

“NUEVO DISEÑO DE DEDO ROBOTICO Y SIMULACION DE UN SISTEMA ROBOTICO PARA MANIPULACION”

Macías Solís José Francisco, Eduardo Olivares Borja, Arnoldo Fernández Ramírez, Roxana García Andrade¹,
C. Hernández-Santos, Armando Martínez Reyes¹
División de estudios de Posgrado
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica¹
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico De Nuevo León
Av. Eloy Cavazos # 2001 Colonia Tolteca, C.P. 67170,
Guadalupe, Nuevo León
Tel: (81) 81-57-05-00
macias.itnl@gmail.com

RESUMEN.

Una de las principales limitaciones que presentan los manipuladores robóticos industriales está directamente relacionada con el uso de múltiples efectores finales, los cuales se deben intercambiar para poder ejecutar diferentes tareas. Por lo anterior, el presente trabajo expone el desarrollo de un prototipo de elemento terminal, tipo mano robótica antropomórfica, el cual puede ser implementado como efector final genérico en tareas de manipulación. Se propone una mejora a un diseño anterior y su simulación en una interfaz gráfica.

El prototipo diseñado permite manipular diferentes volúmenes geométricos, emulando en sus movimientos básicos la mano humana. Se ha planteado también que este prototipo en etapas más avanzadas pueda ser utilizado como efector final, también pueda tener aplicación como una prótesis para personas con algún tipo de amputación en la parte final de las extremidades superiores.

Palabras clave: prótesis, diseño, sistema robótico, mano, simulación.

ABSTRACT.

One of the main limitations presented by industrial robotic manipulators is directly related to the use of multiple end effectors, which must be exchanged in order to perform different tasks. Therefore, the present work exposes the development of a prototype of terminal element, anthropomorphic robotic hand type, which can be implemented as generic end effector in manipulation tasks. It is proposed an improvement to a previous design and its simulation in a graphical interface. The prototype designed allows to manipulate different geometric volumes, emulating in its basic movements the human hand. It has also been proposed that this prototype in more advanced stages can be used as a final effector, it can also be applied as a prosthesis for people with some kind of amputation in the final part of the upper extremities.

Keywords: prosthesis, design, robotic system, hand, simulation

1. INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años los avances tecnológicos han dado paso a la creación de nuevas herramientas que benefician al ser humano en el desarrollo de tareas, ya sea tanto de manera cotidiana como el hecho de desempeñar actividades difíciles y

con una mayor complejidad. Este es el caso de los robots, los cuales al enfocarse en el área de la medicina resultan muy útiles, un caso particular son las prótesis, las cuales son diseñadas para mejorar tanto la calidad de vida del paciente como el desempeño de tareas [1].

El desarrollo de este proyecto nos permitirá ampliar la aplicación de los trabajos previamente llevados a cabo en el diseño y construcción robots. Anteriormente se han desarrollado sistemas de dos y tres robots. Ahora con este sistema robótico antropomórfico con cuatro robots, para la función de manipulación diestra, el diseño de algunos componentes se modificará para realizar de forma apropiada cada función. Además, cada función demandará un emplazamiento diferente de los robots.

Este trabajo ha sido llevado a cabo con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), en el Tecnológico Nacional de México (TecNM).

2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes.

Con el paso de los años los avances tecnológicos han dado paso a la creación de nuevas herramientas que benefician al ser humano en el desarrollo de tareas, ya sea tanto de manera cotidiana como el hecho de desempeñar actividades difíciles y con una mayor complejidad. Este es el caso de los robots, los cuales al enfocarse en el área de la medicina resultan muy útiles, un caso particular son las prótesis, las cuales son diseñadas para mejorar tanto la calidad de vida del paciente como el desempeño de tareas.

El avance en el diseño las de 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 [1].

Una prótesis 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 el paciente y en particular para el amputado, también colabora con

el desarrollo psicológico del mismo, creando una percepción de totalidad al recobrar movilidad y aspecto[2].

Actualmente las funciones de las prótesis de mano están limitadas al cierre y apertura, la diferencia entre éstas radica en el tipo de control que implementan, pero todas realizan básicamente lo mismo [3].

El objetivo de la robótica avanzada es desarrollar una estructura combinada entre computación y mecánica la cual sea capaz de desempeñar tareas de forma análoga a la de los seres humanos [4].

