

# Tarea 1 Investigación de las Prótesis

Oscar Arturo López Rodríguez  
Natalia Muzquiz Ortiz  
Vanessa Lee Almendarez  
Daniel Ruiz Chazarreta  
Jonathan Ivan Ortiz de la Cruz  
Pedro Ricardo Mata Juárez

29 de agosto de 2022

## Resumen

Las prótesis se les conoce como una aparato o pieza mecánica/electrónica la cual cumple la función se reemplazar una extremidad del cuerpo humana, su objetivo es de cumplir con la tarea principal que tenía la extremidad original. Se pueden encontrar prótesis para diferentes partes del cuerpo humano, como lo son miembros superiores o miembros inferiores.

## 1. Introducción

Conforme hemos estado creciendo, hemos visto diversos tipos de avances científicos y médicos. Dentro de estos avances médicos, podemos observar que la humanidad ha hecho lo imposible para poder sobrellevar varias discapacidades, en este caso las prótesis. Las prótesis las hemos visto en más de una ocasión ya sea en nuestro entorno o bien dentro de la televisión, las hemos visto como una extensión más para aquellas personas que han perdido alguna extremidad en su vida. A pesar de esto, no hemos visto de todo las prótesis, por lo que en este trabajo se va a realizar una investigación general sobre estos aparatos.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Prótesis

La palabra prótesis proviene del griego: *prósthesis* 'añadido'. La Real Academia Española [5] define prótesis como una pieza o aparato empleado para sustituir un órgano o un miembro del cuerpo, o bien, procedimiento mediante el cual se coloca o implanta dicha pieza.

En otras palabras, una prótesis es una extensión artificial que reemplaza o provee una parte del cuerpo que falta por diversas razones. Su principal objetivo es sustituir una parte del cuerpo que haya sido perdida por una amputación o que no exista a causa de agenesia, cumpliendo las mismas funciones que la parte faltante. También existen prótesis cuya única función es estética.

Se pueden clasificar según diferentes criterios, principalmente se dividen en dos grupos:

- Endoprótesis: aquellas que precisan procedimientos quirúrgicos para su colocación.
- Exoprótesis: al contrario de las endoprótesis, estas se pueden retirar.

Considerando la función que la prótesis realiza, se puede hacer una gran distinción entre las prótesis motoras del resto de las demás. Dentro de las prótesis motoras [9], se puede hablar prótesis de miembros superiores (hombros, brazos, manos) y prótesis de miembros inferiores (cadera, piernas, pies).

Respecto al modo de control, se puede considerar aquellas prótesis que son accionadas mediante el uso de interruptores o comandos preprogramados, o aquellas que responden a la voluntad humana empleando alguna señal biológica (Electromiografía, Electroencefalografía, etc).

Al momento de diseñar una prótesis, existen ciertas especificaciones que representan dificultades o retos a considerar [9] [7], como lo son:

- **Tamaño y masa.** Las dimensiones de la prótesis deben ser las mismas que las del miembro que sustituyen. Por otro lado, la masa debe ser igual o menor a la del miembro amputado para que el portador pueda manipularla con facilidad y no haga esfuerzos extraordinarios que puedan dañar los músculos que soportan la prótesis.
- **Velocidad y torque.** La prótesis debe capturar completamente el comportamiento torque-velocidad del miembro que sustituye.
- **Baterías.** La duración de las baterías de una prótesis robótica debe permitir un funcionamiento de al menos 16 hrs para que el usuario no tenga problemas de insuficiencia de energía durante las actividades diarias.
- **Ancho de banda del torque.** El ancho de banda de una prótesis es la frecuencia a la que se debe actualizar el torque aplicado en el mecanismo de accionamiento de tal manera que el caminado sea natural.
- **Retroalimentación al usuario.** La prótesis debe realimentar al usuario que la prótesis ha tenido contacto con el ambiente y también la intensidad del contacto.

