

# ANALISIS Y ESTUDIO DE UNA PROTESIS DE MANO ROBÓTICA

Henry Pozo

**RESUMEN:** En este documento se describe la metodología utilizada para obtener un prototipo funcional de una mano robótica, considerando las características y movimientos de una mano real, así por ejemplo se analiza la sujeción de forma puntual o pinza entre pulgar e índice, y apertura y cierre total de la mano. El movimiento de los dedos se hace a través de hilos que hacen la función de tendones, por lo que también se hace un planteamiento que permita unir el sistema de movimiento de muñeca y el movimiento de los dedos al mismo tiempo. En Ecuador no se encuentran trabajos o estudios de este tipo, por lo que con este estudio se hace un gran aporte al desarrollo tecnológico y de innovación del país, a través de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte. De igual manera el objetivo del trabajo es facilitar la calidad de vida de las personas que tengan este tipo de discapacidades, mejorando su calidad de vida y elaborando la prótesis a un costo económico mínimo.

**Palabras claves:** prototipo de prótesis, mano robótica, innovación tecnológica, movimientos de la muñeca, movimiento dedos.

**Abstract:** This document describes the methodology used to obtain a working prototype of a robotic hand, considering the characteristics and movements of a real hand is described as well eg securing timely manner or clip between thumb and forefinger, and opening and closing total analyzed hand. The finger movement is made via wires which act as tendons, so that an approach that allows attaching the wrist movement system and the movement of the fingers at the same time is also made. In Ecuador not find jobs or studies of this type, so this study a great contribution

to technological development and innovation in the country is done, through the career of Mechatronics Engineering at the Technical University of the North. Similarly, the study aims to facilitate the quality of life for people with such disabilities, improving their quality of life and developing the prosthesis at a minimum economic cost.

**Keywords:** prosthesis prototype, robotic hand, technological innovation, wrist movements, finger movements.

## 1. Introducción

Las personas discapacitadas son las que tienen los mayores inconvenientes y problemas en la sociedad. Así se observa por ejemplo discriminación por parte de la gente, o dificultades de otro tipo como son acoplarse al mundo exterior como realizar trabajos manuales, etc.

El movimiento de la mano robótica, será diseñado con el fin de acoplar un sistema que no se ha observado en anteriores investigaciones. De igual manera las piezas serán construidas de un material apto, accesible y de bajo costo, que cumpla con las características esenciales como son tamaño y masa, pero la parte fundamental de la muñeca será su control, ya que esto permitirá tener un movimiento dinámico exacto analizando su cinemática para cumplir con las especificaciones planteadas.

De igual forma, se planteó un diseño con la apariencia más cercana a una mano real, que cumpla, la función de prototipo de prótesis, donde fue indispensable considerar un proceso de diseño creativo, que incorpora diversas herramientas, establecimiento de funciones, especificación de requerimientos,

determinación de características y selección de un esquema general, con lo que se obtuvo un diseño conceptual que se piensa, es idóneo para obtener un sistema funcional.

Se observaron distintos trabajos realizados, en distintos países y con diferentes sistemas utilizados. De los cuales se hizo un análisis de las ventajas y desventajas y de aquí se optó la proposición de implementar un diseño innovador y práctico.

## 2. Desarrollo

Para la realización de este proyecto se inicia con la conceptualización de los movimientos de la mano, mencionándose la muñeca y los dedos, que son los principales actuadores y los que realizan las actividades básicas del miembro superior del ser humano.

### I. Muñeca

Como se menciona en A. I. Kapandji, *Fisíonomía Articular (Sexta Edición)*. La muñeca, articulación distal del miembro superior, permite que la mano adopte la posición óptima para la prensión. De hecho, el complejo articular de la muñeca posee dos grados de libertad. Con la pronosupinación, rotación del antebrazo sobre su eje longitudinal, que añade un tercer grado de libertad a la muñeca, la mano se puede orientar en cualquier ángulo para coger o sujetar un objeto.

El núcleo central de la muñeca es el carpo, conjunto compuesto por ocho pequeños huesos, que ha sido objeto en los últimos treinta años de muchos estudios por parte de los anatómicos, y de avances tecnológicos considerables.