La metodología utilizada es un diseño antropomórfico simplificado con tres dedos y un pulgar opuesto, consta de dos tendones uno que actúa como flexor y otro como extensor al fin de captar objetos.

Finalmente, entre los países con mayor avance tecnológico e investigación sobre prótesis, se encuentran Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Japón.

3. METODOLOGÍA.

El principal objetivo de este trabajo es diseñar y simular un prototipo de mano robótica que pueda realizar agarres a partir de órdenes efectuadas desde un sistema de mando.

Para conseguir lo anterior se propone alcanzar los siguientes objetivos: [5]

- Análisis del diseño previo.

-Nuevo diseño mecánico de una mano robótica en un software de diseño asistido por computador CAD (*SolidWorks 2018*), que tenga en cuenta las medidas antropométricas promedio de una mano humana, la funcionalidad, los costos, mantenimiento, modularidad y flexibilidad.

- Comparación del diseño nuevo contra el diseño previo.

- Simulación del diseño propuesto, que permita validar la mecánica, el software y hardware del diseño del prototipo.

4. ANÁLISIS DEL DISEÑO MECÁNICO PREVIO

Para este proyecto también se ha utilizado un software para realizar los diseños y simulaciones, específicamente *Solidworks 2018*.

En esta plataforma se han diseñado los elementos que conforman el nuevo diseño. Se ha tenido en cuenta lo investigado y lo encontrado en el marco teórico. Se llegó a la conclusión de cuál era la mejor forma de distribuir los dedos del sistema para manejar objetos de diferentes formas.

A continuación, se muestran algunas piezas que conforman el diseño previo:

Base para servo-motor que permite el correcto acople de este y unos aditamentos que funcionan como falanges que hacen

posible el movimiento, en la Figura 1 se ve la base del servo-motor y en la Figura 2 se muestra una falange.

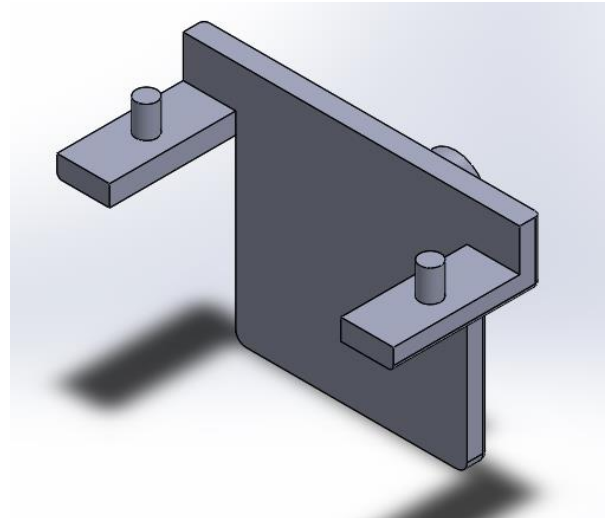


Figura 1 Base servo-motor.

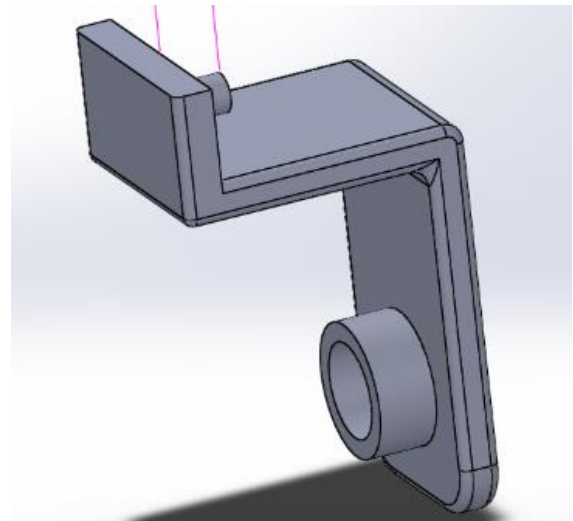


Figura 2 Falange.