## **2.2. Prótesis de mano**

Una prótesis de extremidad superior se refiere a un dispositivo fabricado artificialmente que sirve como sustituto de una mano parcial o totalmente perdida debido a un accidente, lesión, enfermedad o defecto congénito. Vienen en diferentes formas, tamaños y diseños.

Las prótesis de mano mecánicas son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura de la mano a voluntad, su control es por medio de un arnés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo.

El avance en el diseño de las prótesis ha estado ligado directamente con el avance en el manejo de los materiales empleados por el hombre, así como el desarrollo tecnológico y el entendimiento de la biomecánica del cuerpo humano. Una prótesis para extremidades es un elemento desarrollado con el fin de mejorar o reemplazar una función, una parte o un miembro completo del cuerpo humano afectado, por lo tanto, una prótesis para un amputado también colabora con el desarrollo psicológico del mismo, creando una percepción de totalidad al recobrar movilidad y aspecto. (Rios Murillo , Flores Luna, y Juárez Mendoza, 2004).

Entre los aspectos para la elección de la prótesis apropiada, desempeña un papel fundamental el nivel de amputación o el tipo de displasia que se requiera tratar. Dependiendo de los requerimientos de cada paciente, se decide el tipo de dispositivo que mejor se adapte a las características de este.

### **2.2.1. Tipos de prótesis para mano**

#### **Prótesis mecánica de mano**

Las prótesis de mano mecánicas son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura de la mano a voluntad, su control es por medio de un arnés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo. Su sistema de agarre es para objetos relativamente grandes y redondos debido a la poca precisión del mecanismo, este tipo de destreza es parte de la pinza gruesa para manipular objetos.

#### **Prótesis eléctrica de mano**

Su sistema de función es a partir de motores eléctricos en los dispositivos terminales, muñeca y codo, con una batería recargable. Es posible controlarlas de varias formas: servo control, un botón pulsador o un interruptor con arnés. El precio de adquisición es elevado debido a su mecanismo de función. Existen algunas características a considerar: el mantenimiento es complejo, la baja resistencia a medios húmedos y el peso que puede levantar es mínimo.

### **Prótesis neumática de mano**

Su función depende del ácido carbónico comprimido, que proporciona una gran cantidad de energía. Aunque, presenta como inconveniente las complicaciones de sus aparatos y accesorios, y el riesgo en el uso del ácido carbónico. Su desarrollo fue interrumpido debido a las dificultades técnicas presentadas.

### **Prótesis Híbrida de mano**

Es la combinación con la acción del cuerpo y el accionamiento por electricidad. Este concepto es ampliamente utilizado en las prótesis transhumerales (amputación por encima del codo), donde por lo general el codo es accionado por el cuerpo y el dispositivo terminal (gancho o mano) es de accionamiento mioeléctrico.

### **Desarrollo de tecnología en prótesis de mano**

La prótesis biónica I-limb es una de las más utilizadas actualmente e implementada en varios países, es una prótesis que cumple con la mayoría de los movimientos básicos de la mano de un ser humano, La inserción de una persona amputada en extremidad superior con una prótesis biónica en el ámbito laboral puede ser más fácil. La mano biónica I-limb, cuyos dedos son controlados independientemente permite realizar una gran cantidad de movimientos dado que el pulgar puede rotar hasta 90° realizar pinzas y agarres de precisión y de potencia de diferentes formas.



Figura 1: Mano biónica I-limb

Con la prótesis biónica de Michelangelo se pueden realizar una gran variedad de movimientos precisos, gracias al control y mecanismos de fuerzas y velocidades de agarre, los dedos son controlados independientemente y el pulgar y la muñeca disponen de movilidad, para actividades que requieren mayor destreza con la mano. Internamente está formada por acero y duraluminio de alta resistencia, su cubierta es de elastómero de silicona; principalmente esta prótesis se caracteriza por sus seis grados de libertad y la resistencia al agua.

La prótesis bebionic con gran parentesco en sus componentes mecánicos a la I-limb, construida por Steeper RS tiene la finalidad de imitar la funcionalidad de la I-limb pero a un costo más reducido aproximadamente 10 000 dólares.

