

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** AGUIRRE-ALVARIO\_1.docx (D50122559)  
**Submitted:** 4/3/2019 4:06:00 PM  
**Submitted By:** dmendozac2@unemi.edu.ec  
**Significance:** 1 %

### Sources included in the report:

AGUIRRE-ALVARIO.docx (D48505026)  
TESIS\_3.pdf (D29510181)

### Instances where selected sources appear:

2

Título de la Propuesta Tecnológica: DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA

DE UNA DE SUS EXTREMIDADES SUPERIOR DEL CUERPO

RESUMEN

En este trabajo de investigación se pretende presentar un diseño de prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior; con el objetivo proponer un diseño de prótesis biónica que le permita desenvolverse con facilidad en su vida diaria. Para realizar esta investigación se utilizará el diseño cualitativo porque permitirá estudiar la realidad de las personas con falta de su extremidad superior y el cuantitativo porque nos aportará en la toma de decisión al momento de señalar las magnitudes numéricas que puedan ser tratadas mediante la estadística. Esta investigación se la realizará en la ciudad de milagro en la cual se tomará una muestra por conveniencia a personas con falta de su extremidad superior de la población que deseen ser parte de este trabajo investigativo; por lo tanto, el aporte de este trabajo será contribuir con las personas que estén con discapacidad de su extremidad superior de bajos recursos económicos y de esta manera ayudar a mejorar su calidad de vida. Al mismo tiempo, se dejará una brecha para que en un futuro otros investigadores puedan continuar la mejora de la propuesta planteada.

PALABRAS CLAVE: Diseño, Prótesis, Flagelación, tecnología.

Título de la Propuesta Tecnológica: DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA

DE UNA DE SUS EXTREMIDADES SUPERIOR DEL CUERPO

ABSTRACT

In this research work it is a prototype bionic prosthesis for people with missing upper limb; with the aim of proposing a bionic prosthesis design that allows you to easily unfold in your daily life. To carry out this research, qualitative design can be used to study the reality of people with lack of their upper limb and the quantitative one to contribute in the decision making process for the moment of indicating the numerical magnitudes that can be treated through the statistics. This investigation is based on the city of miracle, in which a sample of convenience is taken, it is about people with lack of their upper extremity of the population that wishes to be part of this investigative work; therefore, the contribution of this work will help you improve your quality of life. At the same time, a gap will be left so that in the future, so that we can improve

the improvement of the proposed proposal.

KEY WORDS: Design, Prosthesis, Flagellation, technology.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA

## 1.1 Planteamiento del problema

Mediante un estudio empírico en la ciudad de Milagro a personas con discapacidad de la extremidad superior se pudo constatar, que por falta de las mismas, ellos manifiestan sentirse incapaz de realizar actividades como; no poder escribir, se sienten discriminados por la sociedad, no pueden realizar trabajos específicos con sus manos, además, esta incapacidad posee una

reducción de la funcionalidad y coordinación debido a que pierde gran parte de su habilidad para la manipulación y agarre de objetos,

por ello, estas personas afirman que si consiguieran usar sus dos manos seguramente pudieran desenvolverse mejor.

Por lo tanto, en este trabajo investigativo se proyecta diseñar un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior, optando por remplazar

la extremidad afectada por un dispositivo prostético con niveles de presión baja y alta que se pueden controlar con estrategias tradicionales de control bioeléctrico y prótesis sagaces avanzadas de fácil control

y, al mismo tiempo, sea de bajo recurso económicos, de este modo, les permitirán desenvolverse en su vida diaria.

## 1.2 Formulación del problema

¿Cómo contribuir con las personas de la ciudad de Milagro que les hace falta la extremidad superior de su cuerpo?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo general

- Proponer un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de una de sus extremidades superiores de su cuerpo que le permita desenvolverse con facilidad en su vida diaria, mediante una propuesta tecnológica.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar todo lo relacionado sobre las prótesis biónicas de las extremidades superiores del cuerpo humano.
- Analizar los tipos de prótesis que presenten una mejor comodidad física y tecnológica para el uso de la extremidad superior para una persona.
- Diseñar un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior que le permita desenvolverse en su vida diaria.

