

# **REVISIÓN DE MÉTODOS DE DESARROLLO DE PRÓTESIS ROBÓTICAS DE BAJO COSTO PARA MIEMBROS SUPERIORES.**

Autor: Ayoroa Martínez, René Andrés<sup>1</sup>

Tutor: Kang Cardozo, Daisy Isabel<sup>2</sup>

Universidad Nacional del Este

Facultad Politécnica - Departamento Alto Paraná

Ciudad del Este, Paraguay

<sup>1</sup>reneayoroa@fpune.edu.py; <sup>2</sup>kangdaisy@gmail.com

## **Resumen**

Las primeras prótesis encontradas datan de más de 2000 años. Estas proporcionaban a las personas formas de ocultar la ausencia de un miembro o devolver cierta movilidad tras la pérdida de una extremidad. Las prótesis en la antigüedad fueron hechas de diversos materiales, algunos accesibles tales como fibras rudimentarias, cuero y madera, y otros menos comunes como el bronce y otros metales. Actualmente existen diversos tipos de prótesis, entre ellas las robóticas, que son capaces de realizar la función de la parte faltante del cuerpo. Esto es posible mediante la integración de sensores, procesadores, actuadores y complejos algoritmos de control. Entre las formas de interacción más comunes entre el individuo y las prótesis robóticas tenemos las basadas en electromiografía, a la cual se hará referencia como EMG, y las basadas en electroencefalografía, a la cual se referenciará como EEG.

Las prótesis robóticas, con frecuencia, tienen un costo elevado debido al alto costo de los materiales utilizados para su fabricación, materiales ligeros, como plásticos, titanio y/o fibra de carbono, y al empleo de tecnologías propietarias. Lo cual ocasiona que personas de escasos recursos económicos no puedan acceder a ellas, debido al alto costo que poseen. En este trabajo se presenta la revisión de la literatura, orientada a recabar información relevante sobre los métodos de desarrollo de prótesis robóticas de bajo costo. Entre los

principales proyectos libres y de bajo costo, se pueden citar: Proyecto OpenEEG y Open Hand Project. Asimismo, la utilización de la impresión 3d combinado con el uso de tecnologías abiertas como el openBCI o los sensores de EMG, y los modelos abiertos de diseño de prótesis, que abren la posibilidad al progreso para las tecnologías de bajo costo. Además, en este trabajo se presenta un breve resumen de la historia de las prótesis de miembros superiores. Toda esta información será de utilidad para plantear un prototipo de prótesis robótica de bajo costo que permita a personas con escasos recursos económicos el acceso a ellas.

**Palabras claves:** Prótesis, robótica, sensores, EMG, EEG.

## 1. INTRODUCCIÓN

La primera prótesis de miembro superior registrada data del año 2000 a. C., fue encontrada en una momia egipcia; la prótesis estaba sujeta al pie, y se cree que fue el primer dedo del pie protésico (Norton, 2007). En el siglo XIX eran fabricadas de cuero, polímeros naturales y madera, y poseían mecanismos compuestos de resortes tanto para la transmisión de fuerza como para la sujeción de piezas. En 1912, en Estados Unidos, Dorrance desarrolló el Hook, que es una unidad terminal que permite abrir activamente, mediante movimientos de la cintura escapular, además se cierra pasivamente por la acción de un tirante de goma.

Actualmente, los avances en la prostética permiten que personas que carecen de alguna extremidad puedan realizar tareas con su prótesis, de forma rápida y más natural. Las prótesis robóticas, por ejemplo, son capaces de realizar la función de la parte faltante del cuerpo mediante la integración de sensores, procesadores, actuadores y complejos algoritmos de control. Entre las formas de interacción más comunes entre el individuo y las prótesis robóticas tenemos las basadas en electromiografía, a la cual se hará referencia como EMG, y las basadas en electroencefalografía, a la cual se referenciará como EEG.

Las prótesis robóticas, con frecuencia, tienen un costo elevado debido al alto costo de los materiales utilizados para su fabricación y al empleo de tecnologías

propietarias. Lo cual ocasiona que personas de escasos recursos económicos no puedan acceder a ellas. Sin embargo, la creación de varios proyectos abiertos permiten facilitar los conocimientos necesarios en el área de la prótesis, que antes se veía limitada a comunidades científicas, Además, esto posibilita la creación de interfaces para la creación de diversas herramientas de hardware y software accesibles, que pueden proporcionar la base para el desarrollo de prótesis a bajo costo, accesibles para personas de escasos recursos económicos.

