



Diseño de un prototipo para soporte de fuerza en los dedos de la mano considerando los movimientos de agarre digito palmar (cierre puño recto)

N.D. Burbano Vallejos, R. Benavides Pérez

Ingeniería Mecánica, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Pasto – Nariño

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Resumen: La pérdida en la capacidad motriz en alguna parte del cuerpo humano genera en las personas perjuicios irreparables en la vida cotidiana. Las manos son herramientas fundamentales para nuestras actividades diarias y cuando una persona sufre un daño físico que afecta la movilidad de estas y aunque reciba ayuda en ocasiones no logra a recuperar en totalidad su movimiento, ocasionando que la vida de quien padece este tipo de problemas cambie por completo.

palabras clave: Prototipo, Herramientas, Accidentes, pistones Neumáticos, válvulas, compresor, Arduino, electroneumática, ortesis, articulaciones

Al día de hoy las lesiones y/o accidentes ya sean laborales o esporádicos son muy comunes por varios factores adversos que son difíciles de predecir o evitar.

Es así que por ejemplo una persona que sufre un accidente y pierde la movilidad en cualquier parte del cuerpo, se le dificultara poder ejercer su trabajo de manera habitual.

De aquí nace la idea y/o necesidad de generar y diseñar un prototipo que ayude a solventar este inconveniente.

Los problemas para manipular herramientas de un taller son circunstancias que a un trabajador le impiden tener un desempeño afectando así su calidad de vida y no tener un trabajo digno; ya que este no podrá trabajar de manera segura, precisa y eficiente, de aquí el menester de realizar, diseñar o crear algo que le ayude a poder seguir con su trabajo de una u otra forma imitando la normalidad.

Se busca por medio de este soporte mecánico (herramienta taller), para la ayuda a las personas que trabajen en el campo de la mecánica automotriz, que posean alguna deficiencia en agarre constante y necesario de herramientas; con ello así ayudar a incrementar su capacidad laboral y mejorar su salud.

III. JUSTIFICACIÓN

Personas sufren accidentes a diario, en ocasiones pierden una extremidad, en el caso del sujeto de estudio perdió más de la mitad de la movilidad y fuerza de su mano derecha desde el codo por un accidente.

Una de las funciones principales de los mecánicos automotrices es operar herramientas de ajuste como por ejemplo generar la fuerza necesaria para ajustar un perno de una rueda.

Si se tiene un tipo de lesión que afecte la normalidad de la movilidad y fuerza de la mano sería imposible realizar las actividades de forma rutinaria, esto genera demoras, ayudas

I. INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo de grado es fabricar un prototipo que brinde una ayuda y/o asistencia en la manipulación de herramientas de ajuste esto enfocado a aquellas personas que tienen una deficiencia en el agarre digito/palmar y en el movimiento de su extremidad superior puntualmente el cuarto segmento (mano); específicamente los dedos excepto el pulgar.

El prototipo se enfocará en el movimiento digito palmar (cierre puño recto) el cual abarca las falanges y el soporte lo dará la palma de la misma.

La fabricación de este prototipo se hará con la ayuda de sistemas neumáticos, cómo lo son pistones, eslabones, entre otros. Con el uso de sensores tipo electrodos se detectará el movimiento muscular mediante impulsos eléctricos; ya con esos datos se podrá trasladar esta información a softwares, como Arduino para la programación del prototipo.

Se estima que el prototipo brinde una asistencia de 20% en la fuerza de sujeción de herramientas en la mano.

Nixon Daniel Burbano Vallejos es estudiante ingeniería mecánica de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Colombia.

Ricky Benavides Pérez es estudiante ingeniería mecánica de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Colombia.

innecesarias, cansancio, agotamiento, estrés que afectan la vida en algunos aspectos de quien padece el problema y trabaja en un entorno como el anteriormente mencionado.

Estos motivos llevan a realizar un mecanismo capaz de recrear dos movimientos de flexión de los dedos en conjunto, un tipo de ortesis-prótesis con movimiento, que sería una herramienta más en el taller y que permita solucionar algunos problemas mencionados que se presentan trabajando como mecánico automotriz.