## 1.4 Justificación de la investigación

Este trabajo de investigación es importante porque favorecerá a la problemática que tengan las personas con falta de las extremidades superiores de su cuerpo, la cual contribuirá con el diseño de un prototipo de prótesis biónica que mejorará la calidad de vida de las personas que participen en la investigación.

El impacto será dar a conocer la propuesta acerca el diseño de un prototipo la misma que les permita a las personas que participen en esta investigación motivarse con la oportunidad de acceder a esta nueva tecnología que cambiara su calidad de vida; debido a esto, los beneficiarios de esta investigación serán todas las personas con falta de sus extremidades superiores que participen de la ciudad de Milagro.

Dentro de este marco, se puede afirmar que este trabajo investigativo es de gran interés porque con el diseño de un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de una de sus extremidades superiores de su cuerpo les va permitir desenvolverse con facilidad en su vida y además podrán realizar actividades que les accedan a desarrollar con sus manos.

Por último, su novedad radica en un diseño de prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior de su cuerpo, por otra parte, esta propuesta será para personas de bajos recursos económicos que les permitirá acceder a esta tecnología.

### 1.5 Delimitaciones

Delimitación geográfica; este trabajo se lo realizará en la ciudad de Milagro con las personas voluntarias que les falten sus extremidades superiores de sus cuerpos, los resultados que se obtengan de la investigación se elaborará un diseño de la prótesis que les permitirá mejorar su calidad de vida. Delimitación temporal; este trabajo será realizado en el periodo de un año por lo menos, en la ciudad de Milagro con personas voluntarias del sector.

### 1.6 Limitaciones

Esta investigación a pesar de su gran importancia que es contribuir con el diseño de un prototipo de prótesis para personas con falte de su extremidad superior de su cuerpo podemos encontrar ciertas limitaciones que no nos permita cumplir con el desarrollo a cabalidad del proyecto debido a que los recursos que se necesitan para la elaboración del diseño no podrían ser suficiente para tal fin; por otro lado como la muestra seleccionada es por conveniencia no se tiene un lugar específico tecnológico para elaborar el prototipo, no obstante se debe reafirmar que a pesar de estas limitaciones esta investigación se ha llevado con mucho trabajo pero que se está obteniendo excelentes resultados.

## CAPÍTULO 2

### ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

Se han realizado e investigado sobre el desarrollo de prótesis de brazos y manos biónicas en universidades de Suecia y EE.UU., que podrían cambiar la vida de millones de personas que han sufrido amputaciones de su miembro

de la

parte superior del cuerpo para el proceso de agarre y manipulación de objetos.

Para la elaboración de este proyecto se desarrollaron revisiones de algunos trabajos referentes al tema que estamos investigando, aunque son muchos los estudios encontrados a nivel mundial, a nivel de nuestro país son pocos los trabajos desarrollados lo cual nos indica lo novedoso del tema a tratar y por lo tanto es importante su estudio.

En la búsqueda bibliográfica se encontró un trabajo relacionado con

0: AGUIRRE-ALVARIO.docx

100%

un enfoque integrado para el diseño y desarrollo de un sistema de agarre y manipulación en robótica humanoide;

en la que este proyecto hace referente aún diseñó mediante sistema de manipulación antropomórfico que está acondicionado con un módulo de coordinación sensorial motora que

a través de un sistema táctil y de visualización que puede ser empleado como una prótesis de mano humana y emprender en un futuro cercano

puede ser interpretado por medio de

un programa que pueda leer las ondas sensoras del cerebro acoplándolo con la coordinación sensorial motora para

que así exista la manipulación de objetos CITATION Dar00 \l 12298 (Dario, 2000).

También se encontró un proyecto referente a un aprendizaje en tele-operación aplicado a los procesos de agarre de objetos, en la cual interpreta un procedimiento de aprendizaje para técnicas de tele operadores aplicándolo para los procesos de agarre, dado como un objetivo de forma alternativa los puntos de agarre, considerando que deben ser calculados automáticamente por el usuario mediante la tele-operación. No obstante para el desarrollo de proceso de agarre de

este proyecto se manipulan pinzas de dos y tres dedos llegando a tener capacidad de agarre independiente de piezas de distintas formas y tamaños

CITATION Fer02 \l 3082 (Fernandez, 2002).