La última versión bebionic 3, tiene movimientos articulados en las falanges en todos los dedos; el pulgar en oposición se coloca manualmente, esto permite obtener catorce posiciones diferentes con los que se consigue agarres precisos.



Figura 2: Prótesis biónica Michelangelo

### 2.3. Historia de las prótesis

La evolución de la prótesis es larga y está plagada de historias, desde sus comienzos primitivos, pasando por el sofisticado presente, hasta las increíbles visiones del futuro [8].

Del año 424 a.C al año 1 a.C se desenterró una pierna artificial de hierro y bronce con núcleo de madera para que una persona con amputación por debajo de la rodilla, siguiendo la Alta Edad Media, donde estaban presentes los griegos que fueron pioneros con sus piernas de palo y ganchos para los brazos dando posteriormente una nueva creación con una prótesis de dedo del pie [2].

Los egipcios fueron los primeros pioneros de la tecnología protésica. Elaboraban sus extremidades protésicas rudimentarias con fibras, y se cree que las utilizaban por la sensación de “completitud” antes que por la función en sí. Sin embargo, recientemente, los científicos descubrieron en una momia egipcia lo que se cree que fue el primer dedo del pie protésico, que parece haber sido funcional [8].



Figura 3: Primeros diseños de las prótesis.

El Renacimiento fue el surgimiento de nuevas perspectivas para el arte, la filosofía, la ciencia y la medicina. Retomando los descubrimientos médicos relacionados con la protésica de los griegos y los romanos, se produjo un renacer en la historia de la prostética. Durante este período, las prótesis generalmente se elaboraban con hierro, acero, cobre y madera [8].

A principios de los 1500 se presentaron diversos tipos de prótesis, en 1508 se elaboró un par de manos de hierro tecnológicamente avanzadas las cuales se podían manejar fijándose con la mano natural. En mediados y fines de 1500 se introdujeron procedimientos modernos de amputación en la comunidad médica y se elaboraron prótesis para amputados de extremidades superior e inferior [2].

Hacia los siglos XVII y XIX, en el año 1696 se creó la primera prótesis por debajo de la rodilla por el señor Pieter Verduyn, luego en el año 1800 se creó una prótesis de pierna de madera con encaje, articulación de rodilla en acero

y pie articulado por el señor James Potts. En el año 1929 se introdujeron modernos procedimientos de amputación por el señor Francés Ambroise Paré y en 1936 elaboró prótesis para personas con amputación de miembro superior o inferior [2].

## 2.4. Movimientos

Una prótesis de mano puede mejorar la calidad de su vida permitiéndole participar en muchas de las actividades que realizaba antes de perder alguna extremidad. Hay prótesis pasivas o no funcionales que están diseñadas para asimilar visualmente la apariencia de prótesis de manos. Sin embargo, al hablar de prótesis de manos funcionales, estos equipos pueden brindar un rango variado de movimiento y control, dependiendo del tipo de prótesis.

### 2.4.1. Accionadas por el movimiento humano

Existen diferentes maneras en las cuales las prótesis de mano generan movimiento, una de ellas es a través del propio cuerpo. Como su nombre lo dice, el "poder" que permite que las prótesis accionadas por el cuerpo funcionen, es el movimiento humano, en lugar de una fuente externa de energía. Movimientos específicos pueden accionar la habilidad de la mano para abrirse o cerrarse.

### 2.4.2. Accionadas por electricidad

Las prótesis mioeléctricas obtienen la energía de los nervios y músculos en el brazo residual para poder enseñarle a la mano cómo moverse. Las manos modernas mioeléctricas se sostienen en baterías recargables para energizar los transmisores.

Con entrenamiento, la mano aprende cuales son las acciones que las señales de los músculos pretenden realizar. Para la mayoría de las personas, las manos accionadas por electricidad son más cómodas y realistas que las que son accionadas por el movimiento humano. Es importante entender que necesitan carga regular y un periodo de entrenamiento para reaccionar ante las señales producidas por los músculos.

