



Adquisición y Procesamiento de una Señal Electromiográfica para control de una Prótesis

Alejandro Ortega Mena, Gaby Yolanda Vega Cano
Nancy Ruíz Vega

xolotltuzo@hotmail.com; gaby_yolanda@hotmail.com
nancy_ruiz@uaeh.edu.mx

Escuela Superior de Tizayuca Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 2.5 Carretera
Federal Tizayuca-Pachuca, C.P. 43800, Tizayuca, Hidalgo. México

RESUMEN

Cada año, la mayoría de las amputaciones se deben a complicaciones del sistema vascular (relacionado con los vasos sanguíneos), causadas sobre todo por la diabetes. Aunque la tasa de amputaciones relacionadas con el cáncer y con traumatismos está disminuyendo, la tasa de amputaciones vasculares va en aumento. La incidencia de deficiencias congénitas (presentes en el nacimiento) de las extremidades ha experimentado muy pocos cambios (1).

El propósito de este trabajo está dirigido a proveer una alternativa que permita satisfacer necesidades motrices de las personas con alguna discapacidad en brazos y manos; mediante el diseño e implementación de una prótesis que realice los movimientos de los miembros inferiores del cuerpo humano.

La adquisición de las señales electromiográficas (EMG) se realiza por medio de electrodos colocados sobre la piel, en el músculo del brazo del paciente, eso permite obtener la información del sistema nervioso y muscular para captar las señales, así poder utilizar los amplificadores operacionales y de instrumentación, la información pasará a una entrada analógica de la tarjeta de adquisición **Arduino Uno** que cuenta con un microcontrolador ATMEGA328P para poder tener el control de los actuadores, de la variación de potencia captada es como tomará la posición de cada servomotor de la prótesis.

PALABRAS CLAVE: Señales, Electromiografía (EMG), adquisición de señales, Arduino Uno, Prótesis, Procesamiento de señales.

1 INTRODUCCIÓN

Los datos estimados de personas que han perdido alguna extremidad, las estadísticas de las principales instancias de salud del país reportan que las enfermedades como la diabetes ocasiona cerca de 70,000 amputaciones al año y que sólo el IMSS ha registrado la realización de poco más de 4,000 amputaciones de miembro superior en el año 2006, mientras que en Estados Unidos se menciona que existen más de 50,000 personas sin alguna parte de su brazo y que no tienen ninguna prótesis (2).

La posibilidad de aplicación de la electromiografía ha evolucionado paralelamente al conocimiento. El desarrollo de la tecnología digital ha permitido disponer de sistemas controlados por microprocesadores cada vez más potentes para captar, almacenar, analizar y clasificar señales

mioeléctricas (3) que permitan ser utilizadas para suplir pérdidas de algún miembro, principalmente brazos mediante prótesis mioeléctricas. Un sistema de este tipo es especialmente interesante para individuos que padezcan algún tipo de discapacidad que dificulte sus actividades y su interacción con el mundo que le rodea, ofreciendo otras posibilidades y mejorando su calidad de vida. (4)

Las señales electromiográficas son fuente de información apropiada para el control de dispositivos como prótesis que es el tema de estudio de esta investigación y que se representa en la figura 1

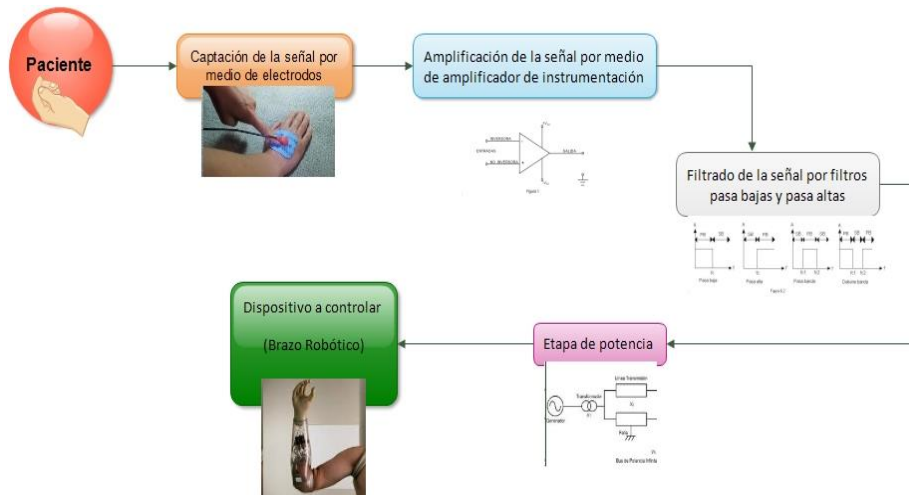


Figura 1 Diagrama de bloques de la señal EMG

La electromiografía (EMG) se basa en la adquisición, registro y análisis de la actividad eléctrica generada en nervios y músculos a través de la utilización de electrodos (superficiales, de aguja, implantados). Las mediciones extraídas de EMG proporcionan una información valiosa acerca de la fisiología y los patrones de activación muscular.