Así mismo, se encontró un proyecto basado en

diseño y experimentación de un dedo articulado antropomorfo con un grado de libertad, puesto que,

se obtuvo como objetivo principal el diseño de un prototipo de dedo robótico con un grado de libertad muy sencillo y económico como maniobra,

para así, aprovechar su uso como un modelo para una mano antropomórfica. Por lo tanto, se enfocó más en

el diseño del mecanismo que traspasa la potencia entre la entrada motriz y las falanges de un dedo.

De manera que

este mecanismo alcanzó el agarre de tipo cilíndrico para conseguir las dimensiones que permitan transmitir movimientos antropomórfico similares a una mano humana

CITATION Cec04 \l 3082 (Ceccarelli, 2004).

Por otra parte, se encontró un artículo basado en un estudio biomecánico de la mano durante el agarre de herramientas manuales con datos antropométricos preliminares, por consiguiente, este trabajo se realizó con el fin de contrastar los datos obtenidos mediante investigaciones y

con los datos de estudios internacionalmente reconocidos usados como referencia a la hora de analizar

este

trabajo con herramientas manuales antes de contar con estudios propios. Así mismo, se incluyó análisis antropométricos, electromiográficos y dinamométricos de la mano en una población de 200 personas

CITATION Mos04 \l 3082 (Mosquera, 2004).

Por otro lado, se analizó un proyecto basado en un

diseño y construcción de un prototipo robótico de mano y antebrazo diestro para prótesis,

de tal forma que, tomando en cuenta diferentes proyectos realizados tanto en desarrollo como comerciales con el

fin de tener como base las diferentes características que poseen, por eso se ha regido en mejorar el diseño tomando diferentes alternativas de calidad para que el usuario se sienta contento en el momento de la implementación

CITATION Osc17 \l 3082 (Rios, 2017). Por lo consecuente,

se analiza matemáticamente lo necesario para resolver los mecanismos, análisis de esfuerzo y todo lo que puede realizar una mano humana, para así poner a prueba el prototipo.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1

#### Cibernética

La cibernética obtiene una extensa aceptación en la sociedad y pronto se aplicará a armazones contruidos por el ser humano existentes en

ferias, promociones de productos y otras aplicaciones. Aquí se trata de simular movimientos de seres vivos

mediante técnicas como el control remoto, incluyendo funciones sensoriales primarias y cosas en común CITATION Oll06 \l 3082 (Ollero, 2006).

Un androide está combinado por un sistema mecánico que manipula las

diversas articulaciones que normalmente se distingue entre el brazo y el órgano terminal que puede ser intercambiable,

recurriendo a pinzas o mecanismos específicos para poder realizar distintas tareas.

### 2.2.2 Prótesis

Dispositivo diseñado para poder suplantar una parte carente del cuerpo ya sea esta una extremidad o un órgano, la cual permite hacer que la parte del cuerpo remplazada trabaje mejor y así darle una forma más cómoda y a gusta a las labores diarias del usuario CITATION LVo13 \l 3082 (L. Vorvick, 2013).

Las prótesis se clasifican comúnmente en

dos grupos: estáticas y funcionales, con determinadas funciones y dependiendo a esto puede variar el costo,

la cual se las detallara a continuación:

#### 2.2.2.1 Estáticas

Son dispositivos diseñados

lo más probablemente posible a una extremidad humana real, pero no cumplen ninguna función. Solamente procuran dar una mejor apariencia estética al

ser humano o a quien la utilice, elaborados normalmente de silicona o de polivinilo colorado (PVC) la cual tiene a apariencia a uno real.

En la elaboración del diseño se consideran algunas características como la resistencia a las manchas, color

idéntico al

tono de piel, flexibilidad, resistencia a temperaturas altas y ambientales, y lo más importante que no produzca reacciones molestas en la piel a quien lo valla a utilizar CITATION LVo13 \l 3082 (L. Vorvick, 2013).