### 2.4.3. Sistemas avanzados

Prótesis con dedos que se pueden mover individualmente representa una tecnología emergente en el ámbito de las prótesis. Las extremidades existentes proporcionan información a la prótesis. Equipos con arreglos de electrodos están siendo desarrollados y permiten que los dedos de las prótesis brinden información acerca de lo que están tocando, justo como las manos biológicas.

### 2.4.4. Biomecánica

Los movimientos que se deben de tener en cuenta al momento de realizar una prótesis de mano, dependen del rango de movimiento que se desea tener. Sin embargo, se deben de tener en cuenta aquellos movimientos que una mano biológica realiza.

Los dedos de una mano permiten los siguientes movimientos en la articulación metacarpofalángica (MCP) [4]:

**Flexión:** Mover la base del dedo hacia la palma.

**Extensión:** Mover la base del dedo lejos de la palma.

**Abducción:** Mover los dedos hacia el dedo medio.

**Aducción:** Mover los dedos lejos del dedo medio.

**Flexión:** Mover los últimos dos segmentos del dedo hacia la base de los dedos.

**Extensión:** Mover los últimos dos segmentos del dedo lejos de la base de los dedos.

## **Biomecánica de la muñeca:**

**Flexión:** Mover la palma de la mano cerca/hacia el frente del antebrazo.

**Extensión:** Mover la parte posterior de la mano cerca/hacia la parte de atrás del antebrazo.

**Aducción:** Mover el lado meñique de la mano hacia el aspecto exterior del antebrazo.

**Abducción:** Mover el lado del pulgar de la mano hacia el aspecto interno del antebrazo.

El pulgar realiza diferentes movimientos en tres articulaciones separadas. La articulación carpometacarpal es donde los huesos de la muñeca, los carpos, se encuentran con los metacarpos, los huesos en la palma de la mano. En esta articulación, se pueden realizar los siguientes movimientos [4]:

**Abducción:** Mover el hueso debajo del pulgar hacia la palma de la mano.

**Extensión:** Mover el hueso por debajo del pulgar lejos de la mano.

**Aducción:** Mover el hueso por debajo del pulgar hacia la parte posterior de la muñeca.

**Abducción:** Mover el hueso por debajo del pulgar hacia la parte frontal de la muñeca.

**Oposición:** Mover el pulgar a través de la palma de la mano tocando los otros dedos.

Los siguientes movimientos ocurren en la articulación metacarpofalángica o articulación MCP en la base del pulgar [4]:

**Flexión:** Mover la articulación en la base del pulgar hacia el talón de la mano.

**Extensión:** Mover la articulación en la base del pulgar lejos del talón de la mano.

**Aducción:** Movimiento de la base del pulgar hacia la parte posterior de la mano.

**Abducción:** Movimiento de la base del pulgar lejos de la parte posterior de la mano.

En la articulación interphalangeal del pulgar o la articulación IP, se pueden realizar los siguientes movimientos:

**Flexión:** Doblar la parte superior del pulgar hacia la base del pulgar.

**Hiperextensión de extensión:** Aleja la parte superior del pulgar de la base del pulgar.

## **2.5. Costos**

### **2.5.1. Factores que determinan el precio de una prótesis de brazo**

Al buscar una prótesis de miembro superior, el paciente o familiares tendrán la oportunidad de obtener una gran variedad de información y elegir la prótesis que más se ajuste a sus necesidades y objetivos, pero ¿qué es lo que determina el precio de la prótesis de brazo?

Los siguientes puntos son tan solo algunos de los más importantes que determinarán el precio de tu prótesis de brazo o de miembro superior.

#### **· El nivel de amputación**

El nivel de amputación forma parte relevante de la decisión, debido a que no será el mismo número de componentes de la prótesis, para una persona con desarticulación de hombro, arriba de codo o debajo del codo. Ya que en las primeras amputaciones se pierde la articulación de hombro y codo respectivamente, haciendo necesaria la sustitución; caso contrario de una amputación debajo del codo que requerirá un menor número de componentes y disminuyendo el precio de una prótesis de brazo.

