

FORMULARIO DE INSCRIPCIÓN, PRESENTACIÓN DE RESUMEN Y TRABAJO COMPLETO.

Universidad:	Universidad Nacional del Este
Facultad/Centro/Instituto:	Facultad Politécnica
Autor/es:	Rene Andrés Ayoroa Martínez, Daisy Isabel Kang cardozo
Título Del trabajo:	Propuesta de Implementación de Prótesis Mioeléctrica de Bajo Costo para Miembro Superior Bajo Codo con Entorno Virtual de Entrenamiento
Núcleo Disciplinario / Comité Académico / Comisión Permanente:	Atención primaria de la salud
Correo electrónico	¹ reneayoroa@fpune.edu.py, ² kangdaisy@gmail.com
Palabras claves (Máximo 3):	Prótesis, EMG, Rehabilitación
¿Tiene interés en hacer presentación oral de su trabajo? (x) SI () NO <small>*Esta preferencia está sujeta a alteración en función de la disponibilidad.</small>	

Introducción

Desde sus inicios, el hombre ha intentado recuperar la función perdida por amputación de miembro físico, como lo constata la prótesis de pie encontrada en la momia de Tabeketenmut, que posee más de 2000 años de antigüedad [1]. Posteriormente, en el siglo XVI, el cirujano Ambroise Pare propuso avances importantes en la protésica [7] con la creación de una mano mecánica. Asimismo, algunos eventos importantes de la historia, como las guerras, han propiciado que países como, Estados Unidos invierta grandes sumas de dinero en la investigación y desarrollo de prótesis, para devolver la calidad de vida a sus mutilados de guerra [6].

Datos del Paraguay, según [19], indican que desde enero a junio del 2013 cerca de 2000 personas acudieron a la Secretaría Nacional de Discapacidad por algún tipo de impedimento motor por causa de accidente de tránsito. En el Paraguay existen más de 300 mil personas con discapacidad física [1].

Actualmente existe en Paraguay una ONG [14] que provee prótesis mecánicas para amputación de mano. La Secretaría Nacional de Discapacidad [1], y

centros privados proveen rehabilitación, y prótesis convencionales.

Entre las principales causas de amputación se encuentran las lesiones traumáticas y las enfermedades [10]. Ante las amputaciones de extremidades, se busca que los pacientes recuperen al menos ciertas funciones perdidas. Ahí es cuando se piensa en optar por alguna prótesis.

Entre las múltiples opciones de prótesis se encuentra la prótesis robótica mioeléctrica, la cual utiliza sensores para capturar señales eléctricas generadas por actividad muscular. En estas prótesis, las señales mioeléctricas se utilizan como datos de entrada y dan como salida, por ejemplo, distintos tipos de agarres de una mano o el movimiento del codo.

Cuando se encara la implantación de prótesis robótica mioeléctrica, se expone al paciente a pensarla como una solución completa a su problema de amputación, esperando así recuperar la gran mayoría de las habilidades perdidas.

En este trabajo se plantea dar respuesta al siguiente problema de investigación: *necesidad de entrenar al*

paciente con amputación al nivel de antebrazo con muñón de bajo codo para recuperar las funciones manuales: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal.

Prótesis

Según [15], una prótesis es una pieza, aparato o sustancia que se coloca en el cuerpo para mejorar alguna de sus funciones, o con fines estéticos.

Las prótesis ortopédicas se clasifican en dos, en las de miembro superior y las de miembro inferior [5]. Las prótesis de miembro superior se subclásifican en prótesis para amputación: transhumeral, transradial y de mano parcial.

Las prótesis de miembro superior se clasifican en cuatro categorías, según las funciones que proporcionan, estéticas, mecánicas, robóticas e híbridas. Las estéticas solo restablecen la apariencia del miembro que falta. Las prótesis mecánicas utilizan tirantes para accionar pinzas mediante el movimiento de otro miembro del cuerpo. Las prótesis robóticas utilizan sensores para activar distintas funciones, como por ejemplo distintos tipos de agarres de una mano, o el movimiento del codo. Las híbridas combinan las mecánicas con las robóticas.

Las prótesis robóticas se activan mediante sensores mioeléctricos o sensores de electroencefalografía.

