

Se diseñó e implementó un prototipo de una mano robot con un circuito electrónico de control para coger objetos livianos de formas particulares y de uso cotidiano.



Desarrollo de un prototipo de mano robot para prótesis de bajo costo

Development of a Hand Robot Prototype for Low-Cost Prosthetics

RESUMEN

La presente investigación se orienta al desarrollo de un prototipo de mano robot para prótesis de bajo costo que pueda ser utilizada por aquellas personas que carecen de la mano y les permitan sujetar objetos livianos de uso cotidiano. La construcción del prototipo se realizó con diferentes componentes obtenidos con impresión 3D, los cuales fueron ensamblados para obtener una mano robot. Además, se utilizaron actuadores y un circuito electrónico de control para la generación del movimiento de los dedos.

Este trabajo comenzó con el estudio de las características fisionómicas de la mano humana, se analizó principalmente el movimiento de los dedos y de las articulaciones que estos tienen, con lo cual se determinó los grados de libertad y los rangos de movimiento de cada uno de los dedos. Cada uno de ellos tiene tres grados de libertad, tres articulaciones y tres eslabones. El movimiento de los dedos del prototipo se realizó con un servomotor y dos cuerdas que recorren por los tres eslabones; al girar el servomotor en un sentido, se logró que el dedo se extiende y en otro sentido se flexiona, emulando de esta forma el movimiento del dedo humano, aunque no de forma perfecta. Además, cada dedo es manipulado en forma independiente. Los resultados de las pruebas mostraron que el prototipo es capaz de sujetar satisfactoriamente objetos de bajo peso y volumen por lo que se considera que el prototipo es confiable para sujetar objetos de uso cotidiano similares a los objetos utilizados durante las pruebas. En esta etapa de la investigación, no se han realizado pruebas con pacientes.

La investigación para el desarrollo de este modelo está abierta al perfeccionamiento y la optimización del mismo. El material utilizado para la construcción del prototipo puede ser más liviano, el sistema mecánico y electrónico que produce el movimiento de los dedos puede ser mejorado y las fuentes de energía que alimentan al sistema pueden tener una mayor autonomía.

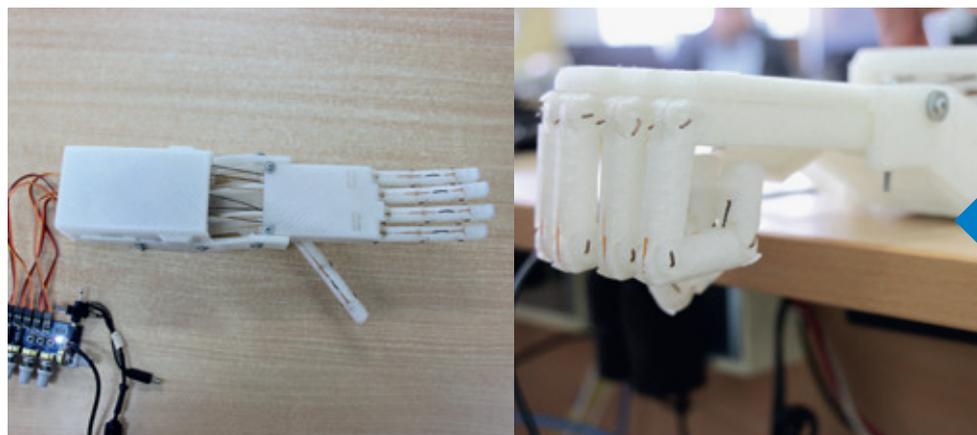
ABSTRACT

This research is aimed at developing a prototype robot hand for low-cost prostheses that can be used by those who lack the hand and allow them to hold light objects for everyday use. The construction of the prototype was carried out with different components obtained with 3D printing, which were assembled to obtain a robot hand. Also, actuators and an electronic control circuit were used for the generation of fingers movement.

This investigation began with the study of the physiognomic characteristics of the human hand, mainly the movement of the fingers and their joints were analyzed, with which were determined the degrees of freedom and ranges of movement of each of the fingers. Each of the fingers has three degrees of freedom, three joints, and three links. The movement of each of the fingers of the prototype was performed with a servomotor and two ropes that run through the three links; turning the servomotor in one direction allowed the finger to extend and in another direction flexes, emulating in this way the movement of the human finger, although not perfectly. On the other hand, each finger is manipulated independently.

The results of the tests shown that the prototype can successfully hold low weight and volume objects, so the prototype is considered reliable to hold everyday objects similar to those used during the tests. At this stage of the investigation, there have been no tests with patients.

Research for the development of this prototype is open to refinement and optimization of the model. The material used for the construction of the prototype can be lighter, the mechanical and electronic system that moves the fingers can be improved and the energy sources that feed the system can have greater autonomy.



Palabras clave

Mano robot, prótesis, sujeción, robótica humanoide, modulación de ancho de pulso.

Key words

Robot hand, prosthesis, grasping, humanoid robotics, pulse width modulation.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempo atrás y en la actualidad, existen personas que desafortunadamente carecen de algún miembro de su cuerpo, ya sean trabajadores que por mala manipulación de equipos industriales perdieron alguna extremidad, o personas que por razones médicas requirieron de alguna amputación. Evidentemente, no podrán desarrollar sus actividades en forma normal.