Se ve la necesidad de crear u diseñar algún método que ayude al sujeto a solventar su problema por esto es que se presenta este proyecto en el cual se diseñara un prototipo de ayuda mecánico para soporte de los dedos, el cual tiene como objetivo central dar asistencia al sujeto que sufrió el accidente en realizar el manejo de herramientas de taller automotriz.

IV. OBJETIVOS

A. *Objetivo General*

Diseñar un prototipo para soporte de fuerza en los dedos de la mano considerando los movimientos de agarre digito palmar (cierre puño recto)

A. *Objetivos Específicos*

- Diseñar una estructura que permita ejercer soporte a los dedos de la mano considerando los movimientos de agarre digito palmar.
- Implementar la estructura diseñada con el fin de realizar pruebas.
- Implementar una conexión eléctrica muscular hombre-máquina que permita controlar la función de la estructura diseñada.

V. MARCO TEÓRICO

A. *Prótesis y ortesis*

Son elementos que simulan o ayudan a mejorar la capacidad de una parte del cuerpo como se dijo anteriormente han existido y se han desarrollado cada vez más con el paso del tiempo; en la antigüedad se amputaban miembros por castigo o para ayudar a alguien con padecimientos críticos a través del tiempo se acrecentó el conocimiento sobre el tema pasando de ser solo piezas de fachada a ser mecanismos con movimientos todo esto ha pasado por cada etapa de la evolución técnica tecnológica y científica [1].

B. *Tipos de prótesis según actuador con movimiento para mano.*

El sistema de actuación está compuesto básicamente por los elementos encargados de producir la potencia mecánica del sistema, estos elementos son comúnmente llamados actuadores, que son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquido, energía eléctrica o gaseosa. De acuerdo a esta definición podemos distinguir tres tipos de actuadores: hidráulicos, neumáticos y eléctricos [2].

C. *Mecánico.*

Las prótesis de mano mecánicas son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura a voluntad, controlados por medio de un arnés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo. Solo pueden ser utilizados para el agarre de objetos relativamente grandes y redondos debido a la poca precisión del mecanismo [3].

D. *Eléctricas*

Los actuadores eléctricos son los más ampliamente usados por los diseñadores de prótesis de mano porque presentan una serie de ventajas sobre los otros tipos de actuadores, como alta eficiencia, gran disponibilidad y los tamaños compactos. Se dice que son eléctricos porque transforman la energía proveniente de una fuente eléctrica directamente en energía mecánica [2].

E. *Actuadores*

Los actuadores eléctricos se encuentran de muchas gamas estos generan mayor precisión de movimientos con respecto a los mecánicos, a los neumáticos, también son útiles por su tamaño el costo varía mucho dependiendo de la calidad o la complejidad del diseño a realizar.

F. *Mioeléctricas*

Las prótesis mioeléctricas son en la actualidad una de las de mayor aplicación en el mundo, ya que brindan un mayor grado de estética y un elevado porcentaje de precisión y fuerza, basándose en la obtención de señales musculares las mismas que son obtenidas mediante el uso de electrodos que permiten la extracción de la señal que es amplificadora, procesada y filtrada al control para el manejo de la prótesis

Este tipo de elementos están conformados por una serie de pasos los cuales llevan a cabo el proceso en un orden específico que permite controlar el comportamiento, el rendimiento y la eficacia del dispositivo y de la acción a realizar.

G. Neumática

Las prótesis neumáticas son accionadas por aire comprimido que utilizan actuadores por músculos neumáticos, proporcionan una gran cantidad de energía y son capaces de presionar y de levantar grandes cargas con mucha precisión

VI. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE GRADO

En el desarrollo de un elemento (herramienta), que ayude al agarre digito palmar (cierre puño recto) de objetos con las manos entendiendo que se va a utilizar solo cuatro dedos exceptuando el pulgar, se anular, encuentra los siguientes pasos:

El estado del paciente nos referimos al tipo de lesión que este tenga, después de eso debemos tener presente la funcionalidad del soporte de fuerza.