Asimismo, hay nociones totalmente renovadas, lo que permite entender mejor la compleja fisiología de este complejo articular desconcertante en el plano mecánico. Aunque el estudio y la comprensión de la muñeca

están lejos de conseguirse. El complejo articular de la muñeca (fig. 1) se compone en realidad de dos articulaciones, incluidas en el mismo conjunto funcional con la articulación radiocubital distal:

- La articulación radiocarpiana, que articula las filas de hueso proximal del carpo y la extremidad distal del radio.
- La articulación mediocarpiana, que articula entre ellas las dos filas de los huesos del carpo.

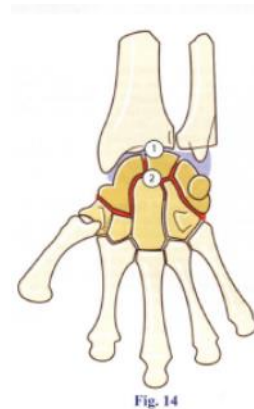
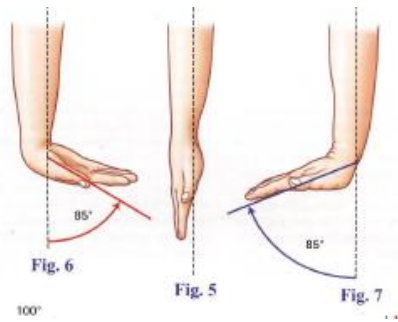


Figura (1). Estructura ósea de la muñeca  
Fuente: A. I. Kapandji, 2006

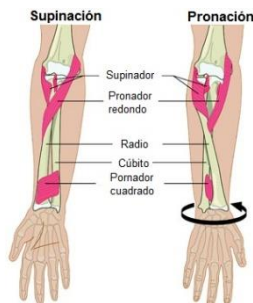
#### i. Movimientos básicos de la muñeca

**Flexo-Extensión:** La amplitud de los movimientos se mide a partir de la posición anatómica: muñeca alineada, cara dorsal de la mano en la prolongación de la cara posterior del antebrazo. La amplitud de la flexión activa es de 85°, es decir, que apenas alcanza los 90° (fig. 2). La amplitud de la extensión, incorrectamente denominada "flexión dorsal", también es de 85° de modo que tampoco alcanza los 90°. Como en el caso de los movimientos laterales, la amplitud de los movimientos depende del grado de distensión de los ligamentos del carpo: flexo-extensión es máxima cuando la mano no está ni en abducción ni en aducción.



**Figura (2).** Movimiento de flexo-extensión  
**Fuente:** A. I. Kapandji, 2006

**Prono-Supinación:** Se define por el conjunto de movimientos que facilitan la rotación de una parte de un miembro. La pronosupinación incluye dos movimientos: la pronación y la supinación. La pronación consiste en un movimiento del codo y del brazo con el fin de que la mano pueda volverse hacia abajo (rotación interna). En cuanto a la supinación, se caracteriza por los movimientos inversos: una rotación externa de la mano (la palma de la mano gira hacia arriba como se observa en la fig. 3).

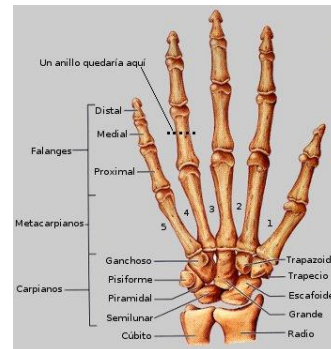


**Figura (3).** Movimiento de pronosupinación  
**Fuente:** A. I. Kapandji, 2006.

## II. Características De La Mano Humana

Se puede entender que la mano humana es la extremidad superior más distal del miembro superior adaptadas esencialmente para facilitar los movimientos junto con los músculos y ligamentos insertados en los huesos. (Morfología de manos y pies, McGraw Hill, 2013.)

La mano se compone por 27 huesos distribuidos en 3 zonas (figura 1.4):



**Figura (1):** Huesos de la mano humana  
**Fuente:** Tomás Bruzos, 2002

### i. Morfología y Anatomía De Los Dedos

La mano del hombre es una herramienta maravillosa, capaz de ejecutar innumerables acciones gracias a su función principal: la presión. La cual solo en el hombre tiene tal grado de perfección. Esto se debe a la disposición tan particular del pulgar, que se puede oponer a todos los demás dedos.