Ante aquel problema, se han propuesto diferentes soluciones que van desde el uso de prótesis cosméticas inertes hasta el uso de prótesis robóticas sofisticadas capaces de generar movimientos complejos, similares a los del miembro faltante, las cuales funcionan utilizando señales eléctricas del cuerpo detectadas por medio de sensores ubicados sobre la piel (métodos no invasivos) [9] o sensores ubicados dentro del cuerpo (métodos invasivos) [5]. Las prótesis más sofisticadas reproducen los movimientos más complejos que puede realizar una mano, pero tienen un costo alto, lo cual no permite que sean accesibles por el público en general. La presente investigación consiste en desarrollar un prototipo de una mano robótica de bajo costo haciendo uso de una impresora 3D y de componentes electromecánicos económicos, con lo cual se podrá emular a los dedos de una mano, generando movimientos básicos de dos grados de libertad para coger objetos livianos

de fácil acceso. En esta fase de la investigación, no se utilizarán sensores ni un sistema automático que permita regular el movimiento de los dedos de la prótesis. Estos movimientos se realizan mediante servomotores comandados por un algoritmo en el cual seleccionamos las opciones que permitan extender o flexionar los dedos en forma secuencial según el objeto que se desea coger. La interfase entre el *software* y el sistema mecánico es una tarjeta Arduino, la cual permite dar las señales de comando a los servomotores para producir el movimiento de los dedos.

FUNDAMENTOS

Anatomía de la mano humana

Bart Peerdeman y su equipo, en el año 2010 [2], describieron un modelo mecánico de la mano humana en el que distinguen huesos y articulaciones. Esta descripción muestra en principio que una mano se compone de cinco dedos, cada uno de estos está formado por tres falanges, un hueso metacarpiano y tres articulaciones, excepto el dedo pulgar, el cual únicamente cuenta con dos falanges y carece de articulaciones «interfalángica distal» e «interfalángica proximal» pero en su lugar posee las articulaciones «interfalángica» y «carpometacarpiana», tal como se muestra en la figura 1.

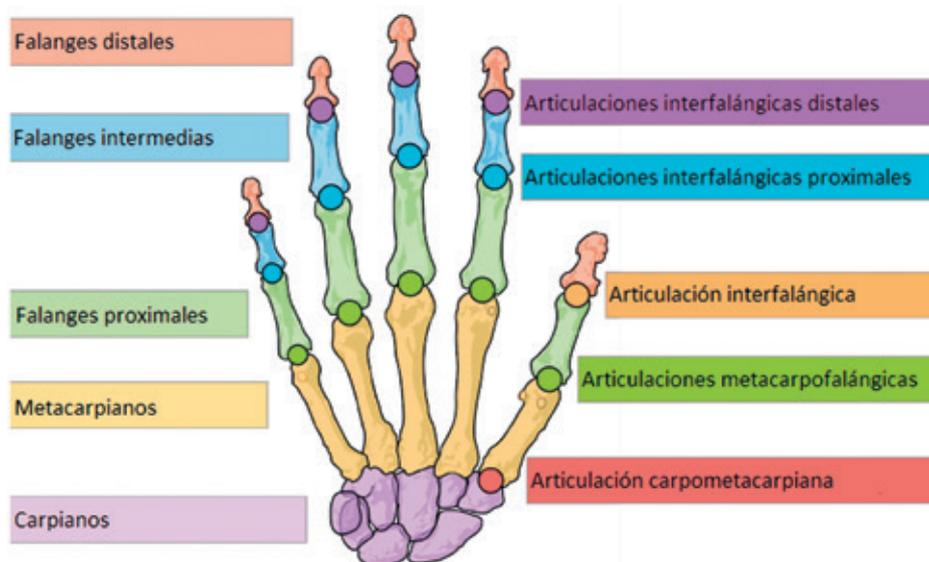


Figura 1. Estructura de huesos y articulaciones de la mano humana
Fuente: Adaptación de [2].

Con fines prácticos se define la siguiente nomenclatura:

- IDX: Dedo índice
- MDL: Dedo medio
- RNG: Dedo anular
- LTE: Dedo meñique
- TMB: Dedo pulgar
- DSP: Falange distal
- IMP: Falange intermedia
- PXP: Falange proximal
- MTC: Metacarpiano
- MCP: Articulación metacarpofalángica
- PIP: Articulación interfalángica proximal
- DIP: Articulación interfalángica distal
- IP: Articulación interfalángica
- TMC: Articulación carpometacarpiana

Asimismo, Salvador Cobos y su equipo, en 2008 [10], realizaron un trabajo en el que describen los rangos de movimiento (ROM) para cada articulación en donde se muestra que las articulaciones MCP se pueden representar por dos grados de libertad, los cuales son el de «flexión-extensión» y el de «abducción-aducción». El movimiento de «flexión» consiste en contraer los dedos como se hace cuando se forma puño con la mano y «extensión» consiste en estirar los dedos como se hace cuando la mano está en posición de palma. Los movimientos de «abducción-aducción» son hacia los laterales de los dedos y únicamente se cuenta con ellos en las articulaciones MCP de todos los dedos excepto el dedo pulgar y en la articulación TMC del mismo dedo.

Se muestra, también, la presencia de grados de libertad pasivos en la base de los carpianos de los dedos: índice, medio, anular y meñique, además de trapecio escorpioide del dedo pulgar cuyos ROM son bajos, con un máximo de 15°, por lo que se vio oportuno no considerar dichas articulaciones pasivas, solo las articulaciones activas tal como se muestra en [2]. De acuerdo con lo descrito en la tabla 1, los grados de libertad activos correspondientes a los dedos de una mano humana son representados por un total de 20 grados de libertad articulares.