Con esto ya planeado, se llegaría a la etapa de diseño en un software donde verificaremos las medidas, el movimiento, la estética, los materiales para su elaboración. Con el paso anterior descrito y desarrollado se pasaría a su producción, donde por medio de una maquina 3D o materiales a del mercado actual como metales y utilizando maquinas herramientas se harán algunos elementos que la conforman, después de tener dichos elementos se pasara a la parte mecánica donde se llevaría a cabo el ensamble del resto del elemento como mangueras, elementos neumáticos para su posterior utilización por el usuario.

Cabe resaltar que los electrodos darán la señal para que los pistones actúen y la liberación del aire será de manera automática o manual por medio de una válvula de liberación de aire.

Si se utiliza la impresora 3D utilizaríamos un polímero capaz de resistir a las fuerzas que se le serán aplicadas; además de ser flexible y no dañino al contacto con la piel, pero se utilizarían metales que se encuentran en el comercio y componentes electromecánicos para su funcionalidad.

Este soporte debe tener en cuenta mucho el tema de mecanismo ya que será posible determinar por medio de ello los grados de libertad para su creación, sería también de mucha ayuda el tema de resistencia de materiales; así se determina qué tipo de materiales serian de mejor comportamiento frente a los retos a afrontar del soporte cuando sea utilizada.

El estudio y método de elementos finitos es muy útil ya que se puede estudiar estructuras por medio de un software de diseño y observa su comportamiento.

Algunas fórmulas que podemos tener en cuenta es la de $m = 3(L-1) - 2J$ que es una fórmula en mecanismos para determinar los grados de libertad.

Precisar los ángulos de desplazamiento son importantes conjuntamente con lo dicho anteriormente, considerar los

movimientos necesarios para la aplicación del soporte, la anatomía de la mano y de los dedos en su posición normal de descanso con motivo ergonómico.

Pero lo más importante es imitar la fuerza y resistencia necesaria para la simulación del agarre real de la mano en la realización de la acción detallada utilizando el soporte.

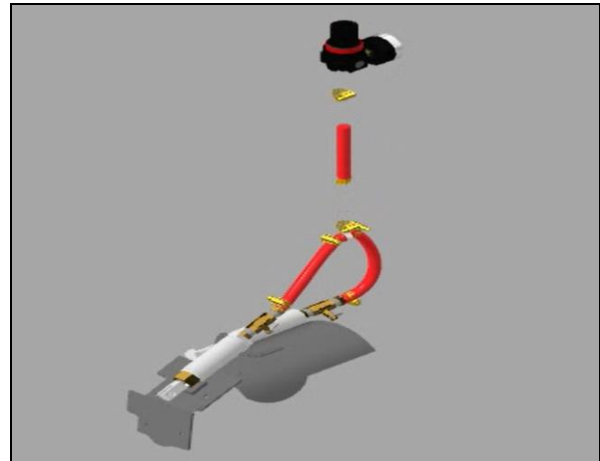


Fig. 1 Proceso

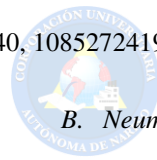
Fue de gran desafío encontrar algunos materiales para la ejecución del proceso de creación del soporte por ende se optó por las mejores soluciones que estuvieron al alcance en la situación actual.

En primer lugar, se hizo una búsqueda de elementos para la automatización los cuales algunos por lo dicho anteriormente se dificultaron y no se tomaron en cuenta. Después de eso se adquirieron 2 láminas de diferentes calibres para dar soporte y forma al soporte.

Antes de la lámina se tomaron las medidas de las falanges de los dedos la mano derecha al sujeto de estudio, con ello determinar el tamaño de cada una de las piezas móviles que hacen parte del dispositivo.



Fig. 2 Soporte para falanges.



B. Neumática

Después de encontrar los pistones neumáticos más acordes y con pruebas sencillas, se volvió al ensamble del dispositivo final. Buscando en el mercado se obtuvieron los últimos elementos para el prototipo como son los acoples para el sistema neumático, racores, uniones de diferentes tipos, mangueras también de varias medidas y al final se escogieron las que mejor se adaptan al objetivo. Los pistones al ser más grandes se ubicaron de la mejor manera en el dispositivo con el fin de evitar fatiga y mejorar la ergonomía del mismo, se soldaron los soportes de los mismo a la estructura del dispositivo probando en qué lugar generarían la mejor simulación del movimiento a reproducir.