#### **· La edad y características del paciente**

La edad es un aspecto importante en relación con la elaboración de la prótesis y su costo, esto debido a que el

paciente puede ser desde un bebé menor a 1 año hasta una persona adulta de más de 80 años. Dando como resultado necesidades y características totalmente distintas en cuanto al diseño y fabricación de la prótesis, por ejemplo: Un bebé menor a un año, requerirá únicamente de una prótesis de miembro superior pasiva y cosmética, con el único fin de dar una propiocepción adecuada al ir creciendo y desarrollándose, para posteriormente brindar un mejor dispositivo; caso contrario de un adulto o adolescente que si bien puede usar una prótesis pasiva, también buscará un dispositivo que le brinde mayor actividad y movimientos.

· **Los deseos del paciente ¿Qué desea lograr con la prótesis de miembro superior?**

Al buscar una prótesis de miembro superior, él o la paciente tendrán necesidades y deseos respecto al uso de una prótesis, esto puede variar entre sujetar objetos sencillos hasta incluso tener movimiento en los dedos protésicos para hacer actividades específicas como usar un mouse o celular.

· **El tipo de tecnología**

Como se menciona en el punto anterior, las características y funciones de la prótesis variarán de acuerdo con el diseño, características y componentes de la prótesis de miembro superior. Hoy día es posible la elaboración de:

Ø Prótesis pasivas.

Ø Prótesis mecánicas.

Ø Prótesis eléctricas.

Ø Prótesis mioeléctricas.

Haciendo a las prótesis pasivas más económicas en comparación al resto y que las prótesis mioeléctricas sean de un precio mayor, pero brindando también múltiples beneficios al usuario.

· **El tipo de dispositivo: pasivo o activo**

Una prótesis pasiva de brazo o mano consiste en un dispositivo sin rango de movimiento y cuya función es cosmética; por otro lado, las prótesis activas sí cuentan con un rango de movimiento, además de que pueden ser cosméticas al mismo tiempo.

· **El lugar en dónde desee adquirir la prótesis**

Al considerar la elaboración de tu prótesis de brazo en un estado o país distinto al de tu residencia actual debe ser considerado en tu presupuesto, debido a que el diseño, fabricación y adaptación de una prótesis de miembro superior o prótesis de miembro inferior debe ser totalmente personalizado, realizando toma de molde, medidas, ajustes y terapias físicas durante el proceso.

· **El no investigar a fondo antes de elegir quién hará tu prótesis**

A la hora de buscar el lugar o la persona que realizará tu prótesis de brazo o prótesis de pierna, debes conocer todos los detalles referentes a la experiencia del especialista en prótesis, su equipo de trabajo, testimonios de sus pacientes, el lugar en el que se ubica, etc. Esto con la finalidad de elegir el lugar correcto para la elaboración de tu prótesis, el especialista debe resolver todas tus dudas al respecto y debe explicar con todo detalle el tipo de prótesis que realizará, como funcionará, cuáles son los materiales que usará y sobre todo que garantía te brinda, esto debido a que en muchas ocasiones la información brindada a los nuevos usuarios es nula.

La empresa mexicana Probionics desarrolló una prótesis electrónica para brazo y mano, con un costo 50 % inferior a la oferta existente en el mercado, aseguró Luis Armando Castillo, director y fundador de la compañía, esta compañía es la quinta en el mundo en ofertar prótesis de este tipo: “Una empresa alemana tiene a la venta un brazo electrónico con un costo que oscila entre los 24,000 y 26,000 dólares”.

La prótesis mexicana costará 5,000 dólares, es más ligera y tiene un chip que hace posible utilizarla como mouse para la computadora, con sólo realizar movimientos con la mano, sin necesidad de utilizar los dedos.