Tabla 1
Movimientos activos por cada articulación

Dedo	Articulación	Movimiento	ROM
IDX	MCP	Flexión	90°
		Extensión	30° - 40°
		Abducción / Aducción	60°
	PIP	Flexión	110°
		Extensión	0°
	DIP	Flexión	80° - 90°
MDL	MCP	Extensión	5°
		Flexión	90°
		Extensión	30° - 40°
	PIP	Abducción / Aducción	45°
		Flexión	110°
	DIP	Extensión	0°
RNG	MCP	Flexión	80° - 90°
		Extensión	5°
		Abducción / Aducción	45°
	PIP	Flexión	120°
		Extensión	0°
	DIP	Flexión	80° - 90°
LTE	MCP	Extensión	5°
		Flexión	90°
		Extensión	30° - 40°
	PIP	Abducción / Aducción	50°
		Flexión	135°
	DIP	Extensión	0°
TMB	CMC	Flexión	90°
		Extensión	50°
		Abducción / Aducción	15°
	MCP	Flexión	45° - 60°
		Extensión	75° - 80°
	IP	Flexión	0°
Extensión		75° - 80°	

Fuente: [10]

Sujeción de objetos de uso cotidiano

Tal como se plantea en el presente estudio, se considera como criterio de verificación de correcto funcionamiento, la capacidad de sujetar objetos livianos de uso cotidiano, para lo cual se requiere determinar qué objetos pueden considerarse dentro de aquella categoría. Para conseguirlo, se revisaron trabajos similares enfocados a manipuladores robóticos en tareas de sujeción de objetos de uso cotidiano, entre los que se encontró el artículo de Alvaro Collet [1] en donde un manipulador robótico sujeta objetos, tales como, una bebida gaseosa, una botella de jugo de frutas y una caja de arroz. También se tiene el artículo de Lerrel P. [6] que muestra a un robot humanoide sujetando diferentes tipos de objetos, tales como, juguetes, cinta adhesiva, un mando a distancia de videojuegos, entre otros.

De forma más precisa, Ben Kehoe [4] experimentó con un conjunto de seis objetos del hogar como se muestra en la figura 2, utilizando un manipulador robótico de dos brazos. Seleccionó estos objetos porque representan formas de objetos comunes y son comprensibles por la pinza de mandíbulas paralelas del robot. Los objetos utilizados fueron los siguientes:

- Una botella de ambientador
- Un frasco de mantequilla de maní
- Una botella de jugo de fruta
- Un frasco de mostaza
- Una barra de dulce
- Una caja de jabón



Figura 2. Conjunto de seis objetos utilizados para la prueba. Fuente: [4]

METODOLOGÍA

Componentes de la mano robot humanoide

Tal como se describe en la sección «Anatomía de la mano humana», los movimientos de los dedos de flexión-extensión y abducción-aducción pueden representarse por 20 grados de libertad articulares. Sin embargo, trabajar con la cantidad total de grados de libertad implica aumentar la complejidad del sistema mecánico, al tener que colocar 20 actuadores

independientes y también la complejidad del sistema de control al tener que contar con una plataforma electrónica capaz de controlar los 20 actuadores de forma independiente. Es por eso que, de acuerdo con los objetivos de la investigación de hacer un prototipo de bajo costo, se decidió reducir la cantidad de grados de libertad sin perjudicar la fisionomía de la mano robot y su capacidad de sujetar objetos de uso cotidiano (criterio considerado para verificar el correcto funcionamiento de la mano robot). La tabla 2 muestra los ROM considerados para la mano robot propuesta.

Tabla 2
ROM de mano robot propuesta

Dedo	Articulación	Movimiento	ROM - Mano robot
IDX	MCP	Flexión	70°
		Extensión	0°
	PIP	Flexión	100°
		Extensión	0°
	DIP	Flexión	70°
		Extensión	0°
MDL	MCP	Flexión	70°
		Extensión	0°
	PIP	Flexión	100°
		Extensión	0°
	DIP	Flexión	70°
		Extensión	0°
RNG	MCP	Flexión	70°
		Extensión	0°
	PIP	Flexión	100°
		Extensión	0°
	DIP	Flexión	70°
		Extensión	0°
LTE	MCP	Flexión	70°
		Extensión	0°
	PIP	Flexión	100°
		Extensión	0°
	DIP	Flexión	70°
		Extensión	0°
TMB	CMC	Flexión	30°
		Extensión	0°
	MCP	Flexión	60°
		Extensión	0°
	IP	Flexión	100°
		Extensión	0°

Fuente: [10]

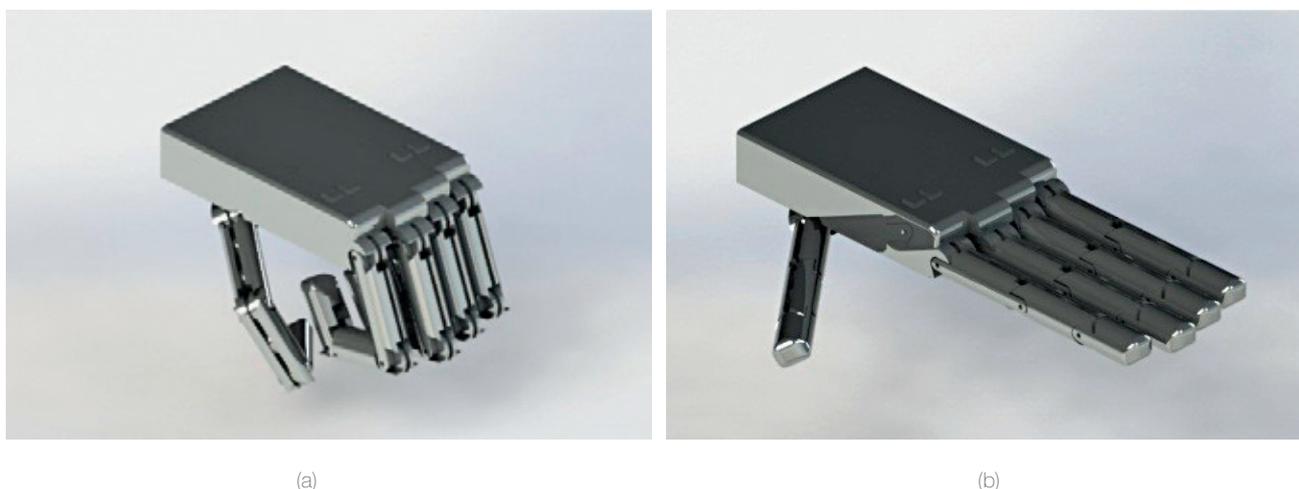
Dado que, para sujetar objetos, es común extender y flexionar los dedos de la mano se consideró oportuno que cada dedo tenga 3 articulaciones, cada una con un solo grado de libertad, de modo que cada dedo tiene 3 grados de libertad y la mano tiene 15 grados de libertad en total (solo se consideran