Fig. 7 Prototipo con pistones finales.

Al tener los pistones en su posición se dispuso a realizar otras pruebas neumáticas, esto con el fin de verificar si los elementos que soportarían la fuerza neumática proporcionada a los pistones serían apropiados; pero los resultados de la práctica determinaron que se tenía que cambiar las platinas que hacían parte del chasis por así decirlo o parte del exoesqueleto del prototipo, por otras laminas más gruesas capaces de soportar que no sean tan pesadas y que no tenga repercusiones negativas en el individuo.

A. Electroválvula AirTac modelo 4V210-08

Es un dispositivo electromecánico que permite controlar mediante una señal la cantidad de fluido gaseoso que transita en un sistema.



Fig. 8 Electroválvula AirTac modelo 4V210-08

La palabra neumática se refiere al estudio del movimiento del aire. Los sistemas de aire comprimido proporcionan movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos, y se aplican en herramientas, válvulas de control [4].



Fig. 9 Neumática

VII. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA SOPORTE DE FUERZA EN LOS DEDOS DE LA MANO CONSIDERANDO LOS MOVIMIENTOS DE AGARRE DIGITO PALMAR (CIERRE PUÑO RECTO)



Fig. 10 Prototipo con guante prueba.

Con el acompañamiento en la realización del prototipo en el software de diseño Inventor se tomaron varias decisiones afines con el desarrollo en físico del elemento, llegando así a soluciones más precisas para los posicionamientos de los pistones mejorando la movilidad del mismo.

TABLA II
PRUEBAS DE FUERZA EN BLOQUE MOTOR CON TORQUÍMETRO.

| TORQUE (FOOT POUND) | |
|---------------------|-----------|
| PSI | PIE/LIBRA |
| 30 | 20 |
| | 30 |
| | 35 |
| 35 | 30 |
| | 40 |
| | 50 |
| 40 | 50 |
| | 55 |
| | 60 |
| 60-50 | 50 |
| | 60 |
| | 70 |

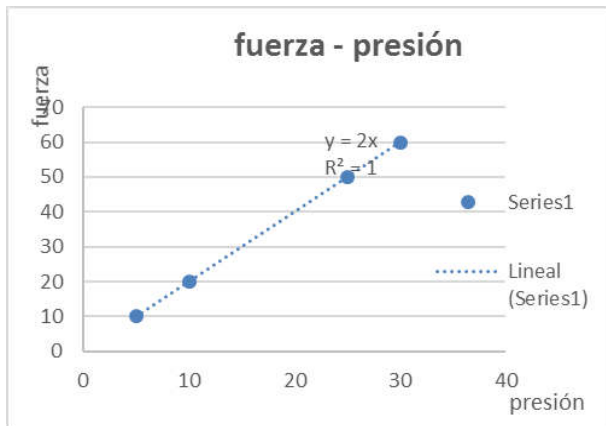


Fig. x Fuerza vs Presión.

VIII. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Terminadas las pruebas se llevó a cabo la activación de la electroválvula con el fin de que permita el paso del aire esto se logra por medio del sensor de electromiografía que captura una leve señal dada por el musculo la cual acciona la electroválvula incrementando la fuerza del movimiento gracias a este pulso.

El prototipo vuelve a su posición inicial cuando el sujeto no realiza movimiento de los músculos donde están ubicados los electrodos captadores de la señal.

Se generó el código para la configuración del Arduino, con el propósito de implementar la conexión hombre maquina por medio de electrodos que captan un pulso eléctrico, este producirá la señal para la activación de la electroválvula que permite el paso de aire hacia los pistones simple efecto; llevando a cabo la función el prototipo.

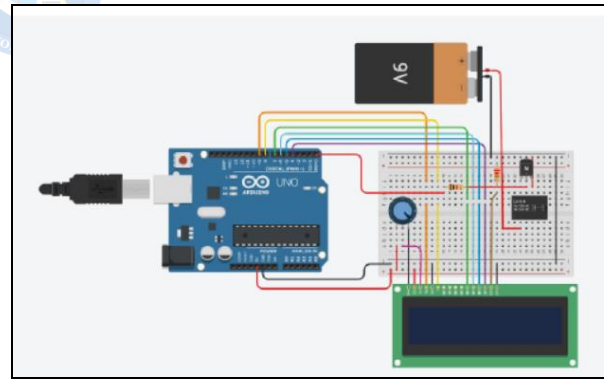


Fig. x Conexión virtual Arduino.

