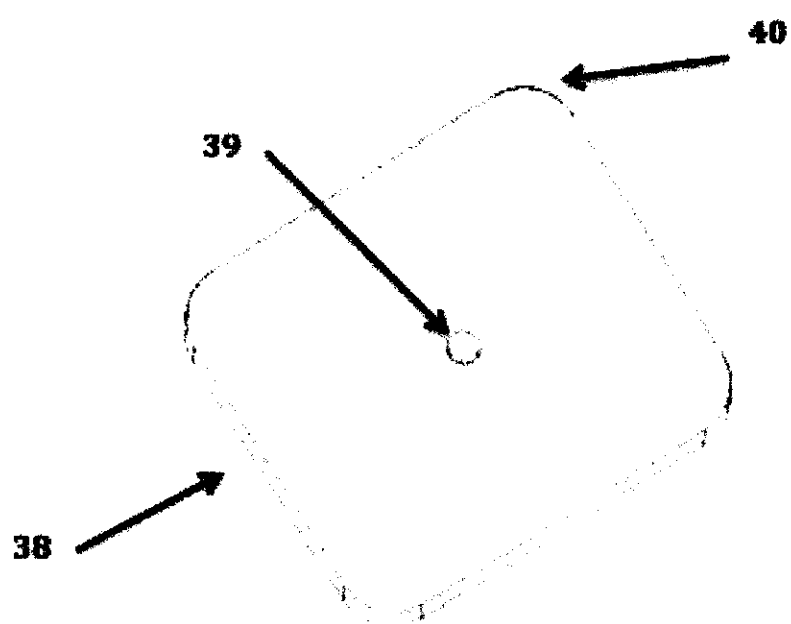


FIGURA 12

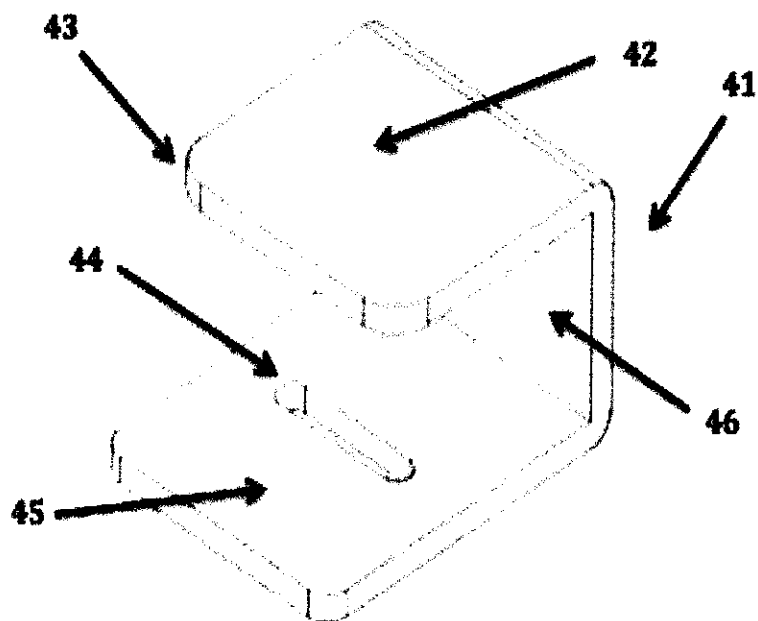


FIGURA 13

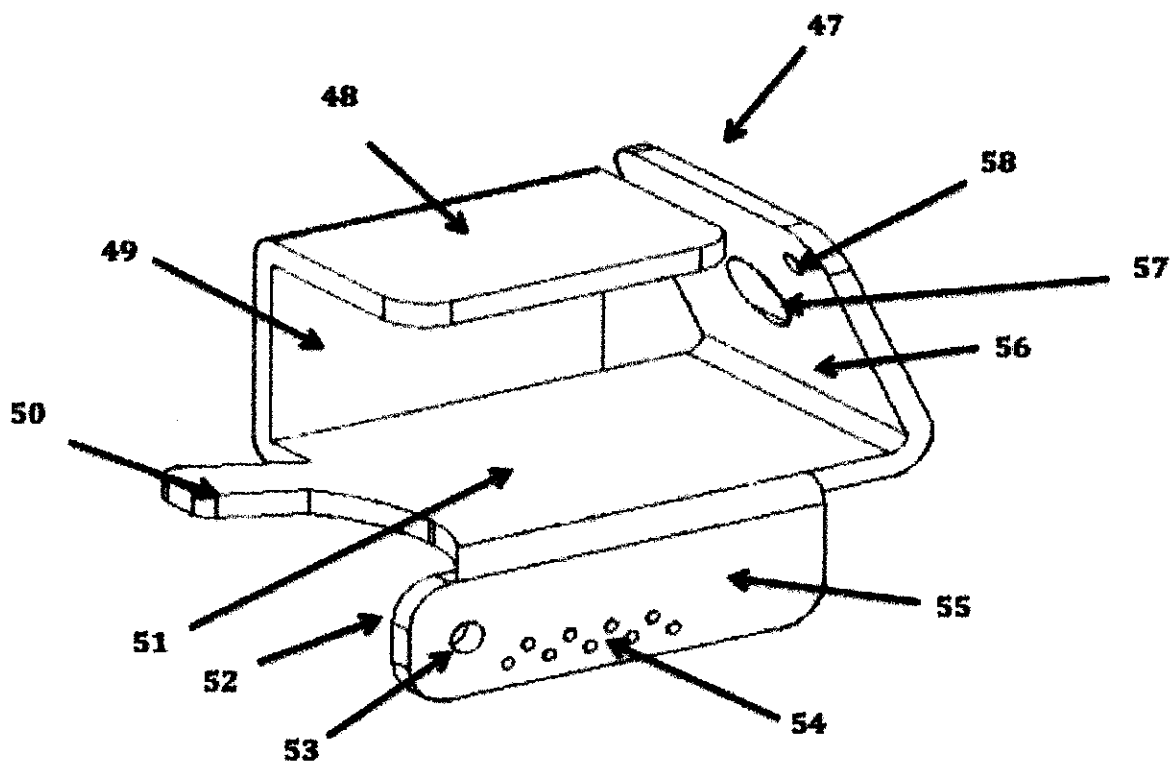


FIGURA 14

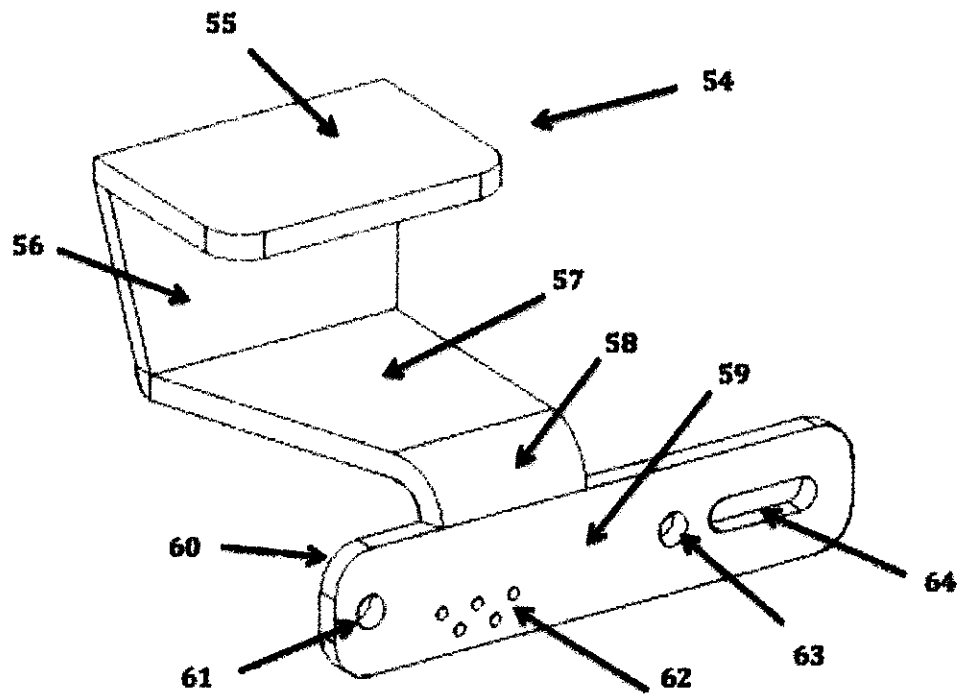


FIGURA 15

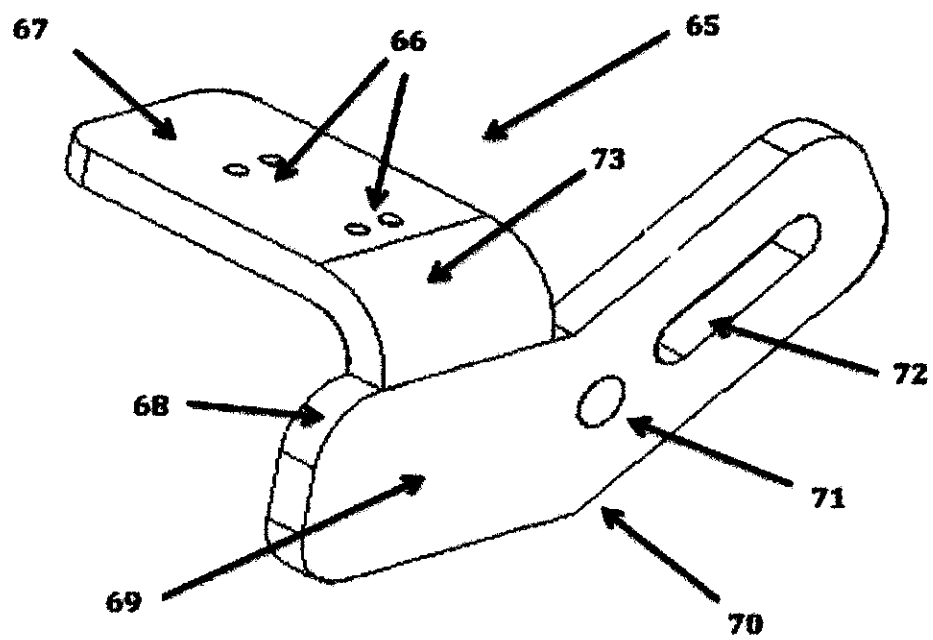


FIGURA 16

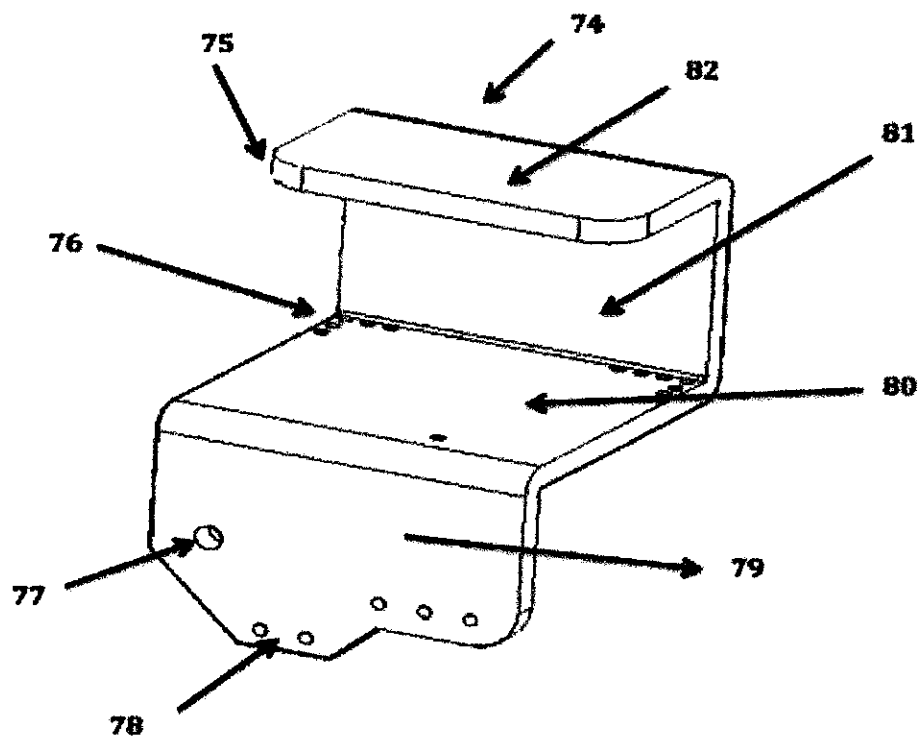


FIGURA 17