los movimientos de flexión-extensión y no se consideran los de abducción-aducción, de forma similar a [11] y [7]). Las 3 articulaciones de un dedo son accionadas por un solo actuador que hará extender o flexionar el dedo de forma continua, operacionalmente hablando equivale al manejo de un total de 5 actuadores independientes. Los ROM de la mano robot propuesta han sido elegidos de modo que al estar la mano cerrada tenga aspecto de puño y al estar abierta tenga aspecto de palma, tal como se muestra en la figura 3.

Generación y transmisión de movimiento para mano robot

Se eligió el uso de servomotores de forma estándar a fin de poder ser reemplazados por otros similares en caso se requiera y de fácil acceso en el mercado, para reducir costos de importación, se encontró oportuno el uso del servomotor

de torque medio (11Kgf-cm) MG996R, el cual cuenta con un motor DC que opera de 4.8V a 6V con un reductor de velocidad y controlador de posición interno, lo que facilita su uso, dado que solo se requiere que el microcontrolador de la plataforma electrónica de control envíe referencias de posición angular para la generación de movimiento. Se ha elegido realizar la transmisión de movimiento mediante un sistema de cuerdas de forma similar a [8], [11] y [3] que atraviesan los dedos de la mano robot de modo de que cada uno de los 5 servomotores, al girar en sentido horario, jalan una cuerda de color marrón que hace que el dedo completo se extienda, mientras que al girar en sentido antihorario, tiran una cuerda de color negro, que hace que el dedo completo se flexione. Los servomotores han sido colocados en una estructura adicional, la cual se asemeja a parte del brazo humano sin contar con la muñeca. En la figura 4, se muestra el sistema mano robot incluyendo los servomotores.



(a)

(b)

Figura 3. Simulación del sistema mecánico utilizando el software de diseño y simulación mecánica SolidWorks. (a) Mano robot propuesta flexionada, (b) Mano robot propuesta extendida.

Fuente: Elaboración propia.

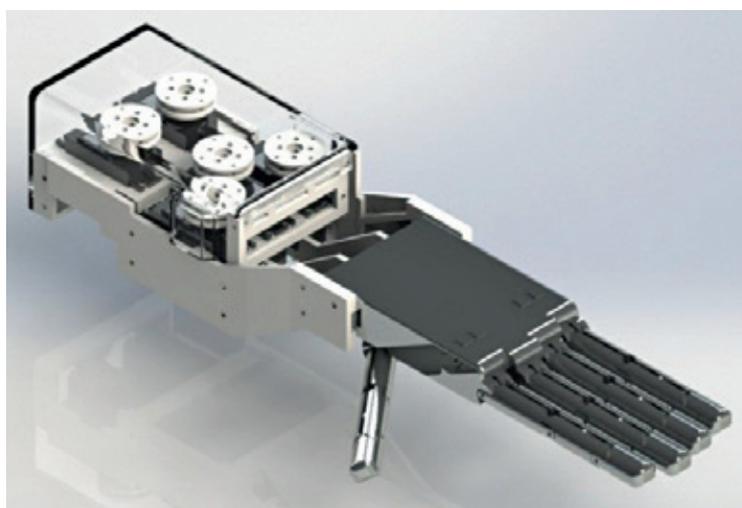


Figura 4. Mano robot simulada en SolidWorks.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del sistema electrónico para la mano robot

Al contar cada servomotor con un controlador de posición propio, lo único que se requirió diseñar fue un sistema electrónico de control que genere trayectorias en forma de posiciones angulares para cada uno de los 5 servomotores. Dado el bajo costo y fácil acceso, además de la posibilidad de operar 5 señales PWM (señales de pulso de ancho modulado utilizadas para enviar referencias de posición angular a los servomotores), se eligió utilizar como base para el sistema electrónico de control de movimiento al microcontrolador ATmega 328p.

La tarjeta electrónica cuenta con dos fuentes de alimentación separadas, la primera de 5VDC que se utiliza para alimentar

al microcontrolador y dar la señal de referencia analógica de los potenciómetros y la segunda de 6VDC es utilizada para alimentar los servomotores MG996R. Esta tarjeta cuenta con los siguientes controles:

- Potenciómetros IN1, IN2, IN3, IN4 e IN5: permiten al usuario regular de forma directa la posición de los servomotores y con ello la flexión o extensión de cada uno de los 5 dedos por separado.
- Botón B1: Abre (extiende) todos los dedos de la mano.
- Botón B2: Cierra (flexiona) todos los dedos de la mano.
- Botón B3: Permite hacer uso de los potenciómetros para operar de forma manual la flexión o extensión de los dedos de la mano.