Desde el punto de vista fisiológico, la mano representa la extremidad efectora del miembro superior que constituye su soporte logístico y le permite adoptar la posición más favorable para una acción determinada. Sin embargo, la mano no es solo un órgano de ejecución, también es un receptor sensorial extremadamente sensible y preciso cuyos datos son imprescindibles para su propia acción (figura 5).

Y más que el pulgar pueda oponerse, lo relevante es la pareja mano-cerebro; el cerebro dirige a la mano, pero también la mano ha modificado el cerebro a través de sus experiencias mediante el tacto (A. I. Kapandji, Fisionomía Articular, 2006).



**Figura (2):** Arquitectura de la mano  
**Fuente:** Bayard Presse, 2015

## ii. La Facultad De Prensión De La Mano

Esta facultad, la mano del hombre la debe a su arquitectura que le permite tanto una amplia apertura, como un cierre sobre si misma o en torno a un objeto.

Cuando está ampliamente abierta, la mano, en vista anterior, presenta su palma, continuación de la muñeca y articulada con los cinco dedos. En el centro, la palma esta hueca, lo que le permite alojar objetos más o menos voluminosos.

Cuando la mano se prepara para coger un objeto, los dedos disminuyen desde el dedo índice al dedo meñique (figura 6), mientras que el pulgar se extiende y se separa en abducción, gracias a la profundidad de su comisura.



**Figura (3):** Movimiento de los dedos en el cierre de la mano  
**Fuente:** Bayard Presse, 2015

Los cinco dedos no tienen la misma relevancia en la utilización de la mano (figura 7), que comporta tres partes: la zona del pulgar; la zona de las pinzas,

compuesta por el dedo medio y principalmente el dedo índice; y la zona de los alcances, borde cubital de la mano, con los dedos anular y meñique (A. I. Kapandji, Fisionomía Articular, 2006).



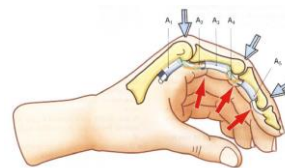
**Figura (4):** Zona de pinzas  
**Fuente:** A. I. Kapandji, 2006

## iii. Los Tendones De Los Músculos Flexores De Los Dedos

Los músculos flexores de los dedos, muy potentes y por lo tanto voluminosos, se localizan en el compartimiento anterior del antebrazo.

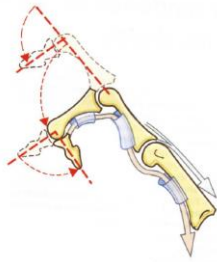
El tendón más superficial, el del musculo flexor superficial de los dedos se inserta en la segunda falange, es decir proximal a la inserción del tendón del musculo flexor profundo de los dedos.

Los tendones del musculo extensor de los dedos que convergen en la cara dorsal de la muñeca, están extremadamente solicitados hacia dentro hacia el borde cubital, debido al ángulo de distracción formado entre el metacarpiano y la primera falange, más acentuado en el caso del dedo índice y el dedo medio (figura 8).



**Figura (5):** Posición de los tendones  
**Fuente:** A. I. Kapandji, 2006

De esta forma, cuando el tendón se contrae al mismo tiempo que los músculos flexores, se produce el movimiento de encogimiento del dedo (figura 9). Esto si falange a falange debido a que cada uno de los músculos y tendones ubicados en los dedos, está encargado de cada una de ellas respectivamente (A. I. Kapandji, Fisionomía Articular, 2006).

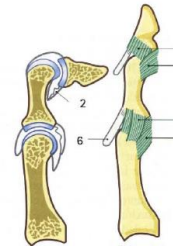


**Figura (6):** Contracción de los dedos  
Fuente: A. I. Kapandji, 2006

#### iv. Las Articulaciones Interfalángicas

Las articulaciones interfalángicas son del tipo troclear, poseen un sólo grado de libertad. La cabeza de la falange tiene la forma de una polea y por lo tanto un solo eje transversal, en torno al cual se produce el movimiento de flexo extensión.

Por las mismas razones mecánicas que las articulaciones metacarpo falángicas, existe un fibrocartílago glenoideo, que en la flexión desliza sobre la cara anterior de la falange proximal. En una visión lateral (figura 10), se puede distinguir, además de los ligamentos laterales, las expansiones del tendón extensor y los ligamentos falangoglenoideos (A. I. Kapandji, Fisionomía Articular, 2006).