Las ortopedias de

PVC poseen mejor resistencia que las de silicona y con menor costo, inferior a los tres mil dólares.

#### 2.2.2.2 Funcional

Estos dispositivos además de cumplir una función estática, son capaces de intentar una simulación de movimiento de la parte del cuerpo que son remplazadas. Este molde permite recuperar la movilidad de la parte del cuerpo que es reemplazada en un cierto porcentaje. Pero existe un gran inconveniente

con estos moldes

es que tienen un elevado costo y se pueden clasificar en: prótesis eléctricas, mecánicas, mioeléctricas e híbridas.

Eléctricas

Según la necesidad de la persona estos moldes

usan motores eléctricos para el movimiento de la articulación

con una batería recargable. Se controla de diferentes formas, sea mediante control con alimentación, con pulsador o botón con interruptor de arnés,

es decir que

se puede combinar para una mejor funcionalidad. La desventaja que tiene es que hay que tener cuidado de no exponerlos a medios húmedos o mayor peso.

Mecánicas

Son dispositivos diseñados

con mecanismos de apertura y cierre mediante cables y cintas de sujeción

ensamblados al

cuerpo que se traccionan por un movimiento de otra parte del cuerpo. Tiene limitaciones de movimiento, es decir que necesita energía propia de otra parte del cuerpo

para que genere tensión y funcione.

Mioeléctricas

Estas ortopedias son una de las mejoras que se viene formando de las anteriormente mencionadas, expresan un

mejor aspecto estético, posee gran fuerza y velocidad de presión, así como muchas combinaciones,

es decir, que

su control se asemeja al movimiento que realiza el musculo del cuerpo que

se contrae o flexiona, produciendo una pequeña señal eléctrica que es creada por la interacción química en el cuerpo

CITATION his16 \l 3082 (history, 2016).

La ventaja

es que solicita que el usuario flexione sus músculos para poder ser operado, a diferencias de las que requieren del movimiento general del cuerpo. Su desventaja es que pretende de mantenimiento por lo que posee baterías y motores eléctricos.

Híbridas

Estos dispositivos

combinan

la acción del cuerpo con el accionamiento por medio de electricidad en una sola

pieza,

sirviéndole a

personas que tienen amputaciones o diferencias transhumerales, es decir amputaciones en diferentes sectores del brazo, la cual se utiliza

con frecuencia un codo accionado por el cuerpo y un dispositivo controlador en forma mioeléctrica.

Biónicas

Estos dispositivos son especiales por que se comportan de manera real ante la parte del cuerpo remplazada, es decir que

0: TESIS\_3.pdf

100%

son

capaces de sentir ya que se conectan con las terminaciones nerviosas

de la persona y puede

controlarse con la mente, son integradas al cuerpo e incluso devuelven esa sensación de la extremidad real a la persona.

### 2.2.3 Prótesis comerciales

Existen algunos dispositivos de mano ya en el mercado actualmente, la cual se las detalla a continuación:

#### Michelangelo

Este dispositivo realiza funciones de una mano natural de acuerdo con sus diferentes opciones de agarre, además se ajusta y controla la fuerza que se requiere para sujetar un objeto pesado o ligero.

“Posee un peso ligero maso menos de 400 gr., está hecho para soportar temperaturas altas y bajas, posee un voltaje para operar de 12 voltios, la velocidad de abrir y cerrar la mano es de 425 mm/s, con conexión bluetooth para configurar los patrones desde el computador y además posee un control independiente” CITATION ott14 \l 3082 (ottobock, 2014).

#### Bebionic

Este dispositivo fue hecho por Stepper RS, la cual posee un diseño de actuadores lineales DC independientes,

los dedos, diferentes tipos de detención, control de velocidad para posición de cada dedo, ajuste de fuerza y velocidad en caso de que el objeto se resbale y su económico costo CITATION Beb16 \l 3082 (Bebionic, 2016).