Dicha información refleja las fuerzas que son generadas por los músculos y la temporización de los comandos motores. Además, puede usarse en el diagnóstico de patologías que afectan al Sistema Nervioso Periférico, las alteraciones funcionales de las raíces nerviosas, de los plexos y los troncos nerviosos periféricos, así como de patologías del músculo y de la unión neuromuscular. La amplitud de las señales EMG varía desde los μV hasta un bajo rango de mV (menor de 10mV).

La amplitud, y las propiedades de las señales EMG tanto en el dominio del tiempo como en la frecuencia dependen de factores tales como: el tiempo y la intensidad de la contracción muscular, la distancia entre el electrodo y la zona de actividad muscular, las propiedades de la piel (por ejemplo el espesor de la piel y tejido adiposo), las propiedades del electrodo y el amplificador y la calidad del contacto entre la piel y el electrodo. Los aspectos más importantes relacionados con la adquisición y el análisis de señales EMG de superficie fueron tratados recientemente en un consenso multinacional llamado SENIAM: Surface EMG for the Non-Invasive Assessment of Muscles, donde se discute desde la construcción del electrodo hasta su ubicación. La medición y la representación de las señales EMG de superficie dependen de las propiedades de los electrodos y su interacción con la piel, el diseño del amplificador y la conversión y subsecuente almacenamiento de la señal de formato analógico a digital (A/D) (5).



2 METODOLOGÍA

La electromiografía o EMG es una técnica médica que consiste básicamente en la adquisición, registro y análisis de la actividad eléctrica generada en nervios y músculos a través de la utilización de electrodos. Las mediciones extraídas de EMG proporcionan una información valiosa sobre la fisiología y los patrones de activación muscular. Estudios previos relativos a uso de prótesis. Dicha información refleja las fuerzas que son generadas por los músculos y la temporización de los comandos motores. La amplitud, y las propiedades de las señales EMG tanto en el dominio del tiempo como en la frecuencia dependen de factores tales como: El tiempo y la intensidad de la contracción muscular (6).

La amplitud de las señales electromiográfica (EMG) depende de varios factores, como son: la posición, el tipo y material de los electrodos usados; la señal de EMG tiene rangos de amplitud que van desde 0.1 a 0.5 mV. Esta señal puede contener componentes de frecuencia que se extienden hasta los 10kHz (7).

Para tener registros claros de EMG es necesario depurar o filtrar la información; esto se logra usando amplificadores operaciones con los cuales se construyen filtros analógicos para obtener registros únicamente de EMG, estas señales se presentan en el rango de frecuencia de 10 a 500Hz. En el caso de los músculos, la frecuencia con el armónico más grande para electromiografía de superficie está en el rango de 400 – 450Hz (8).

2.1 Cálculo de los componentes de Adquisición y Procesamiento de la señal EMG

Tomando en cuenta los rangos de amplitud para la señal con impulsos electromiográficos se calcula cada uno de los elementos de acuerdo a las ecuaciones (1) - (4) para la obtención, procesamiento y filtrado de la señal que controlará los actuadores, la variación de potencia captada es como tomará la posición de cada servomotor de la prótesis.

En este caso, el sistema se describe mediante el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_G} \quad (1)$$

$$V_o = \left(1 + \frac{50 K\Omega}{R_G} \right) \quad (2)$$

$$G = \frac{R_f}{R_x} + 1 \quad (3)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

2.2 Adquisición y Procesamiento de la señal EMG

La captación de las señales eléctricas producidas por los músculos durante una contracción muscular se conoce como electromiografía. Estas señales son generadas por el intercambio de iones a través de las membranas de las fibras musculares debido a una contracción muscular (9). La primera parte de este proyecto radicó en adquirir la señal EMG del brazo del paciente para así poder realizar su procesamiento. Para captar dicha señales EMG emitidas por el movimiento del musculo se utilizaron unos electrodos superficiales, un amplificador de instrumentación, se realizó

un acondicionamiento de amplificadores, filtros, etapa de rectificación de media onda y etapa de pulsos cuadrados, para eliminar cualquier tipo de ruido o señal no deseada y así poder obtener una señal pura.