Entorno virtual

Un entorno virtual consiste en un entorno generado por computadora, utilizando programas de visualización en tres dimensiones en los que el usuario participa interactuando con el programa [25].

En sus inicios el entorno virtual para rehabilitación de personas que pasaron por un proceso quirúrgico de amputación, era utilizado para tratar problemas relacionados con el miembro fantasma [6]. Actualmente este entorno puede ser empleado en el ámbito de la protésica para facilitar el estudio de las respuestas musculares de los pacientes y así, ajustar y mejorar la función de la prótesis. Esto posibilita adaptar la prótesis a las capacidades y necesidades individuales de cada paciente. El entorno virtual es utilizado ampliamente en la robótica y la neurociencia para simulaciones de prótesis y entrenamiento.

Asimismo, la incorporación del entorno virtual para entrenar en la utilización de prótesis mioeléctricas incrementa las probabilidades de adaptación y uso continuo de la prótesis. Esto ocurre debido a que en el entrenamiento virtual el paciente experimenta con una prótesis virtual las funciones que recuperará con la prótesis física y se previene que el mismo sobreestime la recuperación de las funciones de su mano perdida.

Objetivos

Objetivo General.

Elaborar entorno virtual para entrenamiento de prótesis robótica mioeléctrica de mutilación de antebrazo con muñón de bajo codo, que provee las funciones manuales: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal.

Objetivos específicos

- I. Definir el hardware a utilizar para la interfaz de la prótesis.
- II. Definir los componentes de la aplicación informática: controlador y entorno virtual.
- III. Identificar la posición y sensibilidad correspondiente a cada función manual a proveer.

Material y Métodos

Se estudió el procedimiento utilizado en Estados Unidos [6] y [22] para el trato e implementación de prótesis basadas en Electromiografía, y se han revisado algunos proyectos abiertos, como [13] y [23]

relacionados a prótesis robóticas de bajo costo. Analizando las ventajas y desventajas de ambos proyectos surgió esta idea de trabajo. La propuesta se observa en la figura 1.

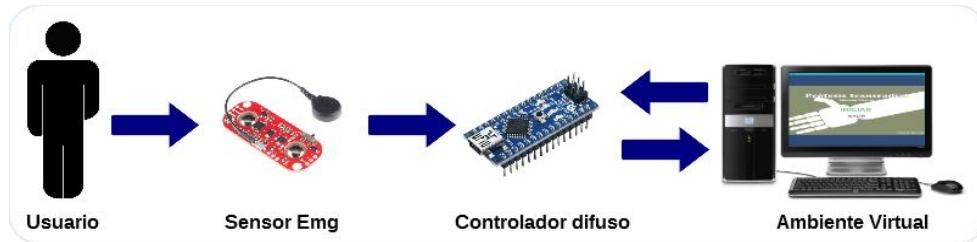


Figura 1. Diagrama general.

El paciente pasa por un proceso de entrenamiento en el cual se puede averiguar la posición óptima [8] de los sensores sobre los músculos del paciente, siendo la primera opción el antebrazo, luego los bíceps y por último en el trapecio superior. Este proceso, posibilita al paciente ver la función de la prótesis y practicar el control muscular necesario para moverla con precisión.

Hardware a utilizar

Se optó por utilizar en su mayoría hardware libre, es decir, equipos electrónicos que ponen a disposición su esquema de funcionamiento para que cualquier persona pueda reproducirlos, esto facilita la adquisición de estos equipos.

Se optó por utilizar sensores EMG [12]. Una placa programable Arduino [3], en la cual se carga el código del controlador. Una computadora portátil para contener el ambiente virtual, con conexión USB [26], para conectar el controlador a los sensores.

Controlador.

El controlador debe hacer que las señales provenientes de los sensores EMG posicionados en el cuerpo del paciente activen la prótesis para realizar una función dada.

Agarras de la mano.

El trabajo se limita a presentar un entorno virtual para una prótesis mioeléctrica, que proporcione los tres tipos de agarre básico de la mano humana, por motivos de simplicidad, pero aumentando la funcionalidad en comparación a una prótesis mecánica que se limita a solo un tipo de agarre,

véase la figura 2. Los tres tipos de agarre básicos son: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal. A estos tres agarres se suman dos posiciones de mano intermedias, una es la posición pulgar arriba, y la otra es la posición de pistola. Estas dos posiciones posibilitan la transición entre la posición de mano abierta, y la posición de pinza lateral y distal respectivamente.