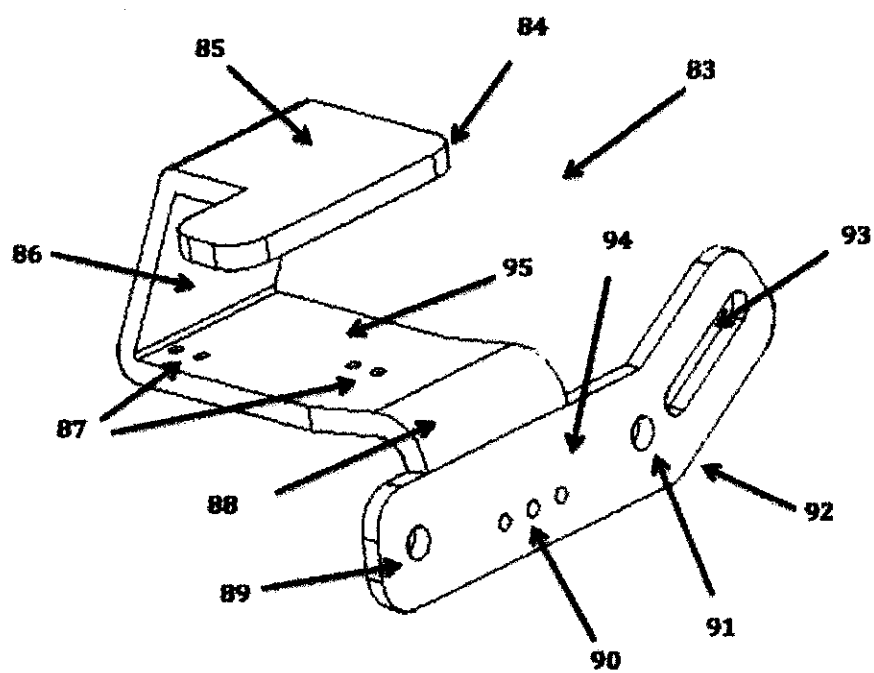


FIGURA 18

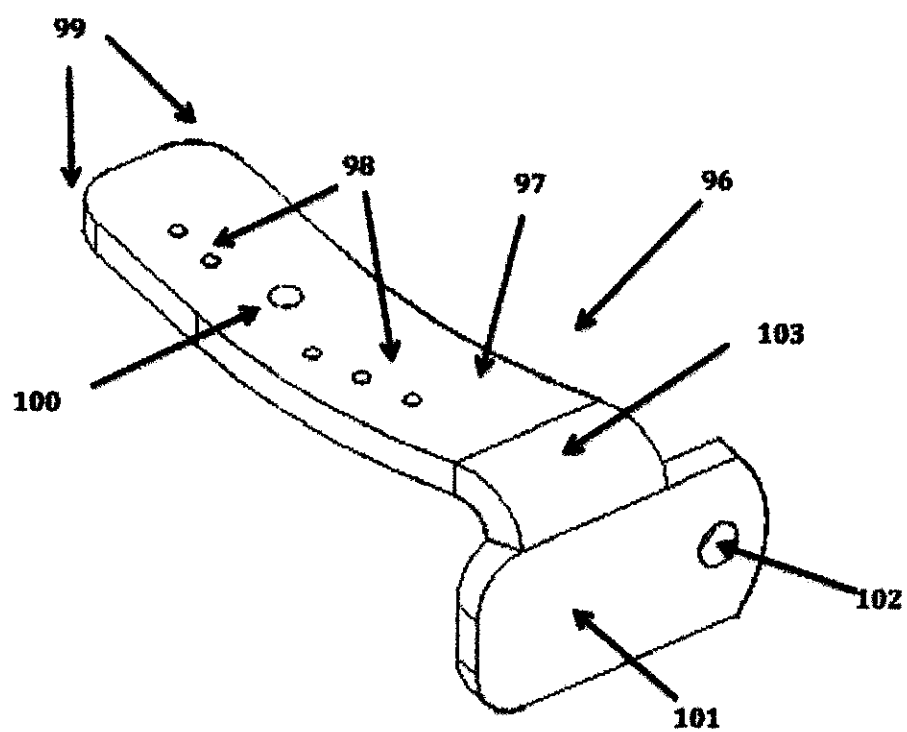


FIGURA 19

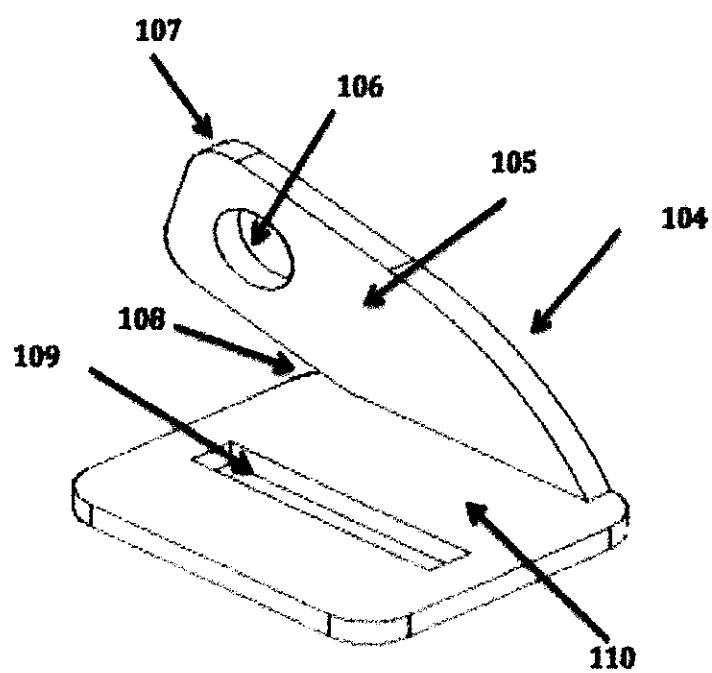


FIGURA 20

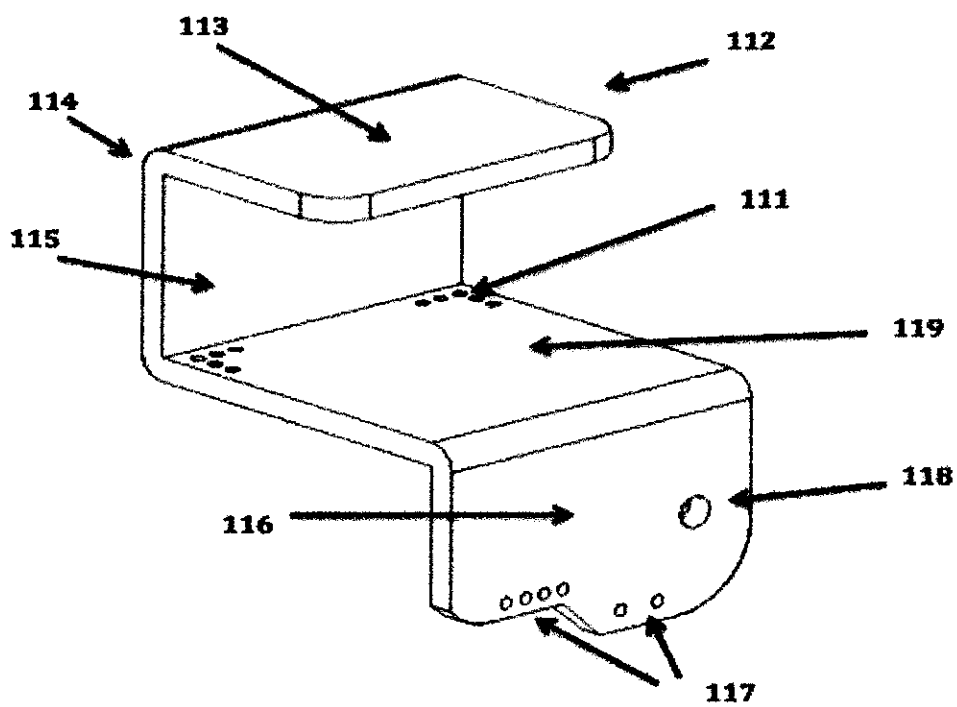


FIGURA 21

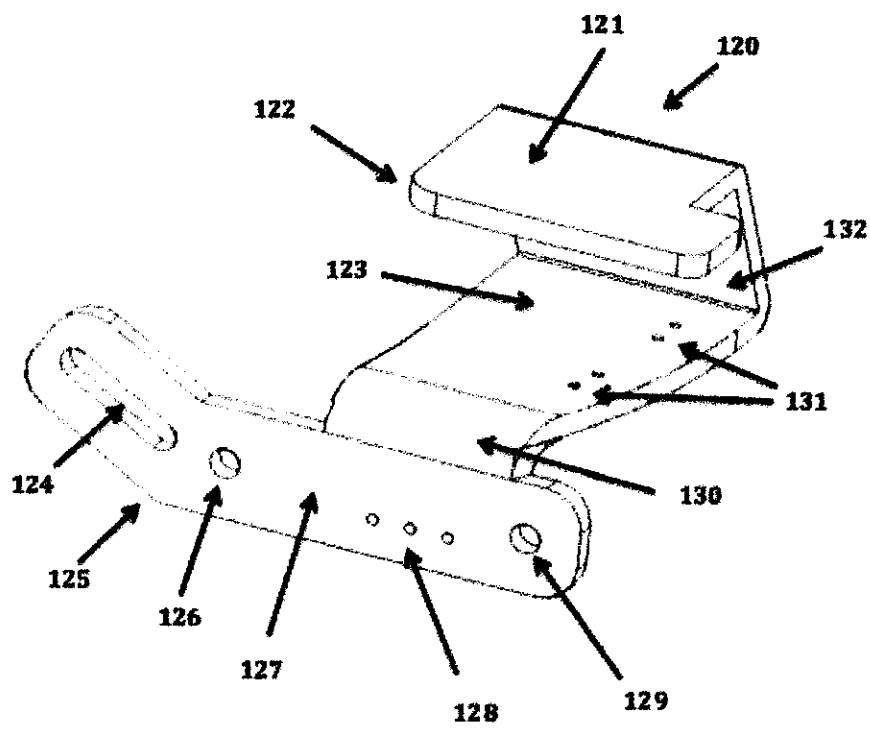
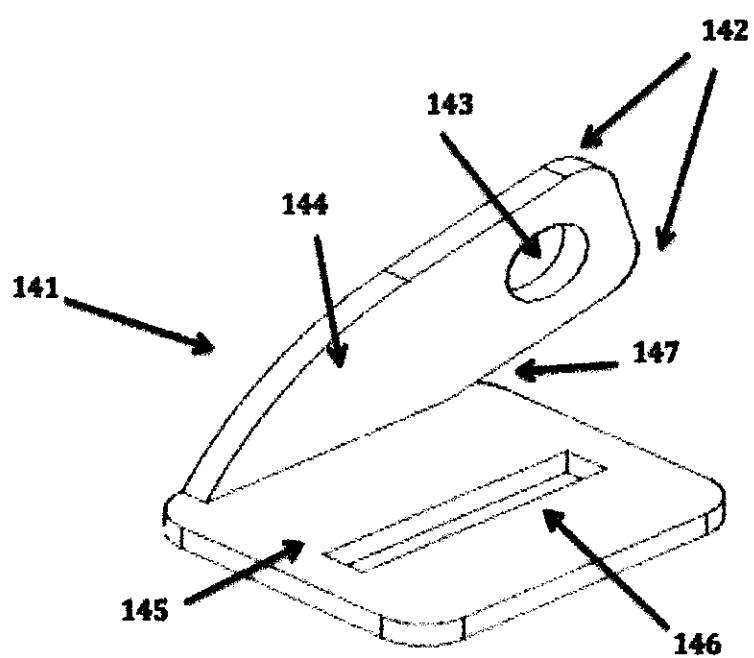
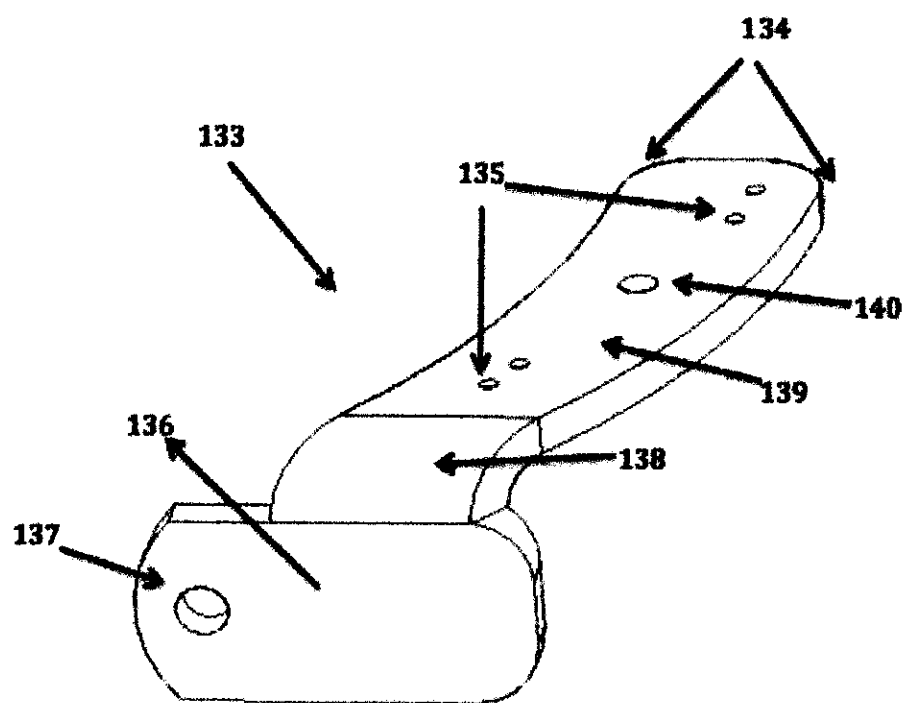