### 2.2.4 Prótesis realizada en Ecuador

De tantos proyectos realizados en el Ecuador el prototipo Hand of Hope considerado como idóneo para el uso del mismo,

ganó el primer premio Nacional Proyecto Multimedia Ecuador 2014, referente a

sus inventores, Cristian Ramírez y Verónica Barros de la Universidad de Loja, se controla por señales musculares y para lograr que el proyecto funcione se crearon tres modelos diferentes.

Este proyecto fue presentado al vicepresidente de la república y fue basado en open hardware y software, su control se realiza en base

a señales mioeléctricas generadas por el musculo del brazo. Mediante el proceso de su elaboración recibieron accesorias y disponibilidad de algunos componentes e instrumentos

CITATION EIC14 \l 3082 (Ciudadano, 2014).

## 2.2.5 Funcionamiento

Si el tipo de prótesis que es utilizado por el usuario es funcional deberá tener mucha precaución porque estos dispositivos constan de partes que necesita de una fuente de alimentación para

que

el sistema eléctrico se energice y funcione. Se ejecutan mecanismos de movimiento para cada dedo

la cual hay actuadores transmiten un movimiento semejante a los dedos humanos. Todo esto es controlado mediante sensores que reciben señales de un controlador.

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

#### 3.1

Desarrollo mediante la función de calidad

En la elaboración de este prototipo se realiza por medio de la casa de calidad que permite efectuar una planificación sobre el producto a elaborar

mediante una matriz en la que se traslada las demandas de los clientes en características técnicas del

producto, es decir, lo que dice el usuario y lo que dice el ingeniero. A continuación, se detalla las demandas y características técnicas mencionadas anteriormente, que debe cumplir el prototipo:

##### 3.1.1 Voz del cliente o usuario

Todo lo que nos dice el cliente prácticamente son demandas, es decir requerimientos y deseos, las cuales son obtenidas de prótesis comerciales y se diseñan de acuerdo a necesidades de ellos y revisadas por un protesista de una fundación o doctor que esté capacitado en este tema, los requerimientos más comunes que pides son

los siguientes:

- La prótesis debe tener la apariencia a una mano humana.
- La velocidad de los dedos debe ser similares a

- los reales de una mano.
- Su peso debe ser similar a la extremidad perdida.
- Debe encajar fácilmente con el encaje del antebrazo.
- Tener capacidad de sujetar objetos de uso común.
- Que no genere ruidos molestos.
- Que los dedos tengan cierta resistencia hacia el agua.

### 3.1.2 Voz del ingeniero o desarrollador

Aquí se describen los requerimientos técnicos que se deben articular para satisfacer las necesidades de los clientes o usuarios. Con las demandas de los clientes detallados anteriormente se obtienen las siguientes especificaciones técnicas, la cual nos servirán para el diseño del prototipo:

- Tiempo de mover los dedos (abrir y cerrar).
- Dimensiones.

- Masa del prototipo.
- Fuerza de agarre.
- Decibelios del prototipo en operación.
- Grado de protección IP.

Prácticamente en el proceso de desarrollo del prototipo se ha tomado como referencia dos prototipos comerciales que son i-lim

y Bebionic, debido a que tienen mayor fuerza en el mercado y se puede encontrar información técnica

relevante a la misma. Las prótesis mencionadas se asemejan mucho más a una mano humana, por eso con la prótesis que se va a diseñar se pretende acercarse en lo más posible a dichas características ya que al hacerse comercial y de marca reconocida los clientes van a preferir una prótesis que cumplan dichas especificaciones.

### 3.2 Generación de alternativas

En el desarrollo de este proyecto se generan alternativas para la obtención de la prótesis ergonómica de la mano, contempladas con las tecnologías que están al alcance de uno en nuestro país.

Las alternativas que se van a presentar

requieren especialización en el tema o a su vez poseer un nivel de conocimiento y destreza necesario para poder emplear su desarrollo, motivo por el cual se podría ampliar el equipo de trabajo o el tiempo de desarrollo del proyecto, por ello se plantea una evaluación de alternativas del mismo.