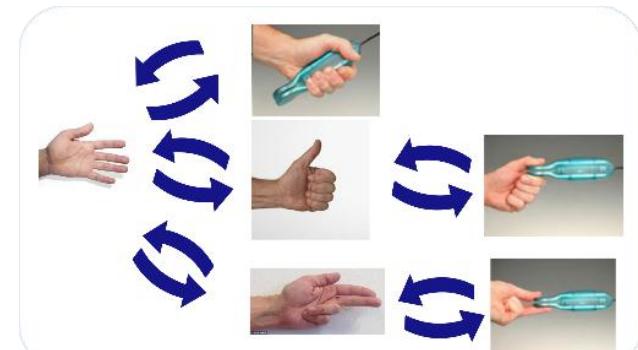


Figura 2. Posiciones de uso de la prótesis presentada.

Lógica difusa

Para posibilitar la transición entre los distintos agarres, se optó por desarrollar un controlador basado en lógica difusa. La lógica difusa se puede definir como un sistema matemático que modela funciones no lineales convirtiendo las entradas en salidas acorde con los planteamientos lógicos establecidos (Fig. 3).

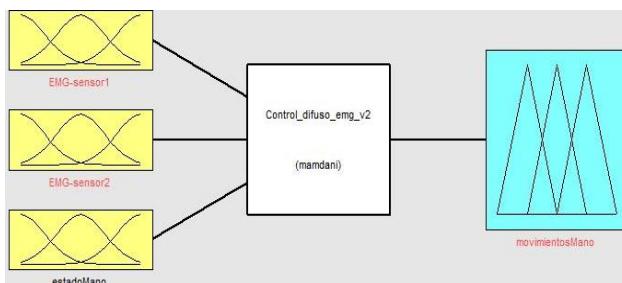


Figura 3. Esquema General del controlador difuso

Como se puede observar en la figura 3, para este sistema las entradas son las señales de dos sensores mioeléctricos y la posición en la que se encuentra la prótesis. El controlador evalúa las entradas y realiza cálculos matemáticos para producir la salida correspondiente a uno de los agarres básicos definidos previamente.

Las reglas que tendrá en cuenta el controlador están basadas en condiciones del tipo “si... entonces”.

Entorno virtual.



Figura 4. Entorno virtual de entrenamiento.

En la figura 4 se observa que en el entorno virtual se tiene la opción de elegir el brazo derecho o izquierdo dependiendo de la condición del paciente. El entorno virtual responde a la salida del controlador difuso para representar los tipos de agarre establecidos como respuesta, usando de entrada los mismos sensores que se utilizarán en la futura prótesis física. En la figura 5 se puede observar la prueba realizada en persona no amputada, pero como se puede apreciar, los sensores fueron colocados a la altura del muñón de un eventual mutilado para el cual fue diseñado el sistema de entrenamiento.

El entorno virtual ha sido desarrollado en la plataforma Unity [18], que es una plataforma para el diseño de juegos en dos y tres dimensiones, tiene una versión comunitaria. Los elementos que aparecen en el entorno Unity han sido modelados en otros programas de modelado en tres dimensiones. Para modelar el brazo que aparece en el entorno virtual se partió de un modelo generado en el programa MakeHuman [9], que es un programa de código abierto que posibilita crear personajes humanos altamente personalizables. También se utilizó el software Blender [3], para extraer solamente el brazo del modelo generado por MakeHuman, además de modelar los demás objetos 3D visibles en el entorno en Unity.

En el entorno Unity se integró todo lo modelado previamente, y se realizaron animaciones de mano de acuerdo a lo establecido, o sea, los tres agarres básicos con sus posiciones intermedias (Fig. 4).



Figura 5. Prueba de entrenamiento del sistema elaborado.

Conclusión

Se ha logrado elaborar un entorno virtual para entrenamiento de prótesis robótica mioeléctrica de

mutilación de antebrazo con muñón de bajo codo, que provee las funciones manuales: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal.