FIGURA 22



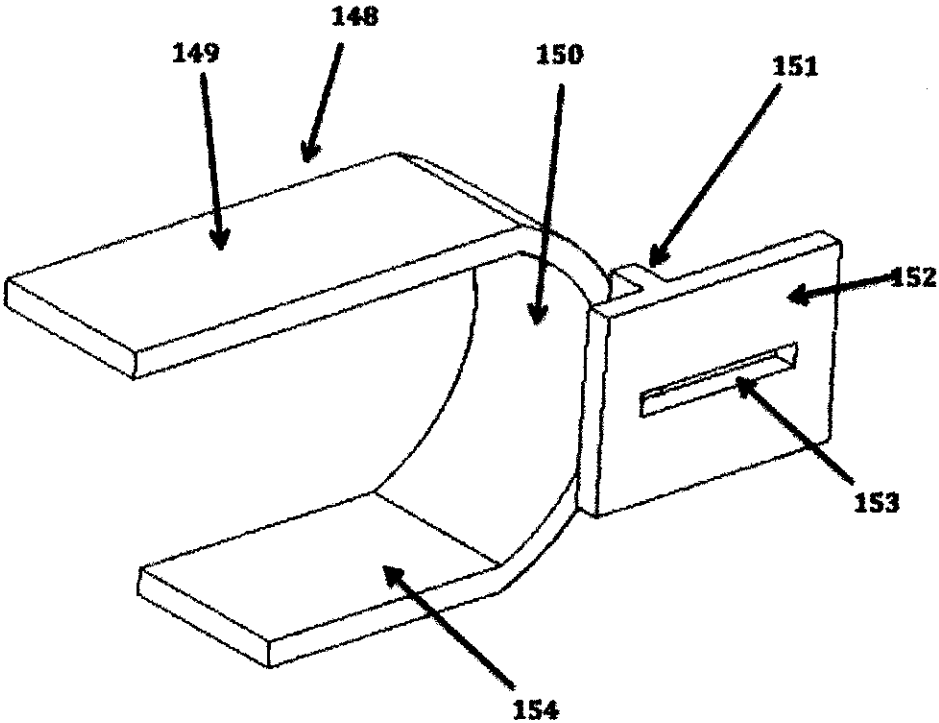


FIGURA 25

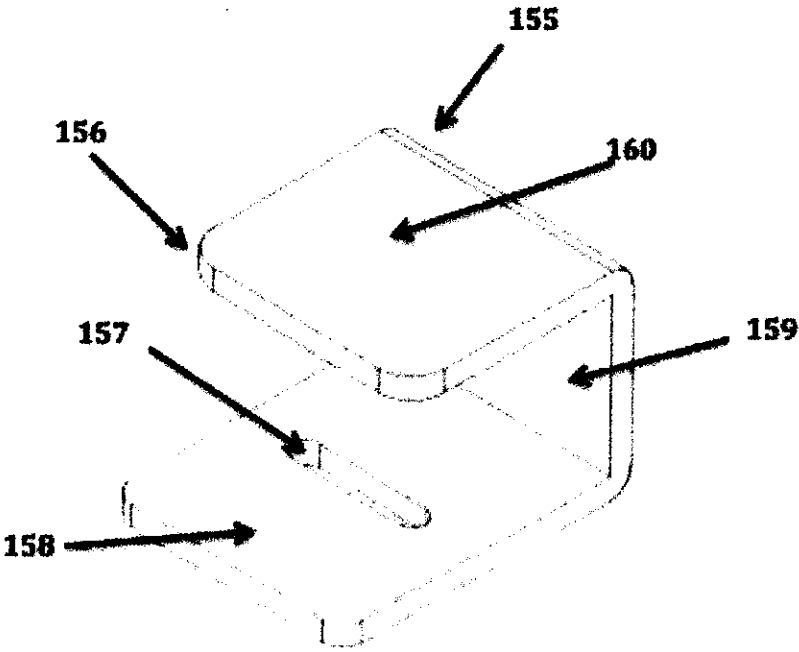


FIGURA 26

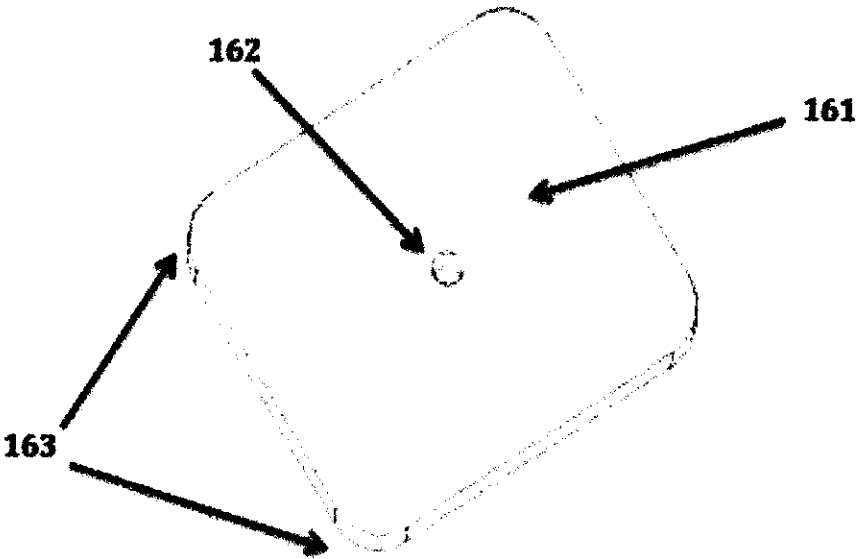


FIGURA 27

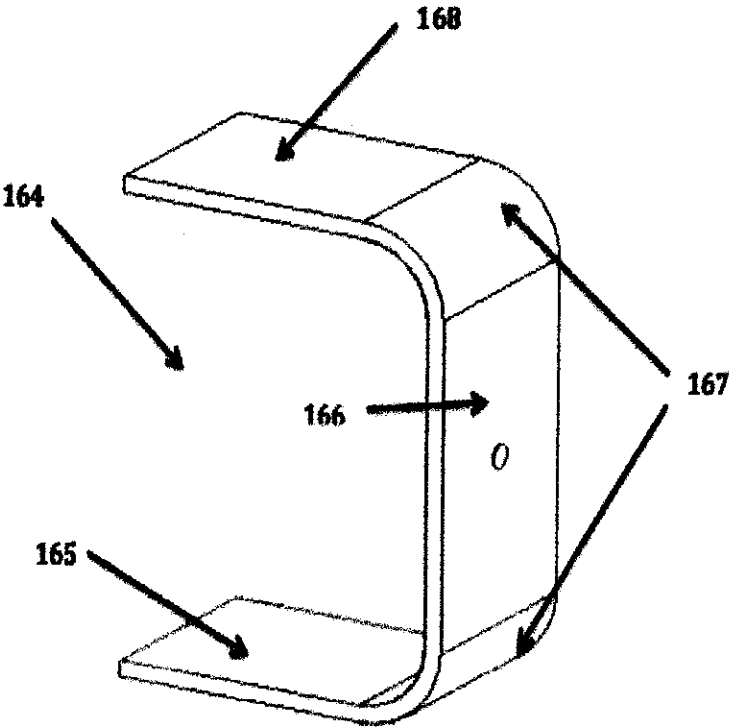


FIGURA 28

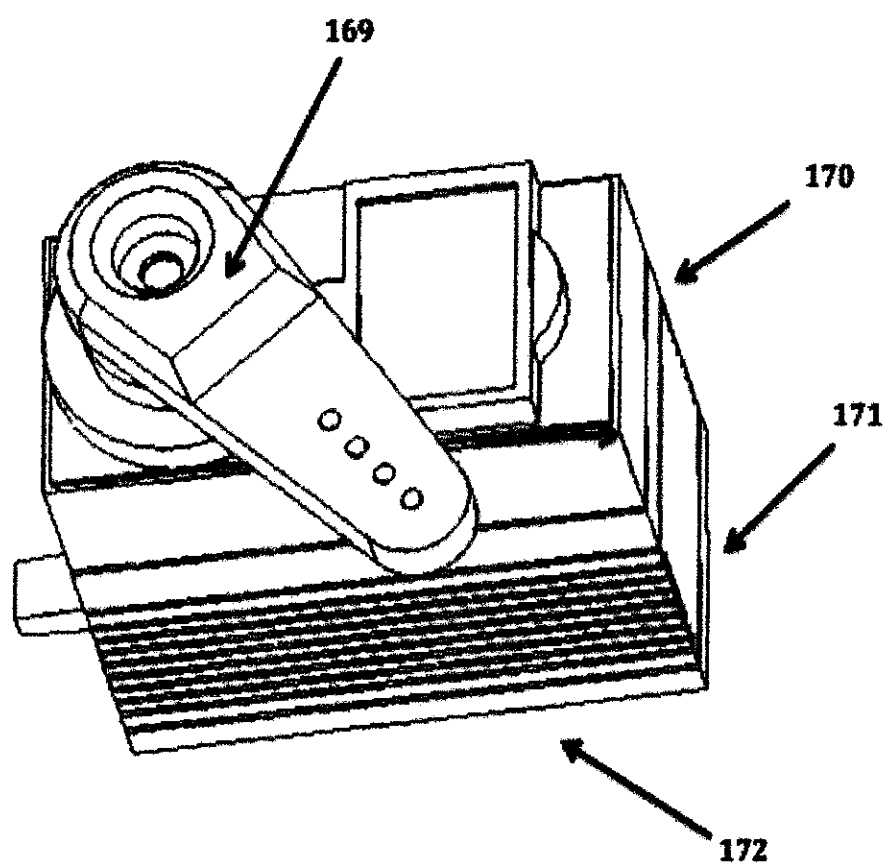


FIGURA 29