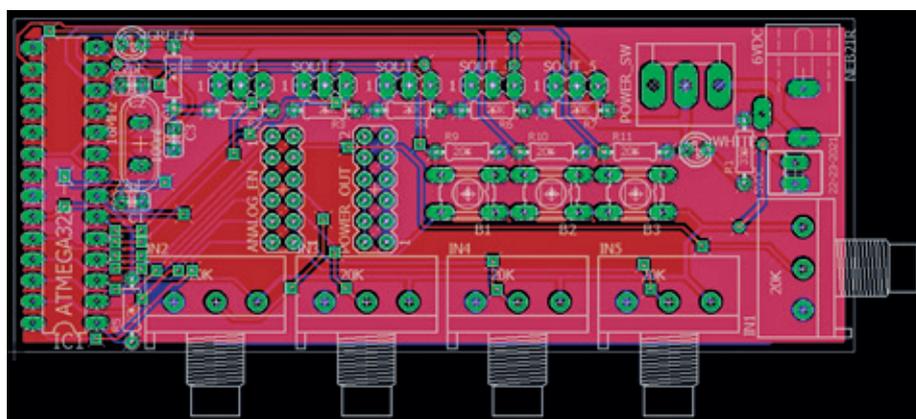


Figura 5. Circuito electrónico de control de movimiento de la mano robot diseñada por computadora. Fuente: Elaboración propia.

Ensamblaje de la mano robot

Considerando el diseño mecánico realizado en SolidWorks y la inclusión del circuito electrónico de control basado en el microcontrolador ATmega328p además de los cinco servomotores y las cuerdas que permiten la transmisión de movimiento, se fabricó la mano robot que se muestra en las figura 6, 7 y 8.

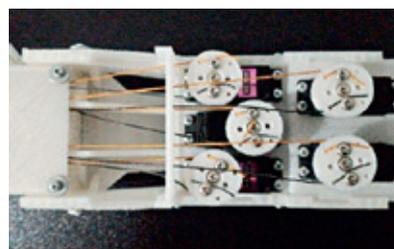


Figura 7. Servomotores con cuerdas para transmisión de movimiento. Fuente: Elaboración propia.

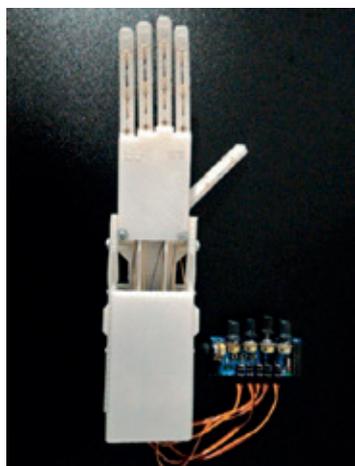


Figura 6. Mano robot ensamblada. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Circuito electrónico de control de movimiento. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se muestra el circuito electrónico de control, el cual se ha dividido en 5 secciones. La sección A tiene como elemento principal al microcontrolador Atmel ATmega 328p, el cual tiene como entradas analógicas (pines 24, 25, 26, 27 y 28) a las señales de voltaje reguladas por los 5 potenciómetros que se utilizan como referencia para las posiciones angulares de los 5 servomotores. La sección B consiste de los terminales para

las fuentes de alimentación de voltaje de 5VDC y 6 VDC. La sección C consiste de los botones pulsadores B1, B2 y B3. La sección D consiste de los cinco potenciómetros IN1, IN2, IN3, IN4 e IN5. La sección E consiste de los terminales SOUT_1, SOUT_2, SOUT_3, SOUT_4 y SOUT_5 para conectar a los 5 servomotores.