## 2.6. Prótesis inteligentes

Muchas prótesis robóticas de miembro superior bioeléctricas han sido creadas, principalmente, por compañías especializadas en tecnología e instituciones de educación superior, con el objetivo de crear un producto para su

comercialización y/o para la realización de trabajos académicos [1]. Algunas de estas prótesis fueron hechas por grupos de estudiantes y dichas prótesis fueron fabricados para la mano y eran de bajo costo, lo interesante de esto es ver cómo en cada proyecto se busca innovar no solo en la calidad de la prótesis, sino también en su comodidad para que esta no sea tan tosca al momento que se esté usando.

Dentro de las prótesis de mano podemos encontrar las prótesis mioeléctricas y las electrónicas. Las mioeléctricas usan un material eléctrico que un músculo genera con su contracción, mientras que las electrónicas aprovechan la movilidad de los dedos residuales y el acromión que accionan microinterruptores; la señal que se obtiene se amplifica en base al sistema electrónico [6]. Estas prótesis generalmente se usan en amputaciones donde no se pueden utilizar las prótesis cinemáticas, como lo es un brazo con muñon corto y desarticulaciones de hombro.

Las prótesis mioeléctricas son prótesis eléctricas que pueden ser controladas por medio de un poder mioeléctrico, dichas prótesis hoy en día son el miembro artificial con más alto grado de rehabilitación. Sintetizan el mejor aspecto estético, tienen gran fuerza y velocidad de prensión, así como muchas posibilidades de combinación y ampliación. Estas prótesis tienen la ventaja de que solo requieren la flexión de los músculos de la persona para operar, a diferencia de otras prótesis operadas por el movimiento general del cuerpo [10].

Al momento de querer realizar un movimiento, el cerebro envía señales a los músculos. Las prótesis modernas se basan en la inteligencia artificial. En la creación de las prótesis inteligentes, estas prometen traer consigo una revolución en la medicina y de los pacientes, esto gracias a que dichas prótesis traen consigo la inteligencia artificial, la cual puede procesar millones de datos que permitirán la secuencia de movimiento mediante el reconocimiento de patrones [3]. Se plantea que en futuro se pueden realizar prótesis que permiten decirle al paciente la temperatura de algún objeto y poder sentir si dicho objeto es suave, duro, blando, entre otras sensaciones.



Figura 4: Johnny Matheny, el primer hombre con una prótesis controlada por la mente.

### 3. Conclusiones

Esta investigación nos ha ayudado a ver con más profundidad no sólo el avance que ha tenido a lo largo de la historia, sino también en el alcance que ha logrado y como es que este aún sigue innovando para que la calidad sea lo mejor posible para las personas.

El principal objetivo que tienen las prótesis es el de reemplazar las extremidades que el ser humano a perdido, imitando la función y siendo compatible con el cuerpo o con la parte que se desee hacer en lo anatómico.

Hoy en día las prótesis se ocupan en el campo de la medicina y de la ingeniería para hacer que las personas tengan más comodidad y mejor visualización de la misma, de tal forma que como se ha logrado entender necesita de varios pasos a seguir antes de que sea usado por el usuario.



## Referencias

- [1] Juan Camilo. Blanchar García, Nefer Jesús. Gómez Betancourt. Sistema electrónico para la realización de funciones básicas de la mano humana en prótesis de bajo costo para miembro superior., 2020.
- [2] Leidy Catherine. Diaz Montealegre. Prótesis electrónicas: Una nueva esperanza para mejorar la calidad de vida de las personas., 2016.
- [3] DW. Prótesis inteligentes, ¿cómo funcionan?, Marzo 2021.
- [4] EMOG. Normal hand anatomy.
- [5] Real Academia Española. Prótesis, 2021.
- [6] García Ferris. Prótesis mioeléctricas y electrónicas.
- [7] Sánchez Navarro I. Prótesis biónicas, biología y tecnología. panorama actual del medicamento, 2018.
- [8] Kim. Norton. Un breve recorrido por la historia de la prostética, 2007.
- [9] Moreno H. Puglisi, L. Prótesis robóticas., 2022.
- [10] Itzel. Juárez Mendoza Ana. Ríos Murillo, Patricia. Flores Luna. Robótica y prótesis inteligentes., Enero 2004.