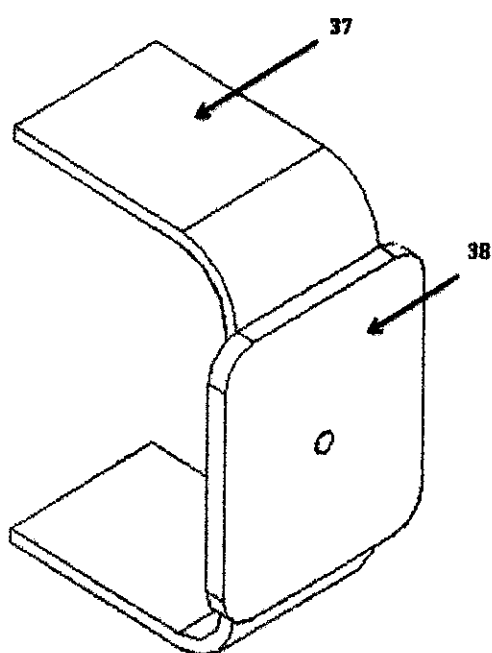


FIGURA 30

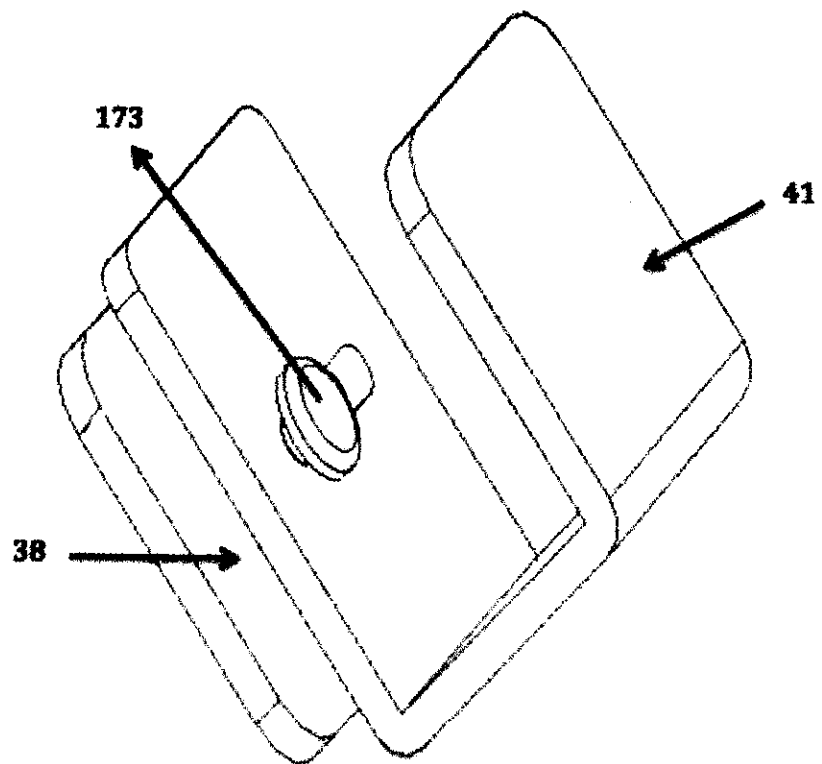


FIGURA 31

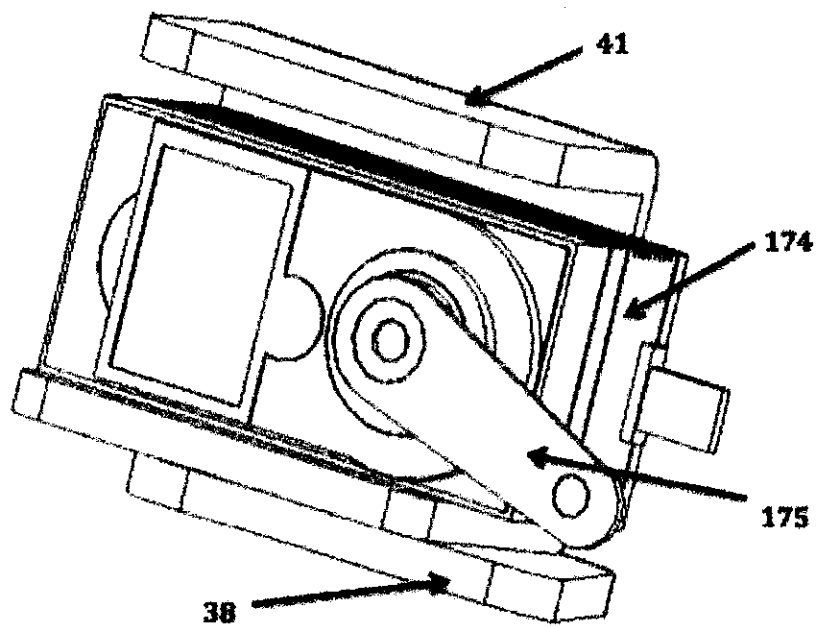


FIGURA 32

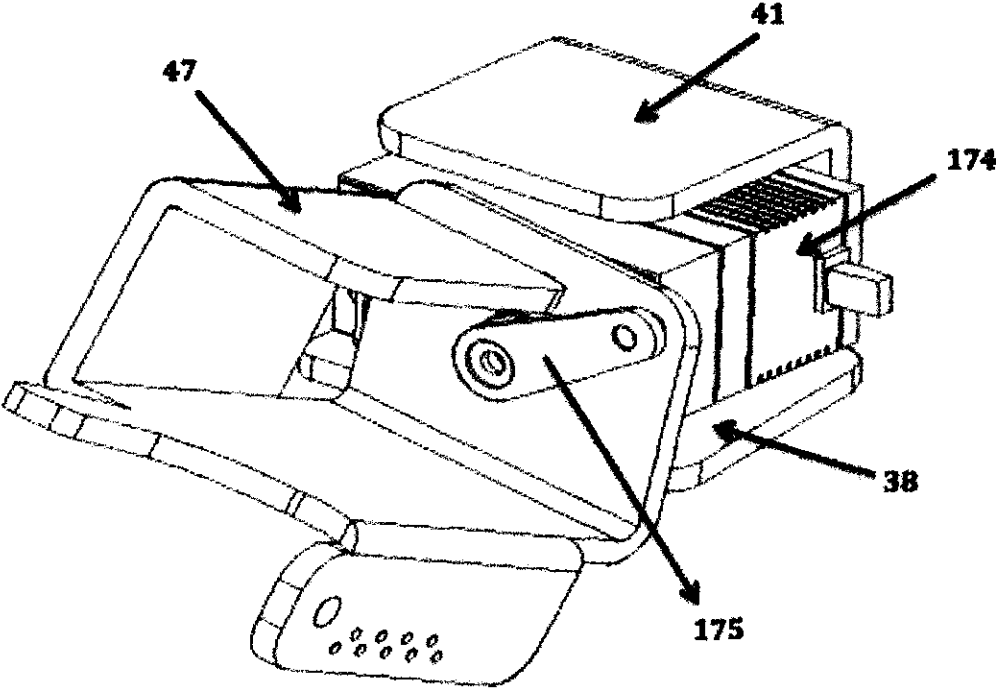


FIGURA 33

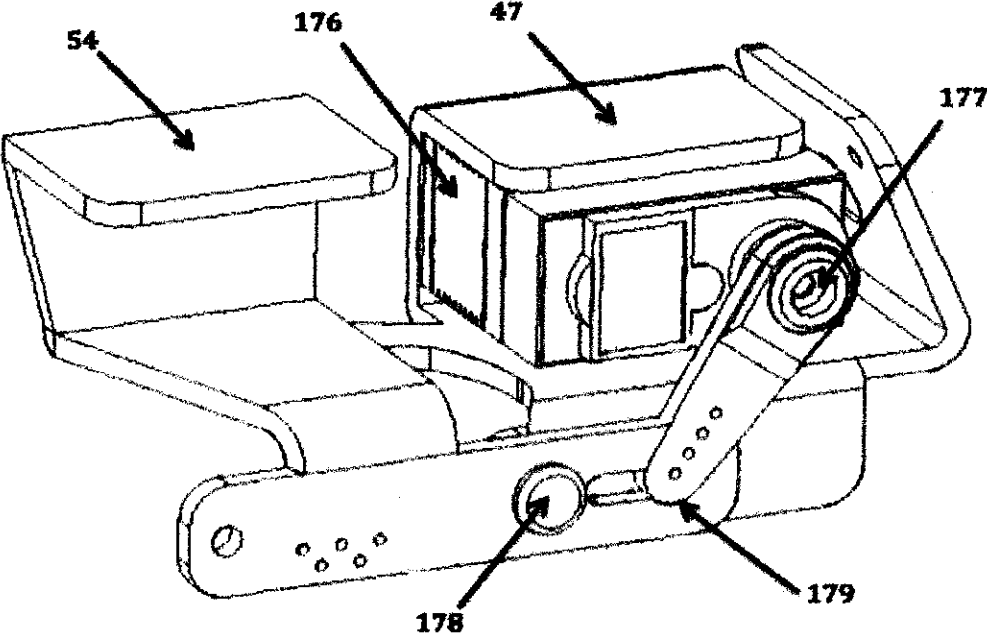


FIGURA 34