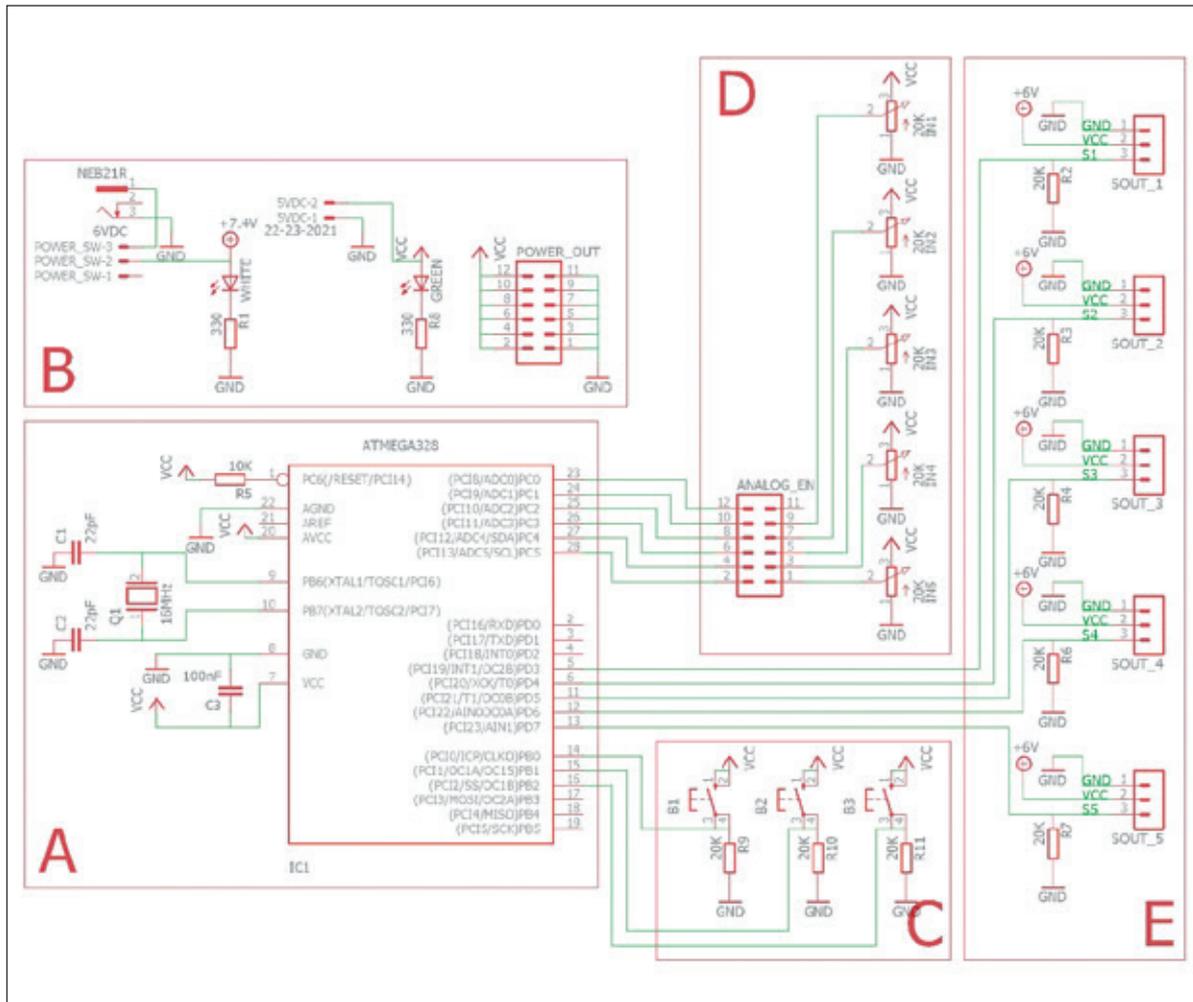


Figura 9. Circuito electrónico de control de movimiento. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Pruebas de sujeción de objetos

Considerando que el prototipo ha sido diseñado para sujetar objetos livianos de uso cotidiano y los objetos mostrados en [1], [6] y [4], se han realizado pruebas de sujeción para los siguientes objetos:

- Una caja de bebida de chocolate de 180 ml
- Una botella de limpiador de 470 ml
- Un jabón personal de 150 g

- Un mando a distancia de videojuego