En este diseño la parte final de cada dedo, la yema del dedo robótico esta redondeada, para así, facilitar el agarre de objetos. La base, que simula una palma de una mano, es plana de uno de sus lados para que en esa parte pueda ir montado el circuito y baterías de ser necesarias que harán posible el movimiento y debido al diseño propuesto y material utilizado, no es necesario que esta palma sea flexible. Se consideró que el robot cuenta con un rango de movimiento suficiente para realizar cualquier tipo de agarre. En la Figura 3 podemos ver el diseño anterior de la mano robótica (ensamble de palma, falanges, articulaciones y servo-motores).

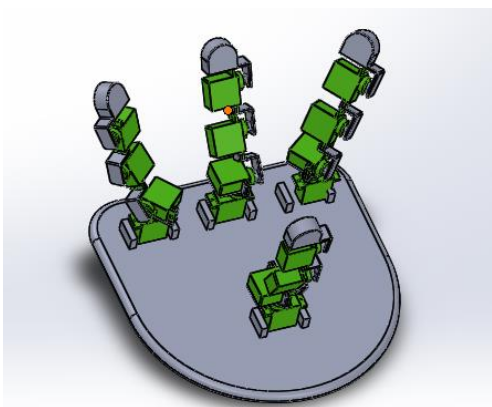


Figura 3 Prototipo mano.

5. NUEVO DISEÑO PROPUESTO, DESCRIPCIÓN.

En este diseño se propone mejoras para alcanzar los objetivos que son que la mano pueda sujetar de la forma más natural posible un sinfín de objetos tal y como lo haría una mano humana.

Se ha optado en este, nuevo diseño, por prescindir de los servomotores en cada falange y en vez de esto utilizar, en cada falange, dos tendones uno flexor y otro tensor de forma que asemeje de mejor manera una mano real.

El dedo consta de tres piezas interconectadas con pasadores estas uniones son articulaciones de revolución.

Las formas de los componentes fueron obtenidas teniendo en cuenta especificaciones de diseño antropomórficas promedio.

En este diseño cada articulación tiene, gracias a los tendones, la capacidad del movimiento de flexión hacia el centro de la palma y extensión hacia su posición original.

Se contempla que pueda ser utilizado como efector final en un robot manipulador o como prótesis, ya que se está diseñando de manera antropomórfica.

5.1 Estructura

La mano humana realiza funciones muy importantes como la función mecánica, sensitiva o hasta de comunicación.

Cada dedo está compuesto por tres falanges (Distal, Intermedia y proximal), a excepción del dedo pulgar que solo tiene dos (distal y proximal).

El dedo pulgar esta fijo por debajo de los otros dedos y puede realizar los movimientos de cierre y rotación, debido a la gran movilidad de su metacarpo.

Esto permite variar la orientación en que se desarrolla el movimiento de doblado y extensión del dedo pulgar, propiedad a través de la cual es posible oponer el dedo pulgar a los otros dedos.

El dedo pulgar es el elemento principal de la configuración pulgar-dedos, sin él, los movimientos de los dedos serian solo prensiones generales en vez de movimientos precisos. El dedo pulgar puede realizar los siguientes movimientos [2]:

-Abducción-extensión (Figura 4a) que separa el dedo pulgar del eje de la mano, su extensión es de 35° a 40° , este movimiento abre la mano.

-La aducción (Figura 4b) que aproxima el dedo pulgar al eje de la mano. Su extensión es de 35° a 40° .

La oposición (Figura 4c) que combinada con la flexión del dedo meñique. Se trata de un movimiento de prensión o cierre de la mano y presenta una extensión de 45° a 60° .

-La reposición (Figura 4d) devuelve el dedo pulgar a su posición inicial de partida, su extensión es necesariamente igual a la del movimiento precedente.

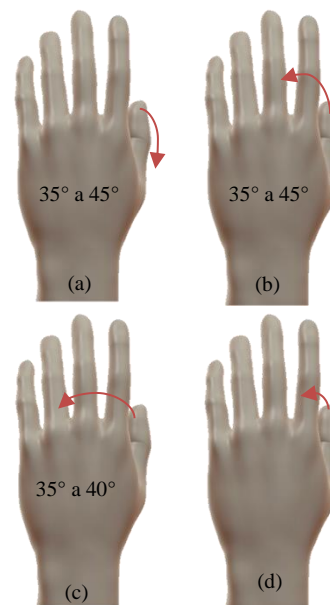


Figura 4 Movimientos del dedo pulgar, (a) abducción, (b) aducción, (c) oposición y (d).