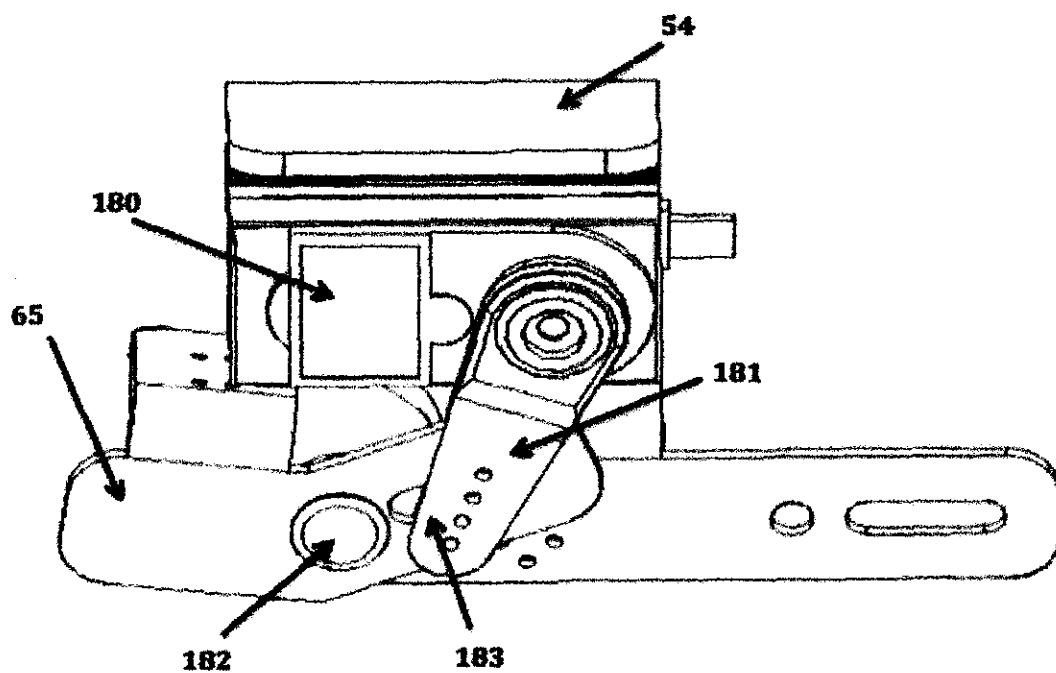


FIGURA 35

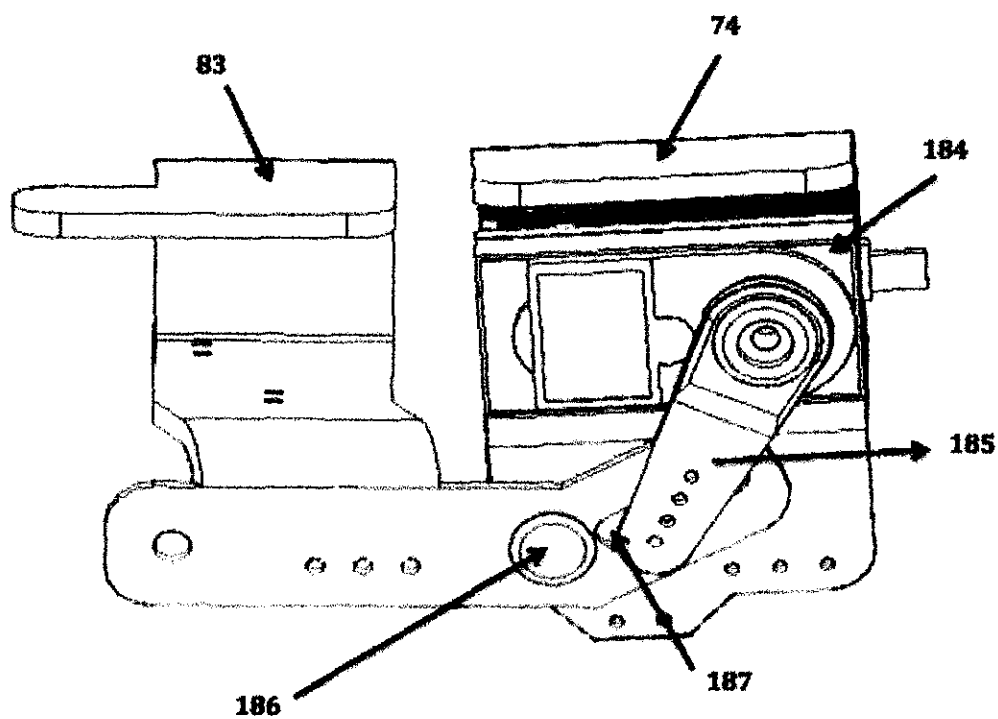


FIGURA 36

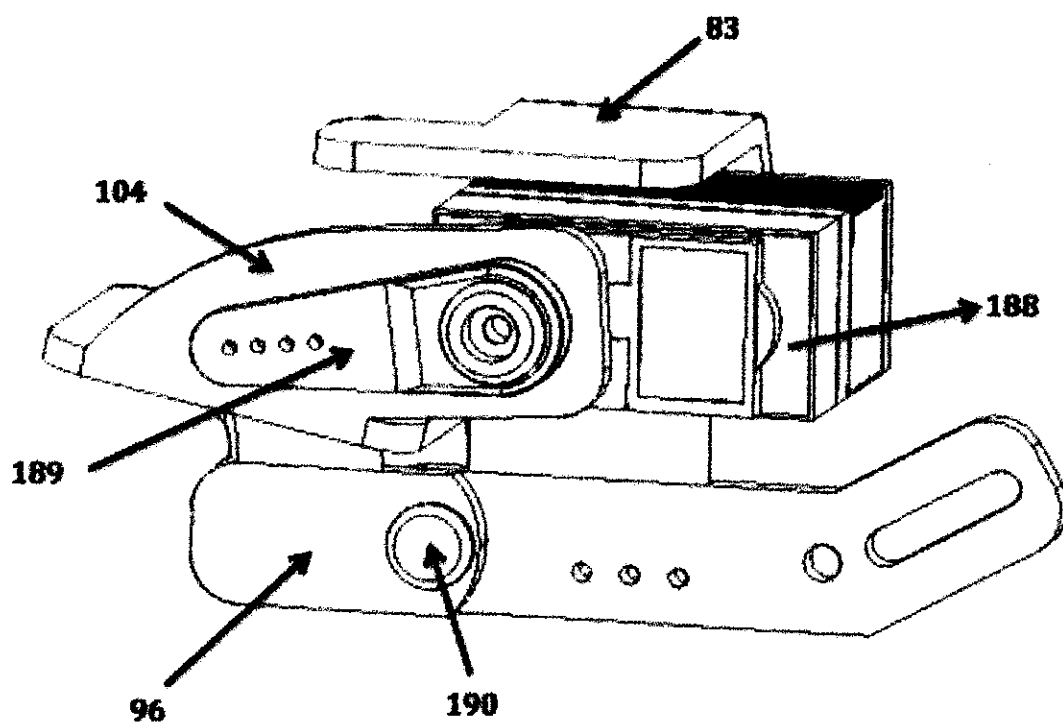


FIGURA 37

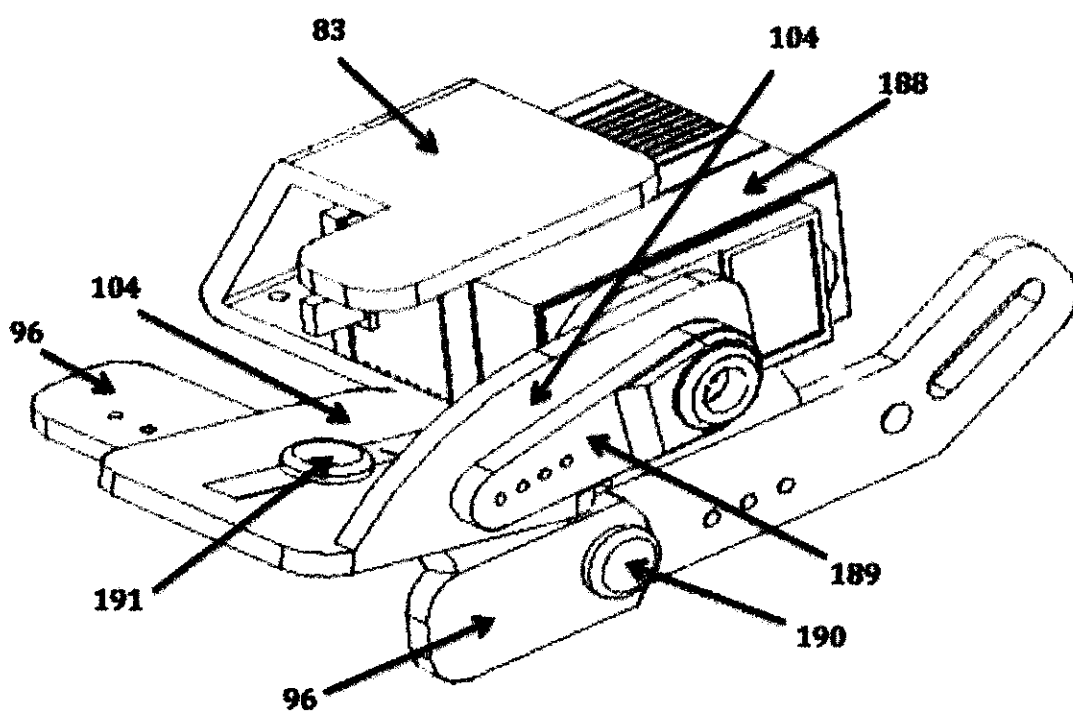


FIGURA 38

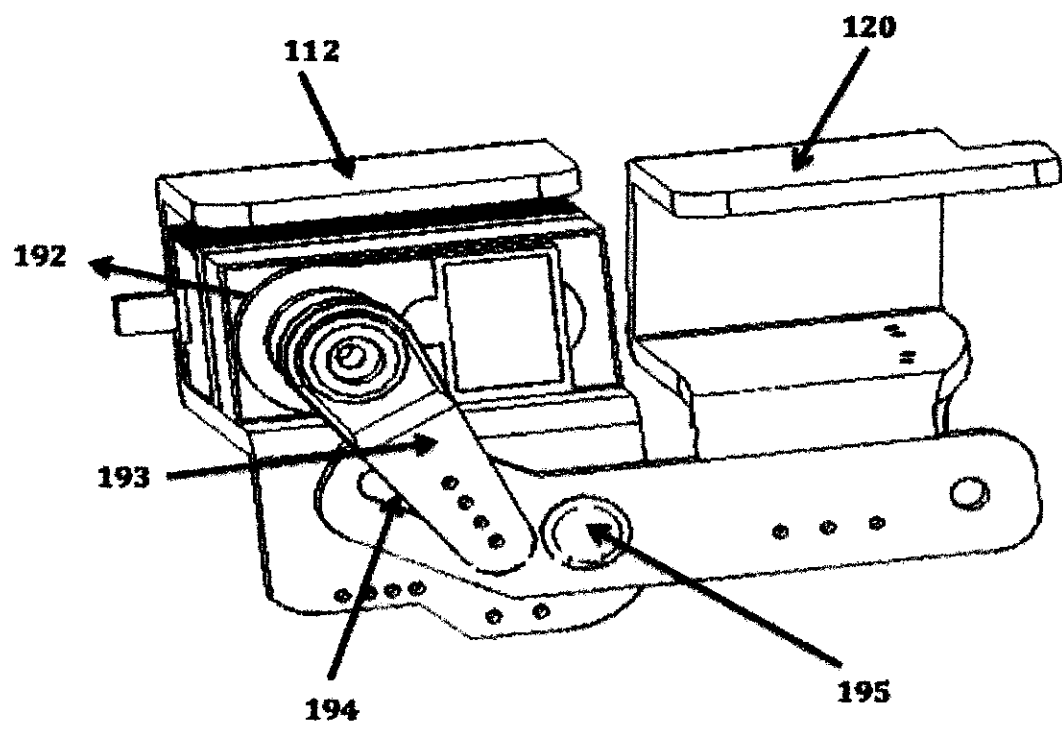


FIGURA 39