### 3.3 Evaluación de alternativas

Para poder realizar una buena evaluación de las alternativas expuesta anteriormente se requiere determinar qué grado de complejidad se presenta durante el proceso de desarrollo

del proyecto debido de que a mayor grado de complejidad mayor seria el tiempo que se requiere para su desarrollo, la cual el análisis de esta evaluación se presenta a continuación en la tabla:

El proceso de construcción de nuestro prototipo se la realizara a través de técnicas de escaneo modernas, modelado e impresión en 3D, es decir, son las soluciones más factibles puesto que no se requiere de la asesoría o inmersiones de personas externas durante el desarrollo del prototipo y además son las más accesibles y no se requiere de grandes insumos para pruebas y errores y no generan retrasos o inconvenientes para el diseño y construcción de la prótesis.

### 3.4 Detalles de mejora

Existen más posibilidades de mejora continua, los detalles del prototipo realizando pruebas de impresión con diferentes configuraciones de velocidad, resolución, espesor de capas, posicionamiento de componentes y análisis detallado de colores y presentación de acabados con diferencia de colores, son algunas de las mejoras que se le puede realizar por el momento, pero con el pasar del tiempo se puede seguir haciéndola mucho más económica y adaptable al cuerpo.

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

#### 4.1 Proceso de desarrollo

En el proceso de desarrollo de esta propuesta se ha tomado en cuenta mucha información de otros documentos y proyectos realizados anteriormente, para poder llevar a cabo la construcción del prototipo de la prótesis, en primer lugar, se ha tomado en cuenta a la prótesis Bebionic, pero con un acontecimiento de no tomar en cuenta los sensores de presión, considerando todos los componentes eléctricos agregándole una placa arduino, motores de movimiento y con sensor neuronal para que, por medio de pulsaciones del cerebro le den movimiento a los dedos de la prótesis; hay que tomar en cuenta el lugar y las herramientas necesarias que estén a nuestro alcance y estatus económico, porque en si la construcción de este prototipo debe estar al alcance económico de las personas quienes vallan a darle uso.

Hay que tomar en cuenta las herramientas a utilizar y el lugar donde se lo va hacer, es decir que hay que considerar si el lugar en la que se valla a realizar el proyecto esté acorde y equipado totalmente con herramientas que se vaya a utilizar; de modo que se necesitara la ayuda de una persona que este con la falte de una de sus extremidades superiores para poder realizar el estudio a fondo del funcionamiento y el modo de utilización en la que se vaya a tomar nuestra prótesis así dándole una mejor solución y que se sienta a gusto la persona en su vida diaria.

#### 4.2 Proceso del diseño mediante el escaneo de la mano

Para poder realizar este proceso de diseño de la mano hemos tomado en cuenta el escaneo en 3D porque son capaces de recoger muestras de la geometría de un objeto, en este caso de

la mano a escanear, para así generar el modelo tridimensional de la mano y además la mayoría de prótesis en la actualidad se las realizan mediante este tipo de escaneo considerando que el material que se utiliza es el termoplástico PLA (ácido poliláctico), además tomado en cuenta como herramienta el escáner 3D Sense que su procedencia es norteamericana la misma que tiene un sistema operativo compatible de Windows 8 o posterior, un volumen para escaneo mínimo de 0.2m x 0.2m x 0.2m y máximo de 2m x 2m x 2m, lo cual se refiere

al tamaño de los objetos que puede capturar del escáner y esto una de las razones por las cuales se lo escogió

porque se puede realizar escaneo sea de una mano adulta o de un infante.

Este escaneo se requiere de la coordinación y precisión en su ejecución para lograr un buen resultado ya que el tamaño de la misma depende de la cantidad de detalles que integran dificultad en su procedimiento, por eso

hay que ejecutar varias veces el proceso.

#### 4.3 Proceso del diseño ejecutando el modelado en 3D

Una vez realizado el escaneo de la mano cómo se detalla anteriormente se procede a ejecutar el proceso de modelado, es decir, que además del escáner a utilizar necesitamos la asistencia de una computadora con el programa de diseño Solid Works, la cual, nos permitirá realizar el modelado mecánico de cada una de las piezas que forman parte de la prótesis. Este programa es referencia de las nuevas técnicas de modelado que se analizan y desarrollan en la actualidad para tener una forma más práctica y económica de realizar procesos de escaneo, es decir, que se lo caracteriza como un diseño asistido por computadora traspasando la idea mental del diseñador a lo virtual.