La gran cantidad de músculos y articulaciones de la mano ofrece una gran variedad de configuraciones de sujeción que pueden ser divididas en dos grandes grupos: los prensiles y los no prensiles.

Los movimientos prensiles son movimientos en los cuales un objeto es agarrado y mantenido parcial o totalmente dentro de la mano y los no prensiles o movimientos en los cuales no son realizadas acciones de agarre, pero los objetos pueden ser manipulados, empujados o levantados con la mano entera o con los dedos individuales.

Para un diseño lo más semejante a la anatomía humana, la forma y el número de falanges son necesarias para asemejarse lo mayor posible a una mano humana [5], en esta ocasión optamos por un sistema de tendones.

Fundamentalmente existen dos tipos de configuraciones para sistemas de transmisión basados en poleas y tendones: las cerradas y las abiertas.

Los manipuladores robóticos accionados bajo tendones, presentan tres configuraciones principales de cadenas cinemáticas. Estas pueden ser clasificadas en configuraciones de n , $n+1$ y $2n$ actuadores (m), donde n representa el número de grados de libertad (GDL). [6]

6. MODELO CINEMÁTICO

6.1 Modelado cinemático directo de posición.

En el modelado cinemático de posición de un robot manipulador se establecen las relaciones existentes entre el espacio operacional (en el cual la localización del órgano terminal está definida) y el espacio articular del robot (en el cual la configuración está definida).

El modelo directo, es la relación que permite determinar el vector x de coordenadas operacionales del robot correspondiente a una configuración dada q .

$$x = f(q) \quad (1)$$

El modelo geométrico directo de un robot se puede obtener a partir de la matriz de transformación homogénea del robot que define al marco n del eslabón terminal con respecto al marco 0 de la base del robot. En el caso de robots de estructura simple la matriz de transformación está dada por:

$${}^0T_n = {}^0T_1 {}^1T_2 \dots {}^{n-1}T_n = \begin{bmatrix} {}^0s_n & {}^0n_n & {}^0a_n & {}^0p_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

La matriz de transformación fT_E define un marco de la herramienta del órgano terminal E con respecto a una base fija f , esta matriz se puede calcular mediante:

$${}^fT_E = Z^0T_n E \quad (3)$$

6.2 Modelado cinemático directo de los dedos robóticos.

A continuación, se muestran las tablas de parámetros de D-H para los dedos uno, dos, tres, cuatro y cinco, los cuales constituyen el sistema robótico para manipulación.

Tabla 1 Parámetros DH para dedo uno

Eslabón	α_i	d_i	θ_i	r_i
1	0	0	θ_1	0
2	90°	0	θ_2	0
3	0	D3	θ_3	0
4	0	D4	θ_4	0
5	0	D5	θ_5	0

Tabla 2 Parámetros DH para dedo dos

Eslabón	α_i	d_i	θ_i	r_i
1	0	0	θ_1	0
2	90°	0	θ_2	0
3	0	D3	θ_3	0
4	0	D4	θ_4	0
5	0	D5	θ_5	0

Tabla 3 Parámetros DH para dedo tres

Eslabón	α_i	d_i	θ_i	r_i
1	0	0	θ_1	0
2	90°	0	θ_2	0
3	0	D3	θ_3	0
4	0	D4	θ_4	0
5	0	D5	θ_5	0

Tabla 4 Parámetros DH para dedo cuatro

Eslabón	α_i	d_i	θ_i	r_i
1	0	0	θ_1	0
2	90°	0	θ_2	0
3	0	D3	θ_3	0
4	0	D4	θ_4	0
5	0	D5	θ_5	0

Tabla 5 Parámetros DH para dedo cinco

Eslabón	α_i	d_i	θ_i	r_i
1	0	0	θ_1	0
2	90°	0	θ_2	0
3	0	D3	θ_3	0
4	0	D4	θ_4	0
5	0	D5	θ_5	0

7. COMPARACIÓN DEL DISEÑO NUEVO CONTRA EL DISEÑO PREVIO.

En la siguiente tabla, se muestra una comparativa de las características que se consideraron más importantes en el diseño del anterior y el nuevo.