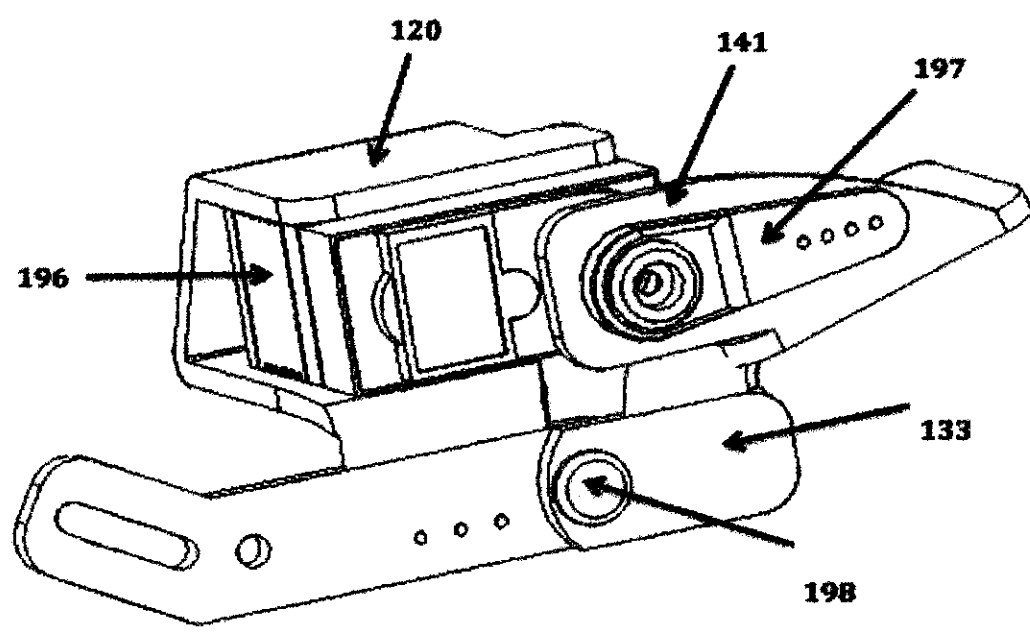


FIGURA 40

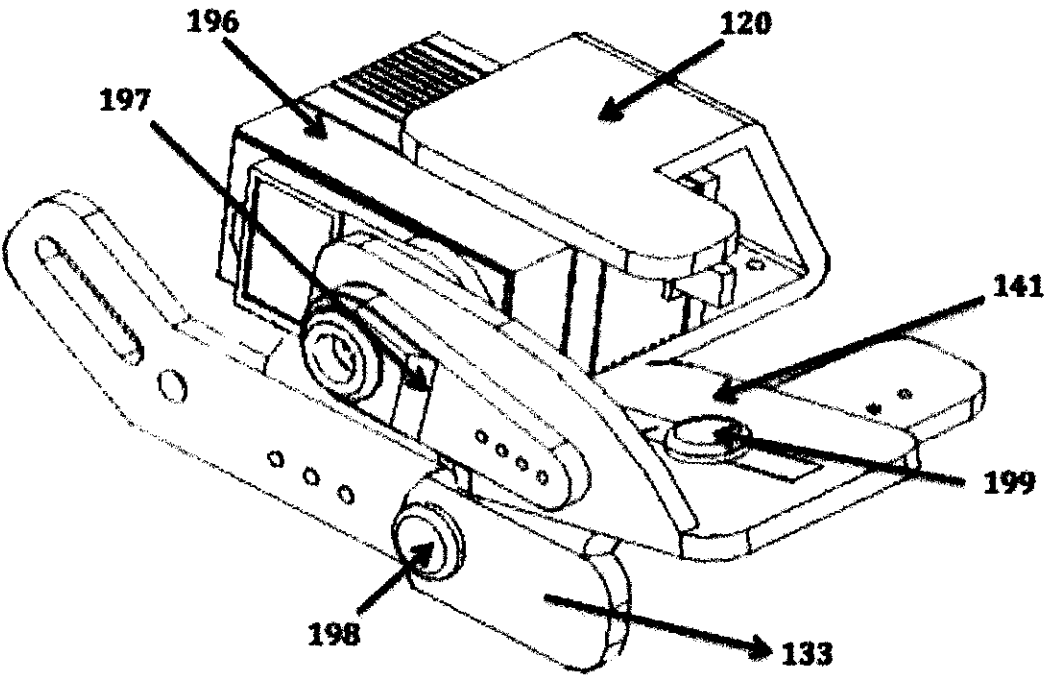


FIGURA 41

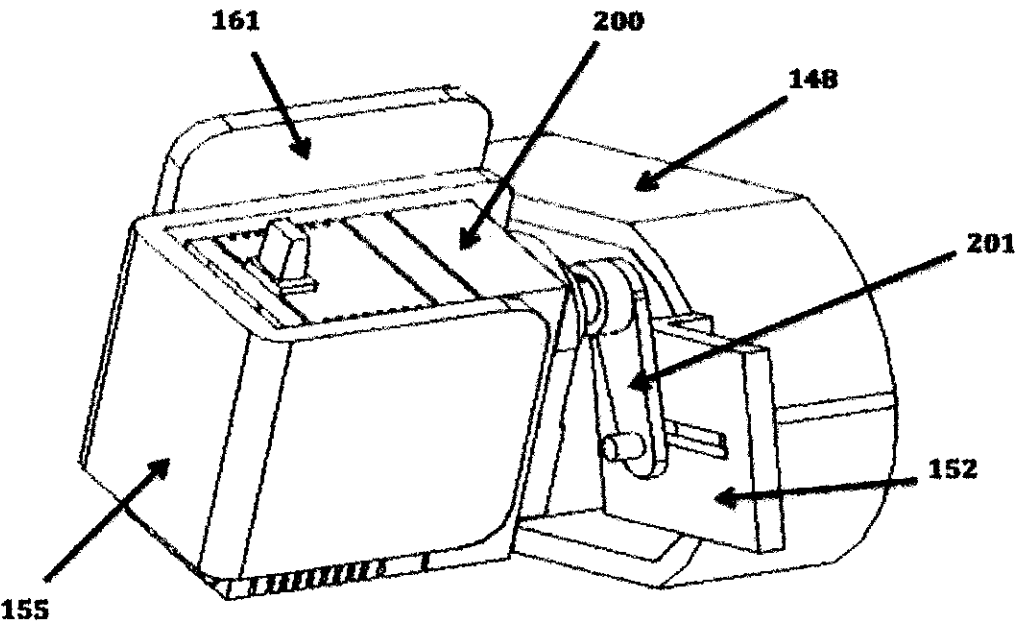


FIGURA 42

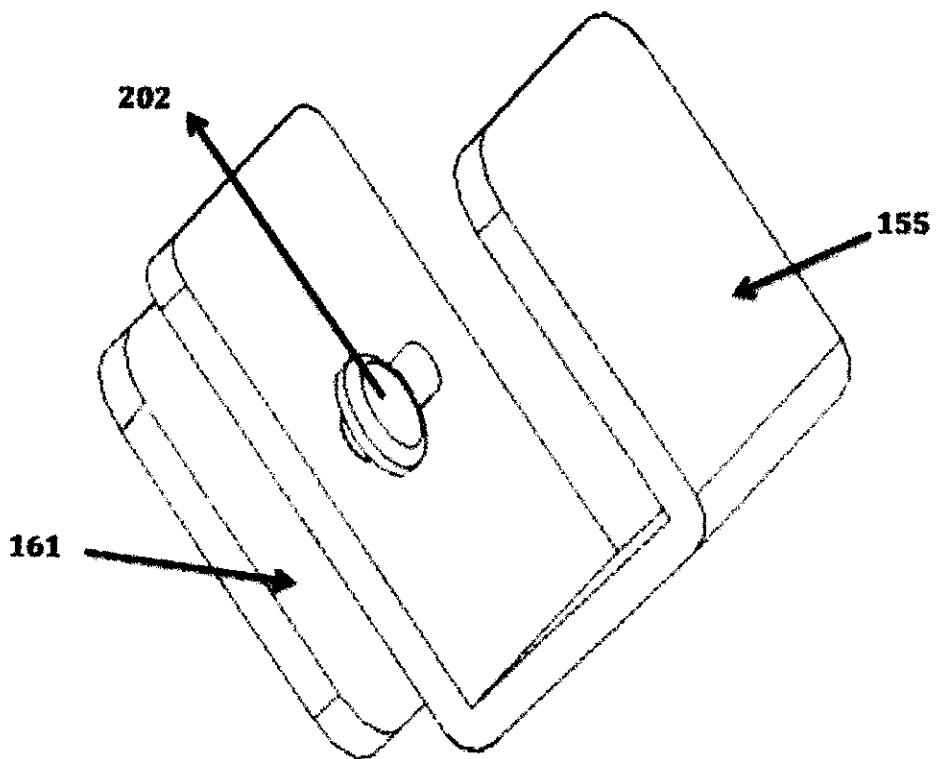


FIGURA 43

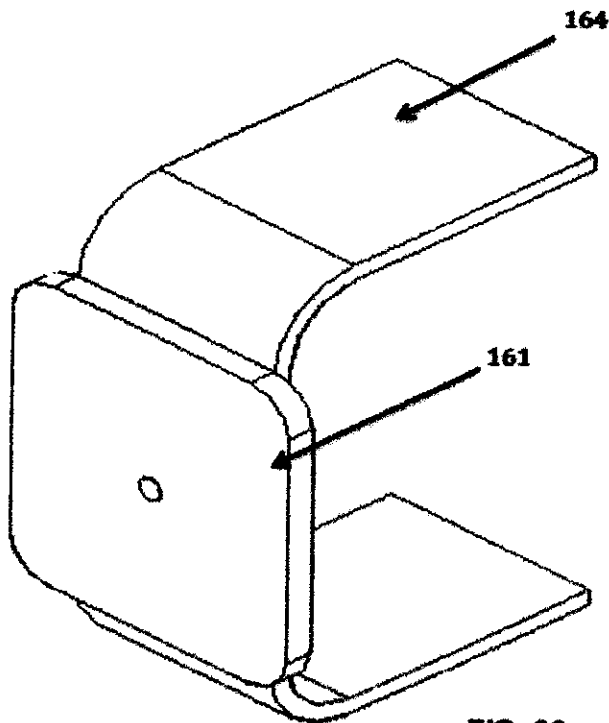
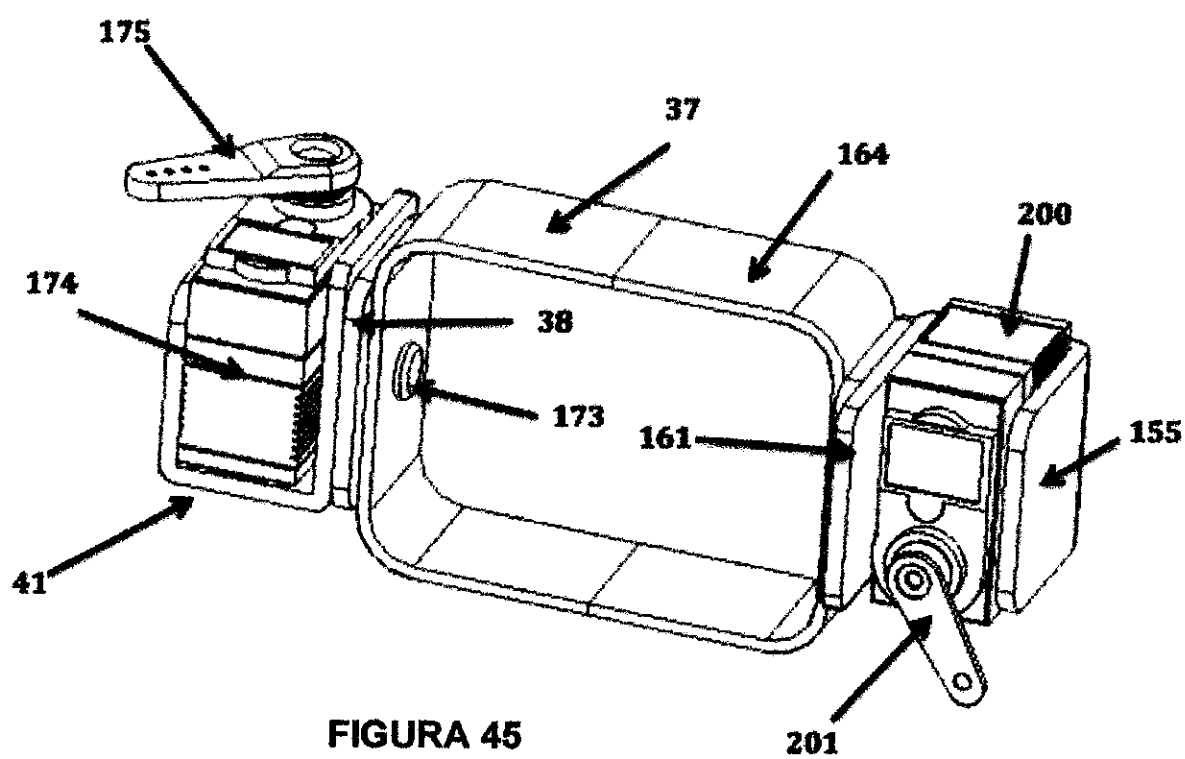