## **2. MATERIALES Y METODOS**

Primeramente se realizó una revisión de la literatura, orientada a buscar información científica y tecnológica relevante de los principales portales online, artículos científicos y revistas científicas de acceso abierto al público. Los materiales recopilados además fueron filtrados para que no tengan una antigüedad superior a cinco años. Luego, los documentos científicos y tecnológicos más relevantes fueron seleccionados para ser presentados en este artículo, así como también herramientas libres para el desarrollo de prótesis a bajo costo. Teniendo en cuenta estas informaciones, esta revisión se dividió en tres partes: el estudio de prótesis basadas en electromiografía, el estudio de las prótesis basadas en electroencefalografía y en el estudio de los proyectos de prótesis de bajo costo existentes.

### **PRÓTESIS BASADAS EN ELECTROMIOGRAFÍA**

La electromiografía, también conocida como EMG, según (MedlinePlus, 2014) es una técnica de evaluación y registro de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos. Para su desarrollo se utiliza un instrumento conocido como electro-miógrafo el cual se encarga de detectar la energía potencial que generan las células musculares en el momento en que son activadas de manera neuronal y eléctricamente, con el fin de analizar anormalidades.

La EMG se puede clasificar en dos tipos (Navarro, R). La primera es la EMG intramuscular, la cual es invasiva dado a que requiere la inserción de agujas en los músculos para capturar las señales emitidas por el movimiento muscular. La

segunda es la EMG superficial, que es un método no invasiva para la captura de señales por que utiliza electrodos superficiales posicionados estratégicamente sobre los músculos de la persona.

### **Avances actuales**

Un avance importante en esta área es el trabajo de investigación realizado por el Laboratorio de física aplicada de la Universidad Johns Hopkins (Hopkins). Utilizando un tratamiento quirúrgico para la reasignación de las terminaciones nerviosas que servían para controlar las manos y brazos de un paciente que perdió ambas extremidades superiores en un accidente eléctrico, consiguieron una alta movilidad muscular que permitió al paciente controlar una prótesis robótica mediante la contracción muscular (Campbell, 2014).

### **Herramientas abiertas basadas en EMG**

Se han desarrollado varios productos de hardware abierto que permiten experimentar con electrodos superficiales, para analizar las señales musculares, que tienen un costo accesible. Podemos mencionar algunos como el EMG-Shield desarrollado por la empresa OLIMEX (Olimex, 2015), y también el Muscle Sensor v3 (Sparkfun, 2013), con un costo aproximado menor a 30\$USD. También cabe mencionar el MYO (Thalmic Labs, 2014), un producto para controlar distintos dispositivos a través red inalámbrica, a un costo un poco menor a los 200\$USD.

### **PRÓTESIS BASADAS EN ELECTRO-ENCEFALOGRAFÍA**

La electro-encefalografía, o EEG, es un test neurológico que utiliza un dispositivo electrónico de monitoreo para medir y recabar actividad eléctrica en el cerebro (Farlex, 2014). Esta tecnología existe desde 1924, demostrado por Hans Berger que realizo el primer registro de las señales cerebrales usando una radio rudimentaria para amplificar las señales producidas por el cerebro. También se teorizó que estas señales podrían ayudar a diagnosticar enfermedades y desordenes cerebrales, que actualmente se pueden comprobar (Srinivasan, 2012). La EEG

recibe señal directamente del cerebro, eliminando la necesidad de una conexión intermedia.

### **Herramientas abiertas basadas en EEG**

Una de estas herramientas disponibles para trabajar con esta tecnología es el OpenBCI (OpenBCI, 2015), cuyo significado es interface cerebro-computador abierta, consta de una placa con un microcontrolador bio-sensitivo de bajo costo que es utilizado para registrar señales cerebrales (EEG), así como musculares (EMG) y cardíacas (ECG). El costo de la placa sin accesorios es de 449\$USD aproximadamente. Otra herramienta que cabe mencionar es el Proyecto OpenEEG (OpenEEG, 2015). El Proyecto tiene como fin facilitar herramientas de hardware y software bajo la licencia GPL (GPL, 2007), para el uso de EEG, orientado tanto a iniciantes como para expertos en el área que quieran compartir sus conocimientos.