Tabla 6 Cuadro comparativo

	Figura 5	Figura 6
Forma de sujetar	PLA	Por definir
Actuador	Servomotores	Tendones
Flexión	Si	Si

Extensión	Si	Si
Numero de dedos	3	3
Número de eslabones	5	3
Tipo de sensor	Óptico	Flex sensor

La figura siguiente es un modelo en 3D del prototipo propuesto, elaborado en *Blender*.

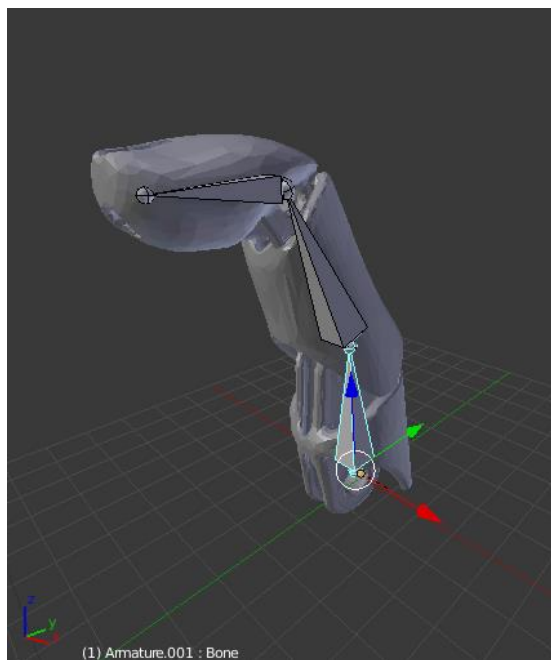


Figura 5 Dedo prototipo sugerido.

Blender 3D es un software libre bajo la licencia GNU General Public Licence, el permite realizar modelado, esculpido, texturizado, animación, etc. En la siguiente figura se muestra el diseño previo.

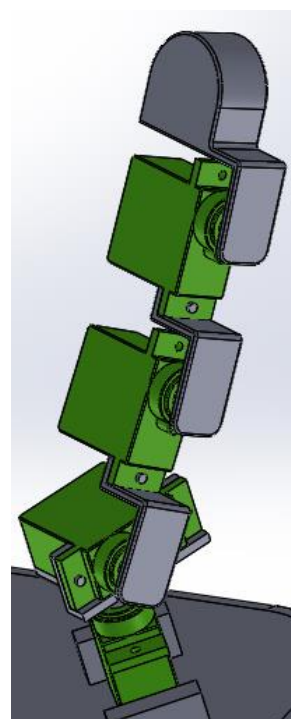


Figura 6 Dedo prototipo anterior.

8. RESULTADOS OBTENIDOS

Se realizó una simulación mecánica para verificar el comportamiento de uno de los dedos con un diseño más parecido al propuesto, de estas simulaciones se pueden obtener graficas que presentan las fuerzas, pares y torques generados esto para verificar el funcionamiento del modelo mecánico propuesto.

El modelo para la simulación se llevó a cabo en un software de renderizado llamado *Blender* y *Autodesk Fusión 360*.

Se optó por intentar realizarlo en *Fusión 360*, ya que a diferencia de *SolidWorks 2018*, brinda a los usuarios una gran flexibilidad y un conjunto de herramientas versátiles, además una gran cantidad de diseñadores han visto lo necesidad de migrar a *Fusión 360*.

Las simulaciones fueron hechas en el software *Unity*, el cual es un motor para la creación de videojuegos, material educativo, fotogrametría, aplicaciones de realidad virtual, aplicaciones de tele manipulación.

En esta versión, se explotaron otras características de este motor como es la creación de simulaciones.

En las figuras siguientes, que por cuestión de espacio se muestran en la siguiente página, se puede ver las vistas en modo escena y en aplicación, las plataformas en las que estas simulaciones pueden ser migradas por mencionar algunas son: *IOS, Android, Xbox one, PS4*.

En esta simulación se utilizaron prismas y esferas, en la creación del modelo.