Por lo consecuente,

fue necesario contemplar los movimientos que ejecutan cada uno de los dedos y sus grados de acción con el fin de obtener una prótesis semejante al movimiento de retracción

y contracción de los dedos de una mano humana.

#### 4.4 Proceso del diseño del prototipo

Una vez analizado el proceso de escaneo y modelado de la mano en 3D procedemos con el diseño de la prótesis, analizando los movimientos de los dedos, los tipos de agarre y función que vaya a realizar la prótesis sin haber ningún inconveniente se procede a realizar el modelo de los eslabones, es decir los dedos, el mismo que integra gran cantidad de piezas para que en cada parte de la división de los dedos tengan su libertad de realizar el movimiento de cerrar y abrir la mano.

Con referencia al diseño del prototipo se complementará con unos tensores, es decir, empleando una sección de hilo nylon que imitaran la acción de los tendones y una de hilo

elástico facilitando la extensión y retracción de los dedos a la posición de origen con el fin de obtener como objetivo principal la contención de objetos de cualquier tamaño y de formas diferente igual a la mano humana.

Por consecuente, procedemos a ensamblar cada parte de los dedos con el hilo elástico integrado para que tengan sus movimientos, en la parte del cuerpo de la mano agregamos los servomotores asegurándonos de que los cables estén cómodamente sin que se dañen y evitando que la mano del prototipo se rompa y funcione con normalidad. Una vez ubicado los sensores, servomotores, baterías y placa arduino en el lugar destinado, procedemos a rosear en los dedos del prototipo espuma adherente para poder tener un agarre del objeto con éxito y evitar que se resbale, una vez ensamblado todas las piezas se procede a realizar las pruebas de funcionamiento.

#### 4.5 Proceso de impresión 3D

A continuación, una vez escaneado y modelado de la mano humana procedemos a la impresión de la mano para poder iniciar el proceso de ensamblaje de nuestro prototipo. Por lo consecuente, a través de la impresión 3D print bot simple y utilizando el plástico PLA, cargamos todo el diseño de nuestra mano que hicimos anteriormente a nuestro software de diseño Cura, este software transportará la imagen escaneada de cada parte de la mano a un conjunto de coordenadas en 3D que será el lenguaje de programación llamado código G, es decir,

se trasladara la localización exacta de cada punto donde se posicionara el plástico en diferentes capas intercaladas desplazándose sobres sus ejes varias veces hasta obtener el objeto modelado sólido

y así poder seguir con el ensamblaje de cada parte de la prótesis.

#### 4.6 Incorporación de

placa Arduino

Esta herramienta es una pequeña y completa placa basada en ATmega328 (arduino nano 3.0) o el ATmega168 que se la usa conectándola a un protoboard, con la funcionalidad igual al arduino duemilanove, pero con una pequeña presentación diferente, no posee conector para alimentación externa y funciona con un cable USB Mini,

además más características como las que se mencionan a continuación:

- 

Tensión de operación (nivel lógico): 5 V • Tensión de entrada (recomendado): 7 – 12 V • Tensión de entrada (limites): 6 – 20V • Pines E/S digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM) • Entradas analógicas: 8 corriente máx. por cada PIN de E/S: 40 mA • Memoria flash: 32 KB (ATmega328) la cual 2KB son usados por el bootloader (16 KB – Atmega168) • SRAM: 2KB

(ATmega328) (1KB ATmega168) • EEPROM: 1KB (ATmega328) (512 bytes – Atmega168) • Frecuencia de reloj: 16 MH • Dimensiones: 18,5 mm x 43,2 mm

#### 4.7

##### Verificación de su funcionamiento

Una vez realizado el escaneo, modelado, impresión en 3D y ensamble de todas las piezas en la mano del prototipo impreso procedemos a verificar su funcionamiento, a ver los procesos de agarre y todo lo demás se le

definirá colores y formas de acuerdo al gusto de la persona determinando que el accionamiento electrónico de prueba sea factible o no,

así mismo verificar si los componentes electrónicos permiten su control no tengan ningún fallo.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