### **PRÓTESIS ACCESIBLES.**

En un principio sólo los laboratorios de investigación con grandes fondos económicos tenían la posibilidad de construir prótesis robóticas, pues se debe trabajar con equipos de alto nivel y precisión, así como también con materiales costosos para la construcción de la mecánica en las prótesis robóticas. Sin embargo con la aparición de impresoras de tres dimensiones (más conocidas como impresoras 3D) de bajo costo, se está posibilitando la creación de prótesis más económicas hechas de materiales baratos como el plástico. Lo cual permitirá que estas prótesis sean accesibles para personas con escasos recursos económicos y las puedan utilizar para mejorar su calidad de vida.

En este aspecto, un proyecto que se destaca es el Open Hand Project (Open Hand Project, 2013), el cual disponibiliza los diseños en tres dimensiones de la prótesis de una mano, la cual puede ser impresa en cualquier impresora 3D. Además, esta organización proporciona todas las informaciones referentes al hardware y software necesarios para construir la prótesis que ellos proponen.

### **3. CONCLUSIÓN**

De los materiales revisados, se puede concluir que el panorama de las prótesis de bajo costo es alentador, debido a que actualmente existen varios proyectos de libre acceso que se encuentran realizando grandes avances.

Entre los principales proyectos libres, se puede citar: Proyecto OpenEEG y Open Hand Project. Estos proyectos libres, posibilitan que una mayor cantidad de personas tengan acceso a la información y puedan contribuir desde distintas partes del mundo. Lo cual posibilitará que en poco tiempo todos aquellos que necesiten una prótesis, y no tengan condiciones económicas para adquirirlas, puedan acceder a estas alternativas de bajo costo.

Asimismo, la utilización de la impresión 3d combinada con el uso de tecnologías abiertas como el openBCI o los sensores de EMG, y los modelos abiertos de diseño de prótesis, abren la posibilidad al progreso para las personas afectadas por la falta de alguna extremidad.

### **4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Norton, K. (2007). Un breve recorrido por la historia de la prostética. Recuperado el 31 de Octubre del 2014, de [http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov\\_dec\\_07/history\\_prosthetics.pdf](http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.pdf).
- MedlinePlus (2014). Electromiografía. Recuperado el 28 de abril de 2015, de <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003929.htm>
- Navarro, R. Instrumentación Biomédica. Recuperado el 18 de abril de 2015, de <http://bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apunt es/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>
- Hopkins, J. (2015). Recuperado el 27 de abril, de <http://www.jhuapl.edu/>.
- Campbell, P. (2014). Amputee Makes History with APL's Modular Prosthetic Limb. Recuperado el 29 de abril de 2015, de <http://www.jhuapl.edu/newscenter/pressreleases/2014/141216.asp>.
- Olimex, (2015). Shield Ekg-EMG. Recuperado el 26 de febrero de 2015, de <https://www.olimex.com/Products/Duino/Shields/SHIELD-EKG-EMG/>.

Sparkfun,, (2013). Muscle Sensor v3. Recuperado el 30 de abril de 2015, de <https://www.sparkfun.com/products/13027>.Thalmic Labs, (2014). Introducing MYO. Recuperado el 29 de abril, de <https://www.thalmic.com/en/myo/>.

Farlex, (2014). Electroencephalography. Recuperado el 24 de abril de 2015, de <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Electroencefalography>

Srinivasan, A. (2012). Development of filtration techniques to facilitate accurate pattern detection in EEG signals. Recuperado el 15 de abril, de <https://docs.google.com/file/d/0B2JFLwq8Z9mGZmE1NTQ3NGEtYzdIMi00MDIwLTkyMDItNzRhZGYzOTM2NjY0/edit?pli=1>

OpenBCI, (2015). Home Page. Recuperado el 28 de abril de 2015, de <http://www.openbci.com/>

OpenEEG, (2015). Welcome to the OpenEEG Project. Recuperado el 28 de abril de 2015, de <http://openeeg.sourceforge.net/doc/index.html>

GPL, (2007). GPL General Public License v3. Recuperado el 30 de abril 2015, de <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>

Open Hand Project, (20143). Home page. Recuperado el 28 de octubre de 2014, de <http://openhandproject.org/>