La interfaz gráfica del usuario, fue programada en C#, un poco más abajo podemos ver parte del código utilizado para uno de los posibles controles en este caso con las flechas del teclado de la computadora.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class move1erFalange : MonoBehaviour {

    // Use this for initialization
    void Start () {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {

        var x = Input.GetAxis("Horizontal") * Time.deltaTime * 150.0f;
        //var z = Input.GetAxis("Vertical") * Time.deltaTime * 3.0f;

        /* if (Input.GetKey(KeyCode.Space))
        {
            r = transform.Rotate (Time.deltaTime * 10.0f, 0, 0);
        }
        */

        transform.Rotate(0, x, 0);
        transform.Translate(0, 0, 0);
    }
}
```

Figura 7 Código para flexión.

Los fragmentos de código mostrados, en la Figura 7 y Figura 8, están elaborados en lenguaje C#, el cual es un lenguaje de programación orientado a objetos.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class rotation : MonoBehaviour {

    // Use this for initialization
    void Start () {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {

        var x = Input.GetAxis("Vertical") * Time.deltaTime * 50.0f;
        transform.Rotate(x, 0, 0);
    }
}
```

Figura 8 Código para rotación.

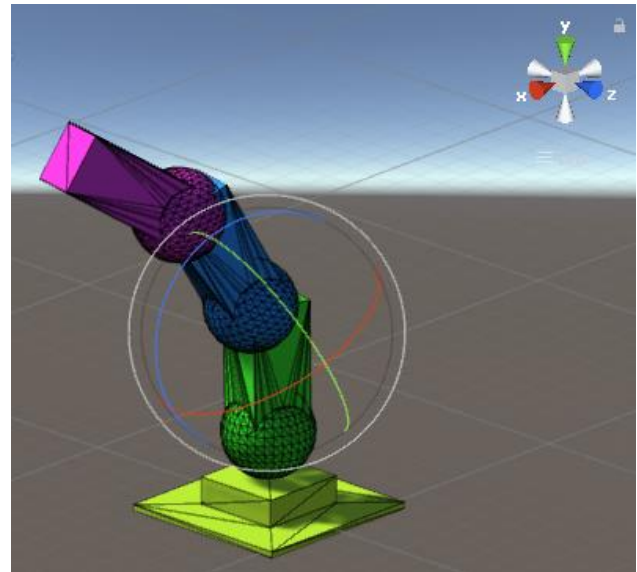


Figura 9 Captura de pantalla Unity.

9.CONCLUSIONES

El nuevo diseño de dedo robótico, facilitara la creación de una mano completa, con la realización de este avance nos damos cuenta que la manufactura de esta mano robótica tiene un sinnúmero de aplicaciones, como es el uso de esta como prótesis para personas amputadas por algún accidente o enfermedad siempre y cuando sea correctamente diseñado el socket (parte que permite el correcto acople de la mano).

Para su uso en la industria al requerir una mayor precisión en el manejo de los productos en distintos procesos, también se abre la posibilidad de utilizar las simulaciones con fines académicos. Se puede esperar también la posibilidad del control del sistema robótico a distancia ya sea por medio de internet u otro tipo de comunicación haciendo uso de otras tecnologías.

10.REFERENCIAS.

- [1] E. P. Flores, "Diseño del mecanismo actuador de un dedo robot antropomórfico Design of the drive mechanism for an anthropomorphic robotic finger," pp. 153–162, 2011.
- [2] C. A. Quinayás-Burgos, M. Muñoz-Añasco, Ó. A. Vivas-Albán, and C. A. Gaviria-López, "Diseño y construcción de la prótesis robótica de mano UC-1," *Ing. y Univ.*, vol. 14, no. 2, pp. 223–237, 2010.
- [3] C. Quinayás, "Diseño Y Construcción De Una Prótesis Robotica De Mano Funcional Adaptada a Varios Agarres," p. 94, 2010.
- [4] C. Dottorato, D. Vigo, and U. Scarcia, "Design and Control of Robotic Hands," no. March, 2015.
- [5] D. Alejandro, Z. Tenesaca, D. Miguel, and A. Zeas, "Diseño y construcción de una mano robótica para la enseñanza del alfabeto dactilológico universal para personas sordomudas," *Ingenius, Cienc. y Tecnol.*, p. 18, 2011.
- [6] M. Onico and F. Garc, "Diseño de la Parte I: Mecánica," *Chiasma*, no. June 2014.
- [7] "Blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software." [Online]. Available: <https://www.Blender.org/>. [Accessed: 23-May-2018].
- [8] "Unity." [Online]. Available: <https://unity3d.com/es>. [Accessed: 23-May-2018].