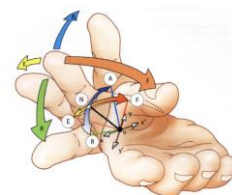


**Figura 1. 7:** Articulaciones interfalángicas  
Fuente: A. I. Kapandji, 2006

#### v. El Pulgar

El pulgar ocupa una posición y desempeña una función aparte en la mano, puesto que es indispensable para realizar las pinzas pulgo-digitales con cada uno de los restantes dedos, y en particular con el dedo índice, y también para la constitución de una presa de fuerza con los otros cuatro dedos. También puede participar en acciones asociadas a las presas que conciernen a la propia mano. Sin el pulgar, la mano pierde la mayor parte de sus posibilidades.

El pulgar debe esta función eminente, por una parte, a su localización por delante tanto de la palma de la mano como de los otros dedos (figura 11) que le permite, en el movimiento de oposición, dirigirse hacia los otros dedos, de forma aislada o global, o separarse por el movimiento de contraoposición. Por otra parte, debe su función a la gran flexibilidad funcional que le proporciona la organización tan peculiar de su columna articular y de sus motores musculares (A. I. Kapandji, Fisionomía Articular, 2006).



**Figura (8):** Movimiento del pulgar  
Fuente: A. I. Kapandji, 2006

### III. Sistema de la mano robótica



Figura (12). Estructura general  
Fuente: Autor

En la figura (12) se observa el sistema general propuesto a realizarse, de donde se detallara a continuación cada uno de los parámetros de la misma y el funcionamiento respectivo.

#### i. Accionamiento dedos

El movimiento de los dedos estará comandado por 3 microservos, de los cuales uno servirá para controlar al dedo meñique, anular y medio; y los dos restantes, serán para el control del dedo pulgar e índice, respectivamente.

En cada micro servo está ubicado una polea, en donde se envolverá el hilo q hace la función de tendón del dedo.



Figura (13). Micro servos  
Fuente: Autor

Todos los micro servos estarán ubicados en una base con el fin de que al momento en que la muñeca haga el movimiento de pronosupinación, se mueva todo el sistema a la vez, y de esta manera evitar el

enredamiento de los cables q pasan desde ahí, hacia los dedos, en la parte superior.

#### ii. Accionamiento muñeca

El movimiento de pronosupinación de la muñeca será realizado por un servomotor de alto torque, el cual estará anclado a la base de los microservos y a un eje q servirá de unión con toda la estructura de la mano. De esta forma se permite la rotación total del sistema logrando un sistema funcional.



Figura (14). Servomotor principal y microservos  
Fuente: Autor

#### iii. Control de la Estructura

El control total de la estructura se realiza a través de un guante sensorizado, que contiene tres sensores de flexión para emular el movimiento del pulgar, el dedo índice y los tres dedos restantes. Además contiene un acelerómetro que simula el movimiento de pronosupinación de la muñeca. Así la estructura ejecuta el mismo movimiento que realiza el guante.



Figura (15). Servomotor principal y microservos  
Fuente: Autor

### 3. Conclusiones

- Para diseñar prótesis exitosa, se tienen que cumplir varias especificaciones importantes, como el tamaño y la funcionalidad.
- Se debe tener muy en cuenta las propiedades de los cables para el movimiento de los dedos, ya que deben tener el rozamiento adecuado.
- En nuestro caso un factor principal fue el tamaño de los actuadores, pues debían ser adecuados para no afectar la estética final.
- No hay que dejar fuera cualquier tipo de influencia mecánica en la estructura, esto ayudara a no tener problemas en el momento del accionamiento de prueba.

Edición. España: Prentice Hall.

- Miguel A. Arenas, José M. Palomares, Loïc Girard, Joaquín Olivares, José M. Castillo-Secilla (2011), *Diseño y Construcción de un Guante de Datos mediante Sensores de Flexibilidad y Acelerómetro*, Artículo científico.

### 4. Referencias bibliográficas

- A.I. Kapandji. (2006). *Fisiología Articular* (6ta ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- Ogata, Katsuhiko (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. Tercera edición. Editorial Prentice Hall.
- Reyes Cortés, Fernando (2011). *Robótica: control de robots manipuladores*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- F., T. (2002). *Robots y Sistemas Sensoriales* Segunda