- Una botella de alcohol de 250 ml

Se realizaron las tareas de sujeción regulando manualmente el ancho de pulso para cada servomotor por medio de los 5 potenciómetros instalados en el circuito de control, con el fin de regular adecuadamente los grados de flexión-extensión de cada uno de los dedos para que estos puedan sujetar el objeto de prueba. En la figura 10, se muestra la mano robot sujetando los 5 objetos de uso cotidiano antes nombrados.

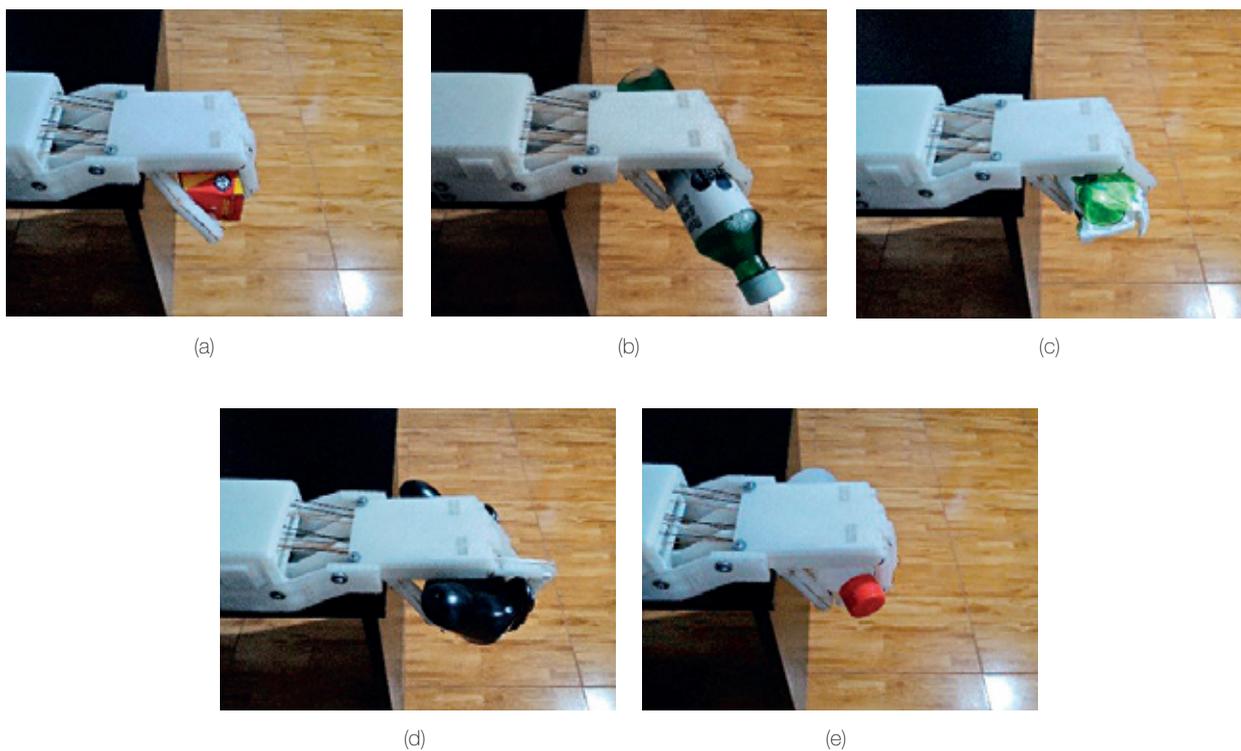
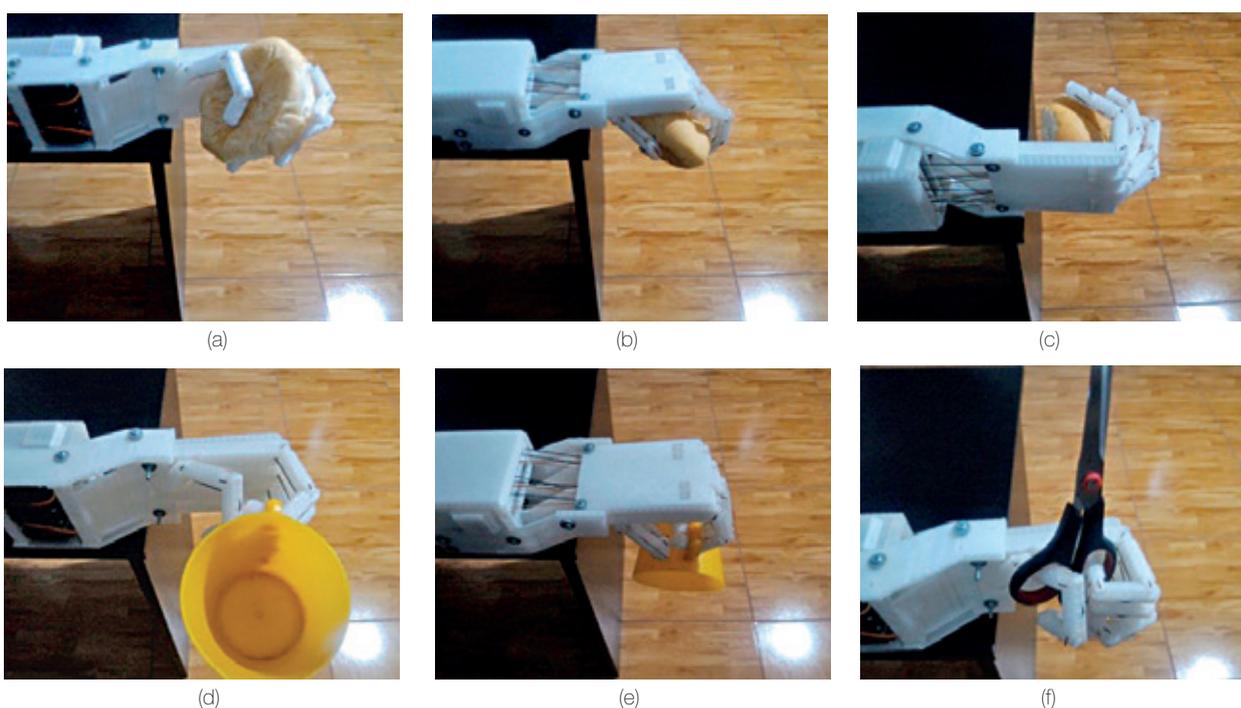