FIG. 36

FIGURA 44



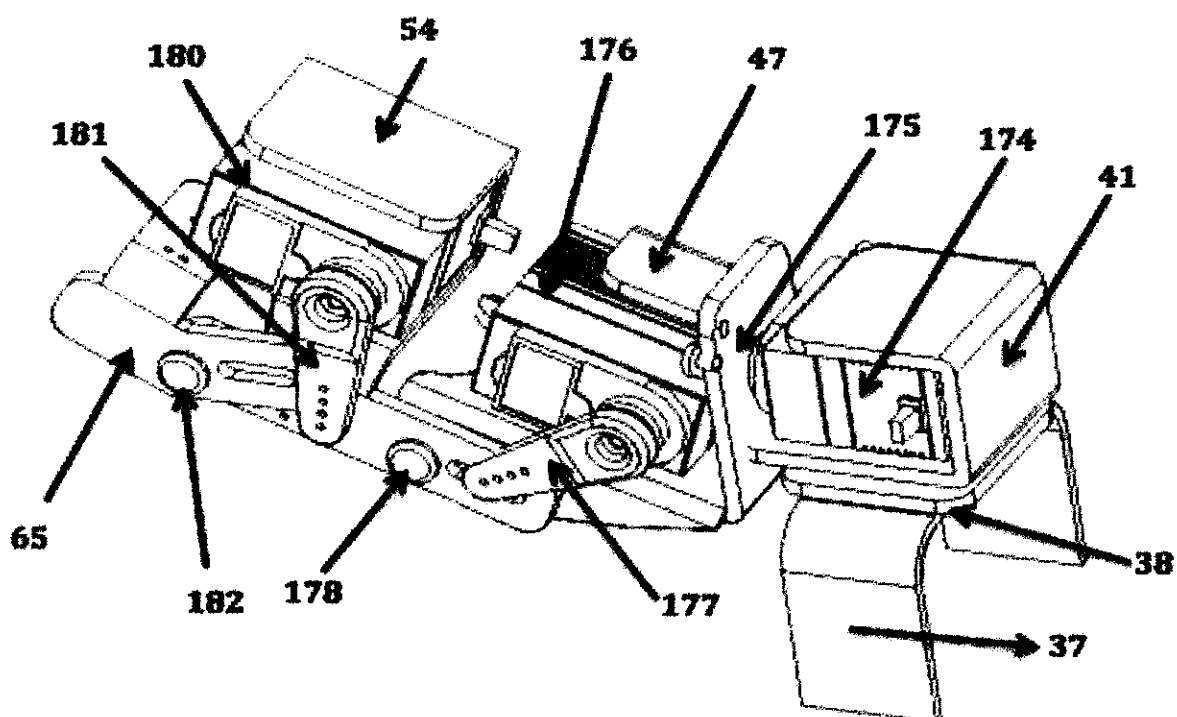


FIGURA 46

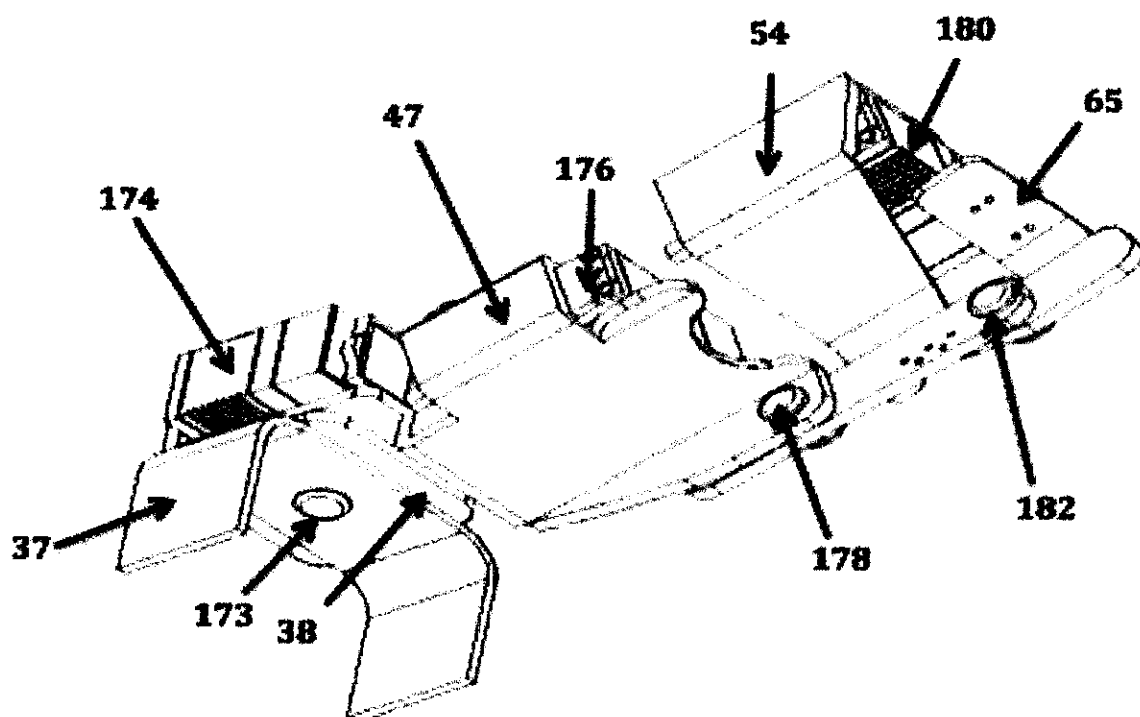


FIGURA 47

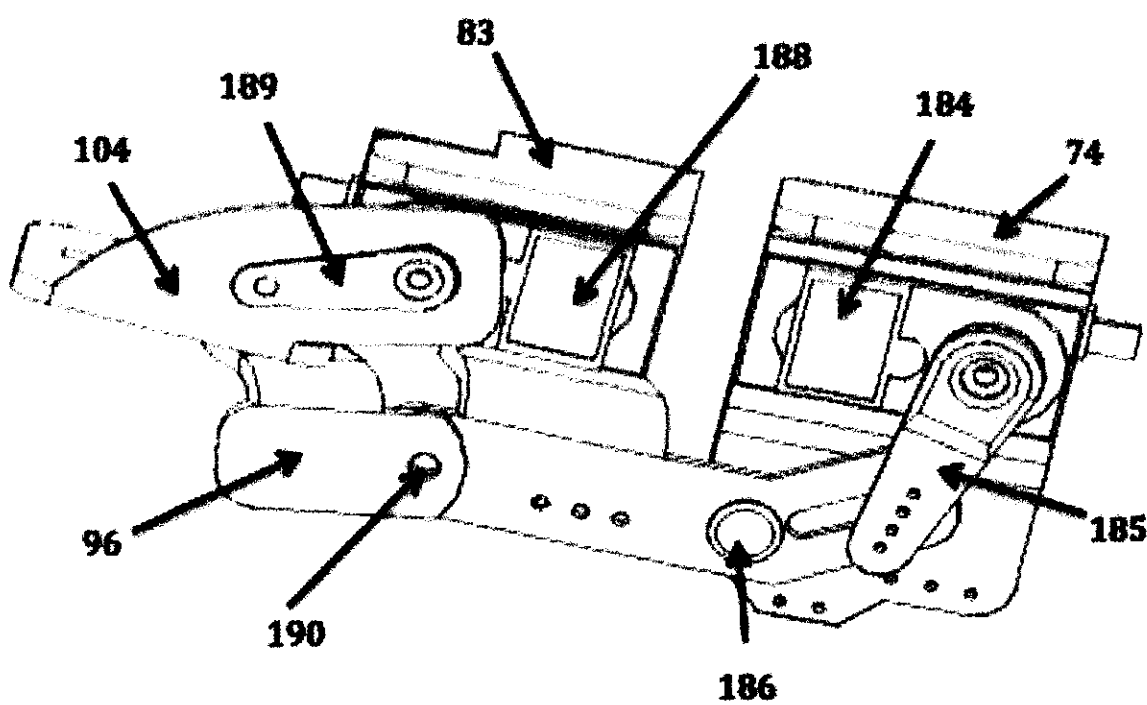


FIGURA 48

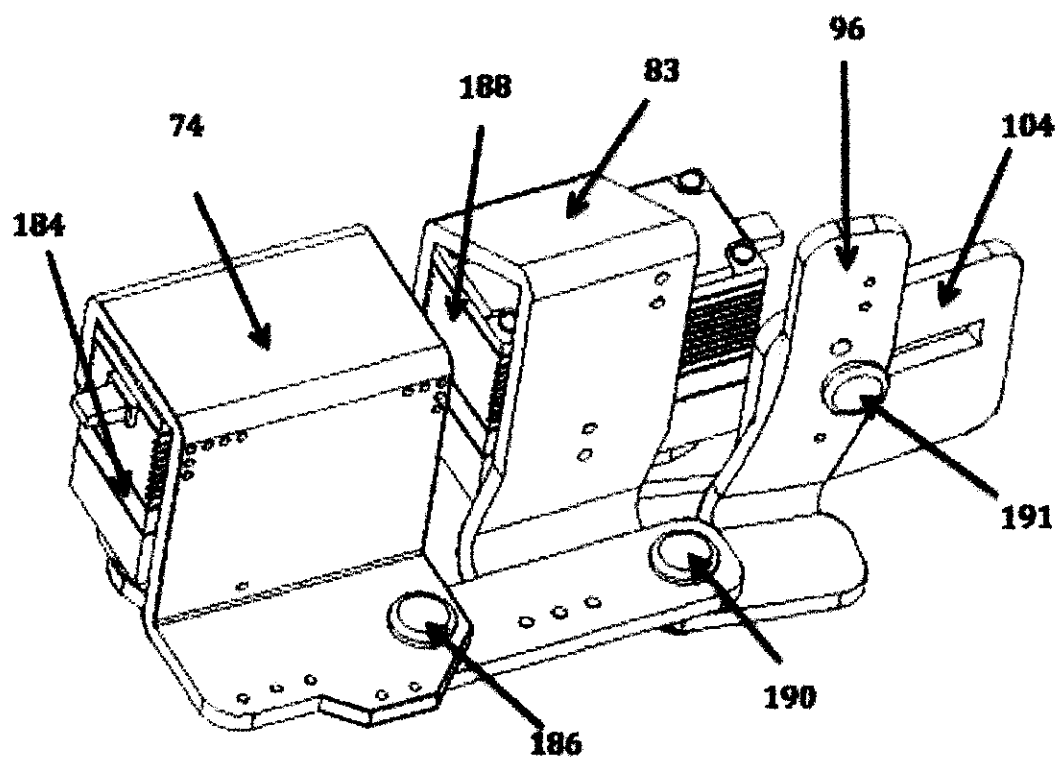