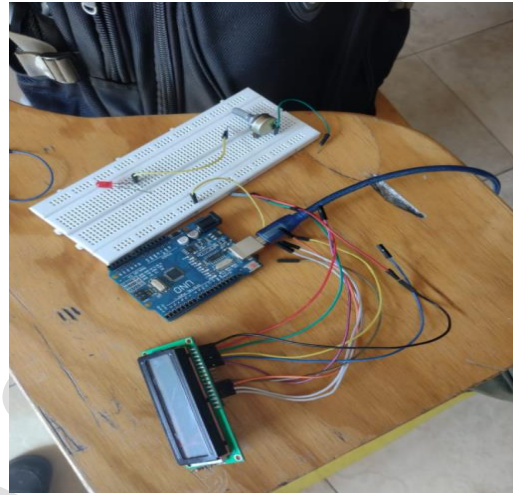


Fig. x Conexión física Arduino.

Ya terminado el ensamble del prototipo con las adecuaciones para su funcionamiento se realizaron algunas pruebas en los pernos de un bloque de un motor utilizando un torquímetro a diferentes fuerzas además de un compresor de pistón a diferentes presiones y con lo expresado anteriormente experimentar el comportamiento del elemento en trabajo normal, en la siguiente tabla y figuras se muestra:



Fig. x Prueba movilidad prototipo.



Debido a la situación actual en el momento de la compra de los materiales se tuvo presente el elevado costo, lo difícil de encontrar algunos elementos, en la siguiente tabla se evidencia lo aclarado:

TABLA III
MATERIALES Y COSTOS

| MATERIALES | VALOR (pesos colombianos) |
|---|------------------------------|
| Lamina 3 mm (50x50cm) | 70000 |
| Laminas 1.5 mm (50x50cm) | 50000 |
| Pistones neumáticos | 100000 |
| Manguera de 6 mm (4m) | 20000 |
| Electroválvula 5/2 | 100000 |
| Arduino | 60000 |
| Accesorio (conectores, soldadura, electrodos) | 200000 |
| Tarjeta electromiografía | 300000 |

IX. CONCLUSIONES

- En la presente investigación se logró combinar paralelamente de manera exitosa el desarrollo del prototipo en software de diseño (Inventor) y la creación física del mismo.
- Se obtuvieron los movimientos del prototipo dentro de los rangos de movilidad para el agarre de puño recto logrados por medio de la pruebas virtuales y físicas realizadas
- Para personas con lesiones que generen pérdida total del movimiento no sería conveniente la utilización del prototipo.
- El prototipo mecánico se logró accionar por medio de una señal eléctrica muscular.
- Se pueden complementar herramientas ya creadas con algún tipo de sensor electrónico que ayuden en su operación; gracias a los elementos electrónicos como Arduino se disminuyen algunos procesos en la adecuación a estos elementos, así se logra ayudar a personas con deficiencias motrices en las manos o dedos a causa de accidentes que se desempeñen en ambientes como talleres automotrices u otro oficio donde es constante el uso de herramientas de ajuste o se adapte para otro tipo de agarre.

REFERENCIAS

- [1] Mediprax, (2022). "Trayecto De Las Prótesis En La Historia". [Internet]. Disponible en <https://bit.ly/3qy9fM>
- [2] J.C. Díaz Montes, J.M. Dorador González, "Mecanismos de transmisión y actuadores utilizados en prótesis de mano", Memorias del XV Congr. Int. Anu. la SOMIM, pp. 335-345, 2009.
- [3] J.L. Loaiza y N, Arzola. "Evolución y tendencias en el desarrollo de prótesis de mano", Dyna, vol. 78, no 169, pp. 191-200, agosto, 2011
- [4] Creus Solé, "Neumatica e hidráulica", 2a ed, Barcelona: Marcombo, 2012