Figura 10. Mano robot sujetando (a) una caja de bebida de chocolate, (b) una botella de limpiador, (c) un jabón personal, (d) un mando a distancia de videojuego y (e) una botella de alcohol.
Fuente: Elaboración propia.

También se realizaron otras pruebas de sujeción con objetos livianos tales como los siguientes (ver figura 11):

- Un pan
- Una taza
- Una tijera
- Una lata de conservas
- Una paleta



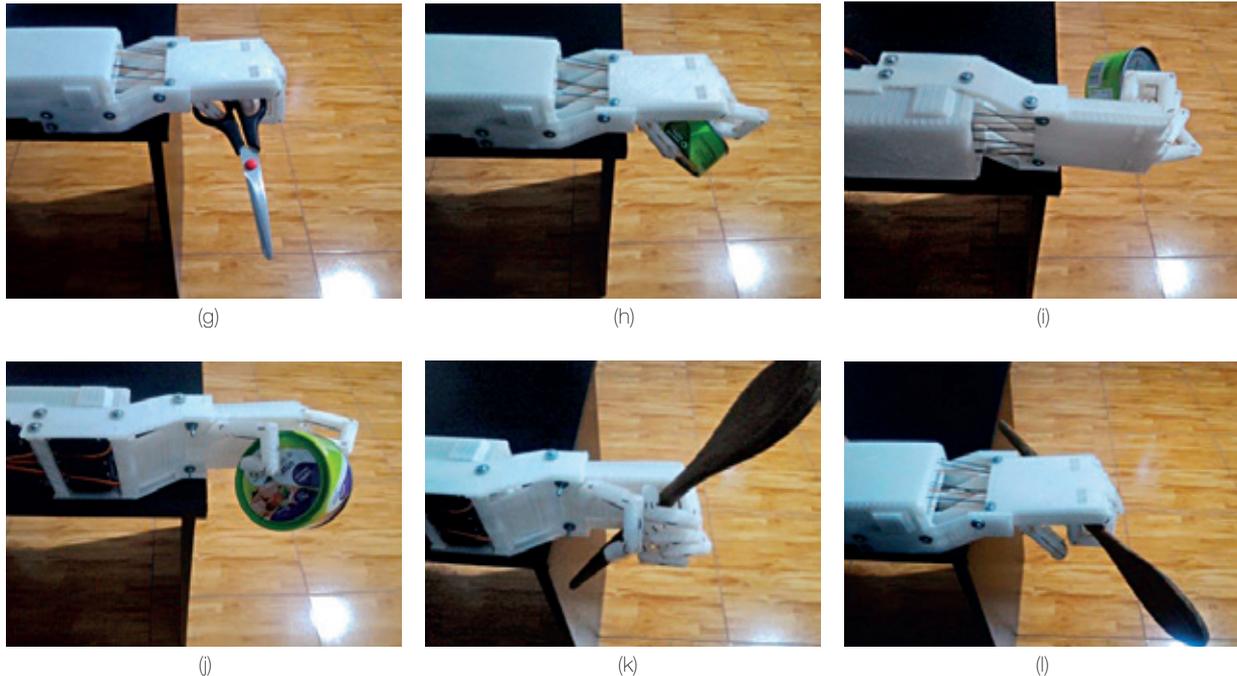


Figura 11. Mano robot sujetando (a), (b) y (c) un pan, (d) y (e) una taza, (f) y (g) una tijera, (h), (i) y (j) una lata de conserva, (k) y (l) una paleta.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio de la dinámica de los dedos de la mano de un ser humano, particularmente, se analizó las articulaciones, los grados de libertad y los rangos de movimiento de cada articulación.
- Se diseñó e implementó un prototipo de una mano robot con un circuito electrónico de control para coger objetos livianos de formas particulares y de uso cotidiano, cuyos pesos y volúmenes máximos son de 0,5 kg y 500cm³ respectivamente.
- Se controló en modo manual los grados de flexión y extensión de los dedos, para que estos se adapten a la forma de los objetos de prueba y los puedan coger adecuadamente.
- Se experimentó con algunos objetos que tienen las formas más comunes, los cuales se presentan en el medio donde se desempeña una persona, obteniéndose los resultados esperados.
- Se validó el prototipo de la mano robot experimentando con otros objetos, lo cual nos permite concluir que este prototipo puede sujetar una gran variedad de objetos, aunque no todos, porque pueden tener una geometría muy irregular.

Puede ver el funcionamiento de la mano robot en el siguiente enlace: <https://youtu.be/Qf4czhHdK0I>

REFERENCIAS

- [1] Alvaro, C., Dimitry, B., Siddhartha, S., & Dave, F. (2009). Object Recognition and Full Pose Registration from a Single Image for Robotic Manipulation. 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/5152739>
- [2] Bart, P., Daphne, B., Laura, K., Stefano, S., & Sarthak, M. (2010). Biomedical Model for the Development of Myoelectric Hand Prosthesis Control Systems. *32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 519-523.
- [3] Bart, P., Ugo, F., Gianluca, P., Claudio, M., Stefano, S., & Sarthak, M. (2012). Development of Prosthesis Grasp Control System on a Robotic Testbed. *The Fourth IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics*, 1110-1115.
- [4] Ben, K., Akihiro, M., Sal, C., James, K., & Ken, G. (2013). Cloud-Based Robot Grasping with the Google Object Recognition Engine. IEEE International Conference on Robotics and Automation. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/6631180>
- [5] Leigh, H., Mijail, S., Gerhard, F., Jon, M., Maryam, S., Abraham, C., Almut, B., David, C., Richard, P., & Jhon, D. (2006) Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. *Nature*, 442, 164-171.
- [6] Lerrel, P. & Abhinav, G. (2016) Supersizing Self-supervision: Learning to Grasp from 50K Tries and 700 Robot Hours. 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7487517>

- [7]** Lianjun, W., Monica de A., Lokesh, S., Richard, R., Ray, B. & Yonas, T. (2016) Compact and low-cost human hand powered by nylon artificial muscles. *Bioinspir.Biomin*, 12(2017) 026004.
- [8]** Markus, G., Maxime, C., Gerd, H., & Ronald, S. (2010) Antagonistically Driven Finger Design for the Anthropomorphic DLR Hand Arm System. *2010 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, 609-616.
- [9]** Osamu, F., Toshio, T., Makoto, K., & Akira, O. (2003) A Human-Assisting Manipulator Teleoperated by EMG Signals and Arm Motions. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 19(2), 210-222.
- [10]** Salvador, C., Manuel, F., M.A. S., Javier O., & Cesar P. (2008) Efficient Human Hand Kinematics for Manipulation Tasks. *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2246-2251.
- [11]** Wenbin, C., Caihua, X., & Shigang, Y. (2015) Mechanical Implementation of Kinematics Synergy for Continual Grasping Generation of Anthropomorphic Hand. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 20(3), 1249-1263.

Ha participado en múltiples eventos de carácter científico-tecnológico nacionales e internacionales tales como talleres, conferencias, cursos y charlas, así como formación constante en temas relacionados con la ingeniería de control e inteligencia artificial. Cuenta con un diplomado en Gestión de Proyectos según los lineamientos del PMI (Project Management Institute), además de estudios concluidos de maestría en Automática e Instrumentación en la Universidad Nacional de Ingeniería.

 jsuarezq@uni.pe

Ing. Ernesto Juan Godinez De La Cruz

Ingeniero electrónico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, bachiller en Ciencias con mención en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Ingeniería, estudios concluidos de maestría en Automática e Instrumentación en la Universidad Nacional de Ingeniería y diplomado en Mecatrónica de Tecsup. Con experiencia en diseño y ejecución de proyectos de electrificación, diseño y construcción de tableros eléctricos para centros de control de motores. Ha participado en trabajos de investigación para IIFIEE-UNI en actividades relacionadas al diseño e implementación de Sistemas de Control Digital. Es docente en la especialidad de Electrónica y Automatización industrial de Tecsup en los cursos de Instrumentación Industrial y Estrategias de Control Automático.

 egodinez@tecsup.edu.pe

ACERCA DE LOS AUTORES

Mág. José Machuca Mines

Ingeniero electrónico, egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería, magíster en Automática e Instrumentación egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería y docente universitario en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Profesor de pregrado y posgrado.

 jmachuca@uni.edu.pe

Bach. Juan Carlos Suárez Quispe

Bachiller en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería con amplia experiencia en participación en trabajos de investigación para INICTEL-UNI y el IIFIEE-UNI en actividades relacionadas con el diseño y la implementación de sistemas de control digital.

Ing. Wilson Marín Quevedo

Ingeniero eléctrico de la Universidad Nacional de Ingeniería y con estudios culminados de maestría en Automática e Instrumentación en la misma universidad. Ha participado en trabajos de investigación para IIFIEE-UNI en actividades relacionadas con el diseño y la implementación de sistemas de control digital. Tiene experiencia en instalaciones eléctricas y automatización de embarcaciones pesqueras.

 wilson-quevedo@hotmail.com

Recibido: 17-06-19 Revisado: 26-06-19 Aceptado: 05-07-19



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.