El trabajo realizado consiste en un esquema de trabajo para la posterior implementación de una prótesis de miembro superior bajo codo de bajo costo, pasando previamente por un proceso de entrenamiento.

El proceso de entrenamiento puede reducir el riesgo de discontinuidad en el uso de prótesis, ya que el paciente verá la función manual de la prótesis con anticipación, y podrá entrenar sus músculos para activar la prótesis.

¹ Reyes, A. Empleabilidad de personas con discapacidad desde el marco rector de SENADIS, Paraguay. Vol 11 n2, diciembre 2015 pág. 209-222.

² Amputar. Real Academia Española. Disponible en: <<http://dle.rae.es/?id=2SWkGcF>>. Acceso en: 10 May. 2016.

³ Arduino. Página Principal. Disponible en: <<https://www.arduino.cc/>>. Acceso en: 13 Mayo 2016.

⁴ Blender Foundation. Página Principal. Disponible en: <<https://www.blender.org/>>. Acceso en: 20 May. 2016.

⁵ Arce, Carlos. Prótesis de Miembros Superiores. Disponible en: <<http://www.arcesw.com/pms1.htm>>. Acceso en: 10 May. 2016.

⁶ L, Resnik, et al (2010). Using virtual reality environment to facilitate training with advanced upper-limb prosthesis. Disponible en: <<http://www.rehab.research.va.gov/jour/11/486/page707.html>>. Acceso en: 10 May. 2016.

¹¹ Meller, D. Prótesis Egipcias. Disponible en:<<http://www.ihistoriarte.com/2012/10/Protesis-Egipcias/>>. Acceso en: 18 May. 2016.

¹² Advancer-Technologies. Shop for Myoware. Disponible en: <http://www.advancertechnologies.com/p/shop_3.html>. Acceso en 18 May. 2016.

¹³ Open Hand Project. Página Principal. Accesado en: <<http://openhandproject.org/>>. Acceso en: 28 Oct. 2014.

¹⁴ Po. Página Principal. Disponible en: <<https://www.po.com.py/>>. Acceso en: 16 May. 2016.

¹⁵ Prótesis. Real Academia Española. Disponible en: <<http://dle.rae.es/?id=US6Q9JZ>>. Acceso en: 10 May. 2016.

¹⁶ Senadis. Página Principal. Disponible en: <<http://www.senadis.gov.py/>>. Acceso en: 25 May. 2016.

¹⁷ Uellendahl, J. Materiales usados en la protésica. Disponible en: <http://www.ampatee-coalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_98/primer.html>. Acceso en: 26 May. 2016.

¹⁸ Unity. Página Principal. Disponible en: <<https://unity3d.com/es>>. Acceso en: 20 May. 2016.

¹⁹ Cáceres E. Alarmante cifra de personas amputadas. Disponible en <<http://www.abc.com.py/especiales/fin-de-semana/alarmante-cifra-de-personas-amputadas-591840.html>>. Acceso: 10 May. 2016.

²⁰ Cosmos, C. 3D Printing Revolution. inMotion Vol. 24, n 6. Nov/Dic 2014.

²¹ Ninjatek. NinjaFlex filament. Disponible en <http://nunjatek.com/products/ninjaflex-filaments/>. Acceso en: 2 Jun. 2016.

²² Campbell, P. Amputee Makes History with APL's Modular Prosthetic Limb. Disponible en: <<http://www.jhuapl.edu/newscenter/pressreleases/2014/141216.asp>>. Acceso en: 29 Abr. 2015.

²³ Open Bionics. Página Principal. Disponible en: <<http://www.openbionics.com/>>. Acceso en: 2 de Jun. 2016.

²⁴ Pololu Micro Maestro. Catálogo. Disponible en <<https://www.pololu.com/product/1350>>. Acceso en: 15 Jun. 2016.

²⁵ Universidad Militar Nueva Granada. Ambientes Virtuales. Disponible en <<http://www.umng.edu.co/ambientes-virtuales>>. Acceso en: 15 Jun. 2016.

²⁶ USB. Página Principal. Disponible en: <<http://www.usb.org/home>>. Acceso en: 16 Jun. 2016.