FIGURA 49

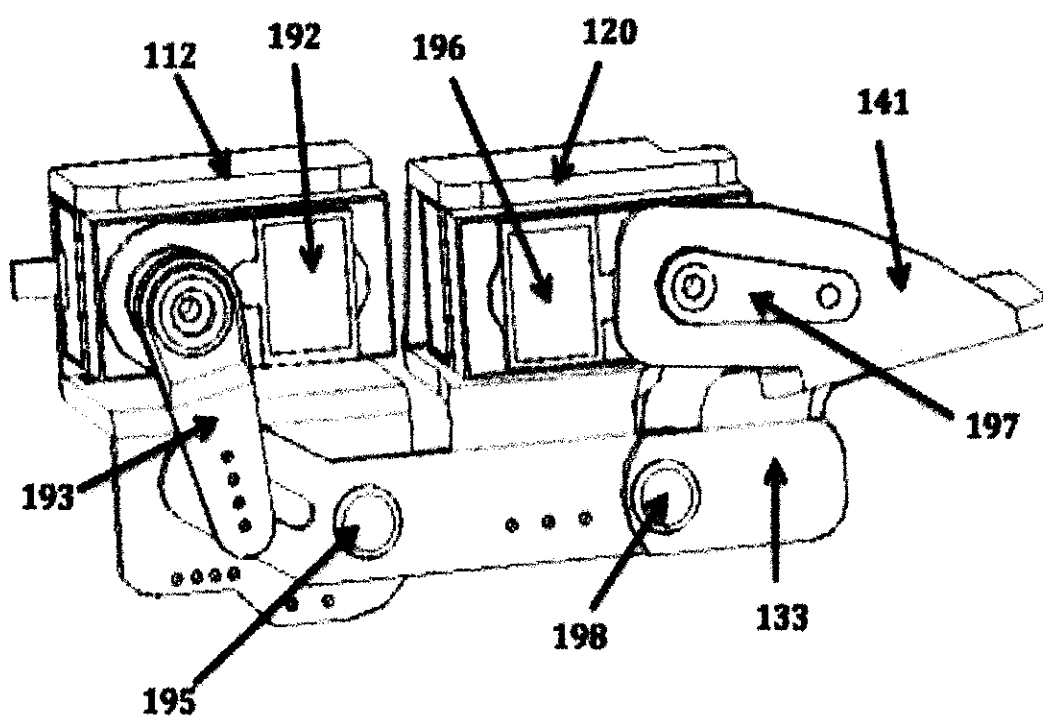


FIGURA 50

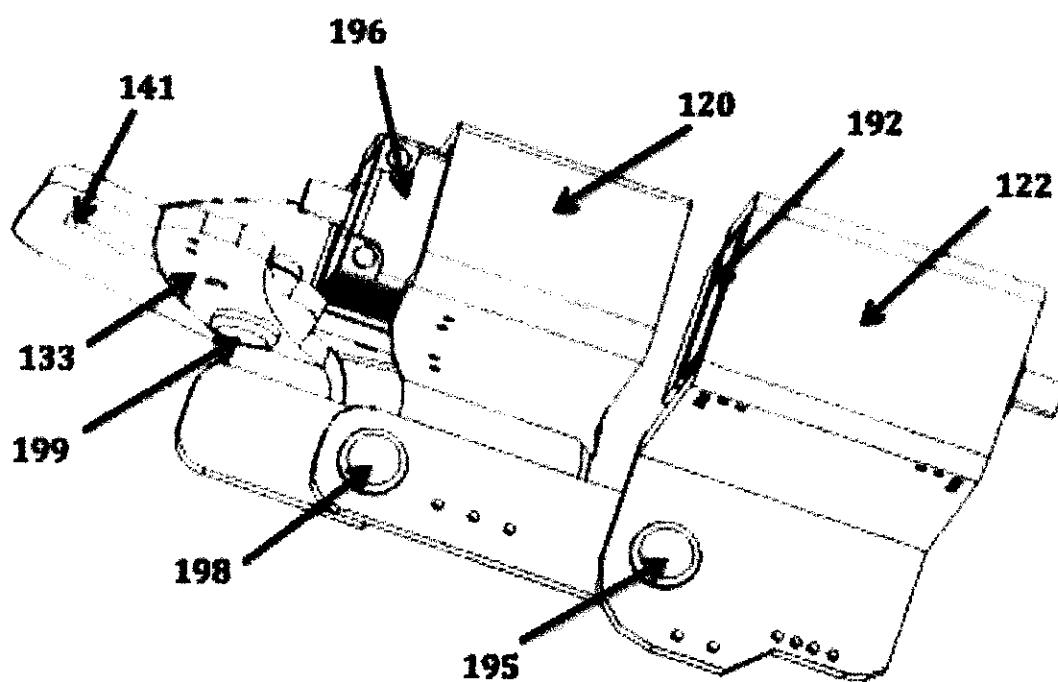


FIGURA 51

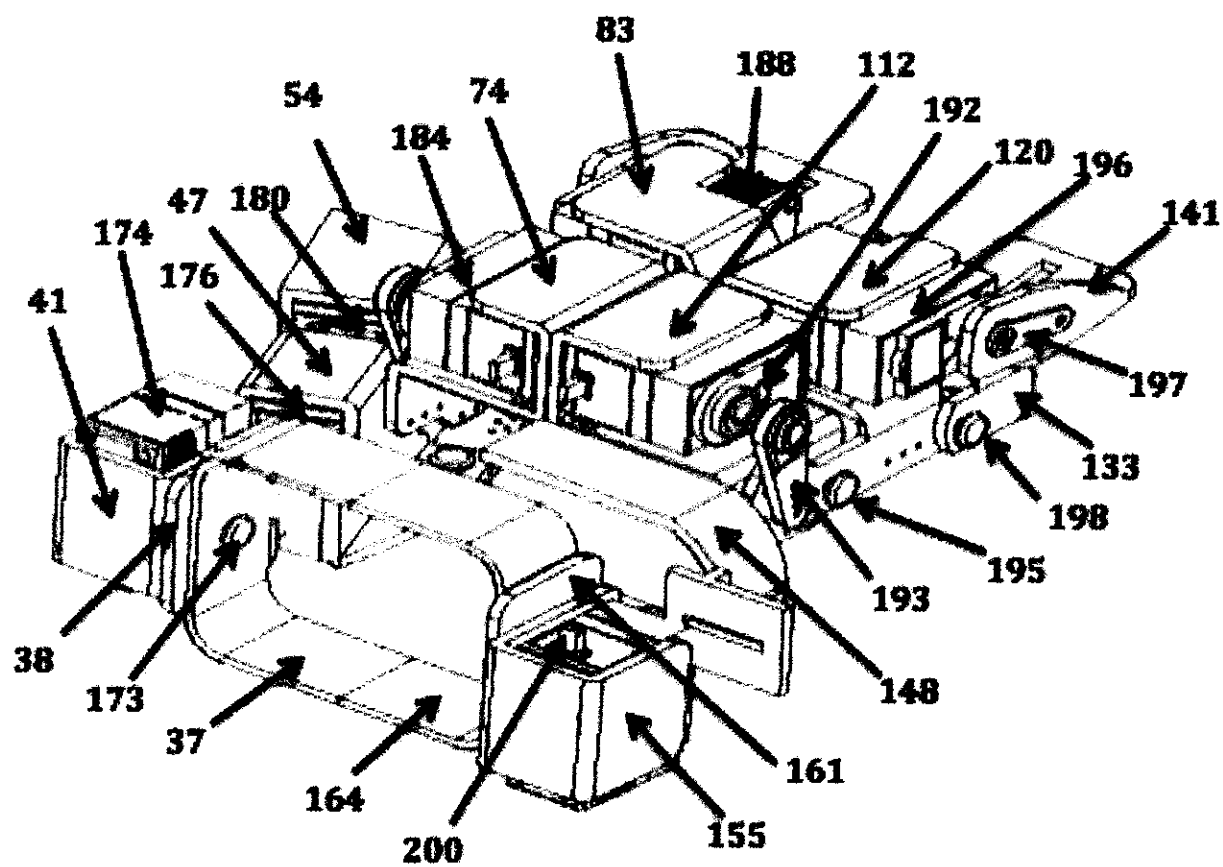


FIGURA 52

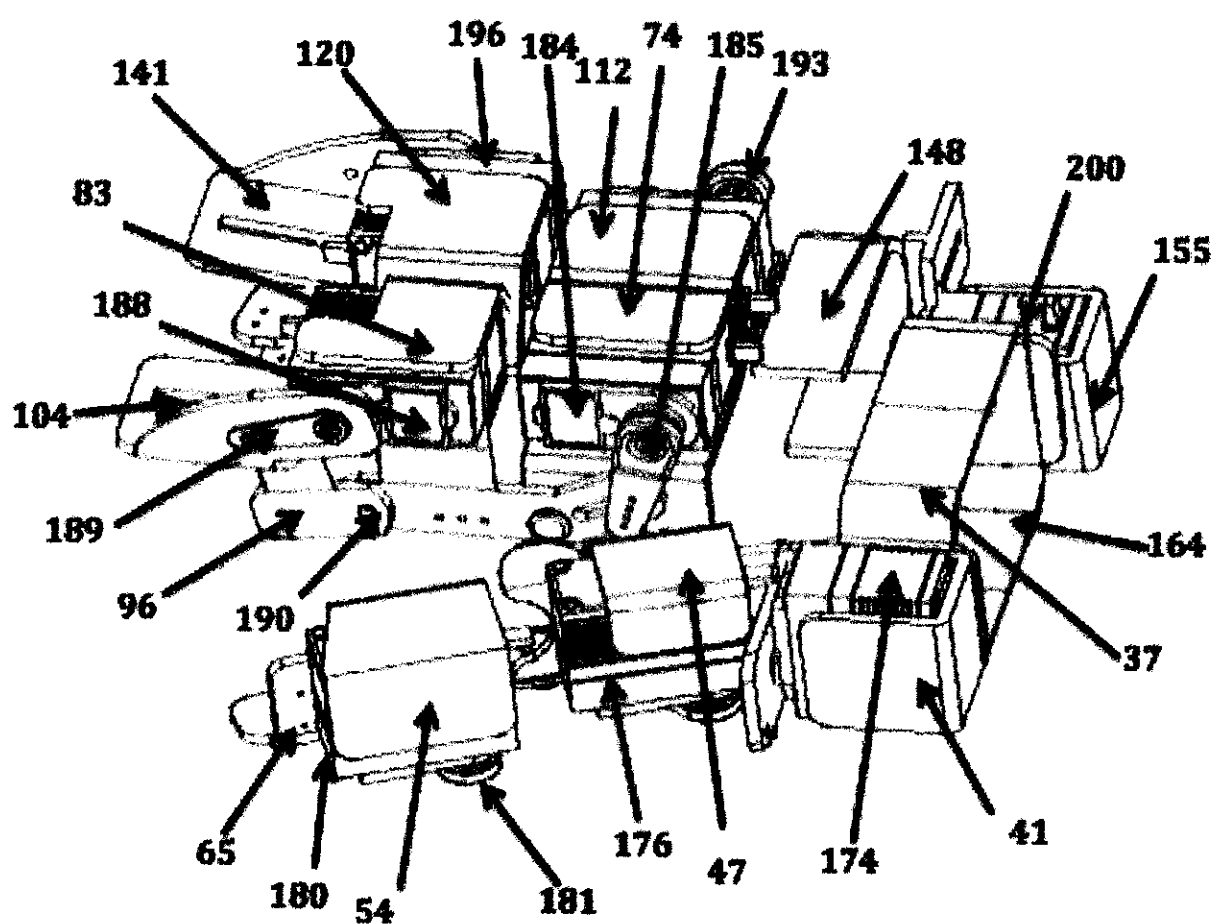


FIGURA 53