#### 5.1 Presupuesto de la propuesta tecnológica

En las siguientes tablas se demostrará los gastos de diseño y construcción compuestos en la ejecución del proyecto, el estudio del presupuesto es un factor importante y necesario la cual permite detallar el costo real para el diseño y la construcción de la prótesis ergonómica de la mano, una vez terminada la construcción se detallan con exactitud los recursos económicos empleados en materiales, maquinas, equipos y diseño:

#### 5.2 Costo del diseño de la prótesis

A continuación, se detallarán los costos relacionados a los diseños de la prótesis acorde el tiempo y numero de propuestas de diseño, así como también el costo de cada uno de los equipos:

#### 5.3 Costo de construcción de la prótesis

A continuación, se detallarán los costos relacionados a la construcción de la prótesis y de los equipos requeridos para la construcción:

#### 5.4 Costo total del proyecto

A continuación, se detallarán los costos relacionados al diseño y la construcción de la prótesis:

#### 5.5 Costo de la prótesis

El costo por el desarrollo de la prótesis es sumamente bajo ya que se implementaron en las tablas los equipos, herramienta, materiales y software las que serán empleadas en el

desarrollo de varias prótesis y el diseño de ser el caso se podría emplear en personas de diferentes edades tan solo ajustando las medidas de las o la mano del usuario:

## CONCLUSIONES

- La elaboración de

este proyecto de investigación producto de carácter multidisciplinario ya que se aplica en diferentes áreas de ingeniería como son el análisis de mecanismos, cálculo de resistencia de materiales, selección de materiales acorde al presupuesto y características de diseño, dimensionamiento de la estructura acorde a limitaciones de una mano real, diseño electrónico en base

al requerimiento del prototipo tanto de actuadores y sensores.

- Para obtener la determinación de las dimensiones de la mano con el escáner Sense 3D se necesita que la persona esté completamente estática por unos momentos para la obtención de los archivos digitales de sus manos, en vista de que el software del escáner entrega una imagen 3D

para así proceder con la impresión de cada una de las piezas de la mano y proceder con su ensamble.

- 

La confección del prototipo en base a impresión 3D se pretende saber de un cierto grado de comprensión sobre el tema se vuelve sencilla a disposición que se comprende los parámetros de velocidad de impresión y temperatura del plástico empleado, la escala

del prototipo de

acuerdo al tamaño de la persona ya que el software de impresión tiene alternativas para eso.

## RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo del cuerpo de la mano se deberá mejorar la resistencia de su estructura debido a que puede sufrir caídas y pueda que se rompa especialmente donde se articulan los dedos. A demás,

que impida el ingreso del agua a los componentes electrónicos ya que es común que sea expuesta a condiciones de humedad.

- 

Para cada dedo es importante darle un grado más de movilidad con el que pueda realizar movimientos de flexión y extensión.

-

Con el pasar del tiempo el avance de la tecnología es

constante y rápido por eso es conveniente buscar componentes menos invasivos al usuario para estimular el uso de la prótesis.

- 

Elaborar el diseño de la prótesis en el programa de Solid Works de tal forma que cada uno de los componentes pueda ser escalado de una manera muy sencilla, contemplando

la diferencia de edad de la persona y los mecanismos queden en el prototipo, es decir diseñar diferente tamaño de prototipo para personas con diferencia de edades.

,

24

Hit and source - focused comparison, Side by Side:

Left side: As student entered the text in the submitted document.

Right side: As the text appears in the source.

---

Instances from: AGUIRRE-ALVARIO.docx

1 100%

un enfoque integrado para el diseño y desarrollo de un sistema de agarre y manipulación en robótica humanoide;

1: AGUIRRE-ALVARIO.docx 100%

Un enfoque integrado para el diseño y desarrollo de un sistema de agarre y manipulación en robótica humanoide.”

---

Instances from: TESIS\_3.pdf

2 100%

son  
capaces de sentir ya que se conectan con las terminaciones  
nerviosas

2: TESIS\_3.pdf 100%

son capaces de sentir ya que se conectan con las terminaciones  
nerviosas