La amplitud de las señales de EMG depende de varios factores; la posición, el tipo y material de los electrodos usados; una señal de EMG tiene rangos de amplitud que van desde 0.1 a 0.5 mV. Esta señal puede contener componentes de frecuencia que se extienden hasta los 10kHz. También es recomendable ubicar el preamplificador bastante cerca de los electrodos y el sujeto, de esta forma se evita capacitancias parasitas y problemas producidos por el movimiento de los artefactos y del cable. (10)

Para tener registros claros de EMG es necesario depurar o filtrar la información; esto se logra usando amplificadores operaciones con los cuales se construyen filtros analógicos para obtener registros únicamente de EMG, estas señales se presentan en el rango de frecuencia de 10 a 500Hz. En el caso de los músculos, la frecuencia con el armónico más grande para electromiografía de superficie está en el rango de 400 – 450Hz (19).

Sin embargo las señales de ruido provenientes por el movimiento de los cables y de los electrodos se encuentran entre 0 y 15, es por eso que se prefiere tener un filtro de 15 a 500Hz o de 20 a 500Hz. Este filtro pasa alto es necesario para eliminar ruido proveniente de músculos aledaños y de otros movimientos musculares. (19)

En la figura 2 se muestra el circuito para captar, procesar y filtrar las señales electromiograficas (EMG) emitidas por el movimiento de los músculos de la mano del cuerpo humano que emitirán las señales, las cuales procesan el movimiento de la prótesis mediante el Arduino Uno.

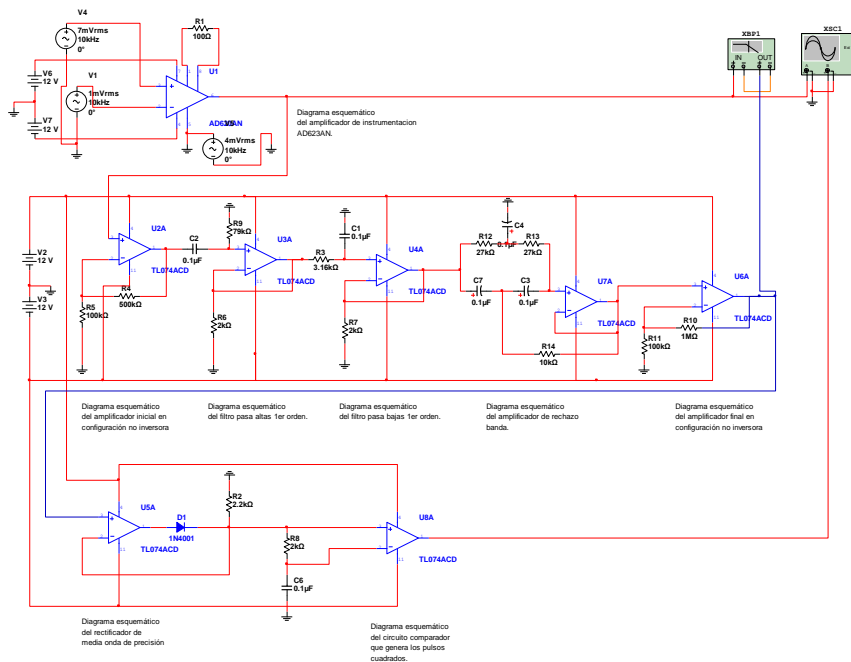


Figura 2. Circuito y Señal Electromiográfica de salida (fuente propia)

3 RESULTADOS

La adquisición de las señales electromiográficas obtenidas mediante el proceso de movimientos de la mano apretada con poca fuerza se obtuvo con un voltaje de 500 mV en un tiempo de 100 ms y una frecuencia de 149.333 kHz como se muestra en la figura 3 la cual alimentó al Arduino para que la prótesis realizara el mismo movimiento.

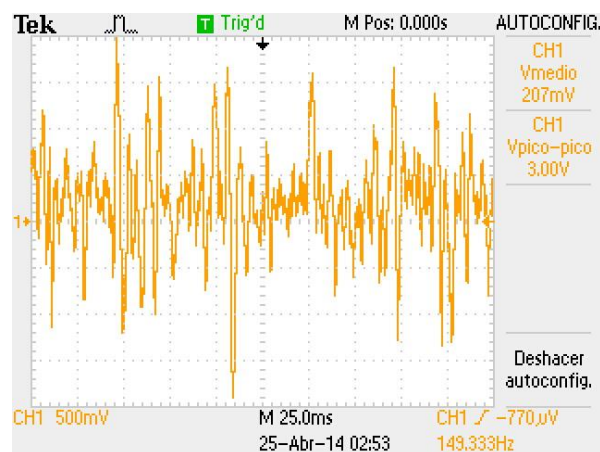


Figura 3 Señal con el puño apretado (fuente propia)

Mientras que la adquisición de las señales electromiográficas obtenidas mediante el proceso de movimientos de la mano con el puño cerrado se obtuvo con un voltaje de 500 mV en un tiempo de 100 ms y una frecuencia de 156.58 kHz como se muestra en la figura 4 la cual alimentó al Arduino para que la prótesis realizara el mismo movimiento.

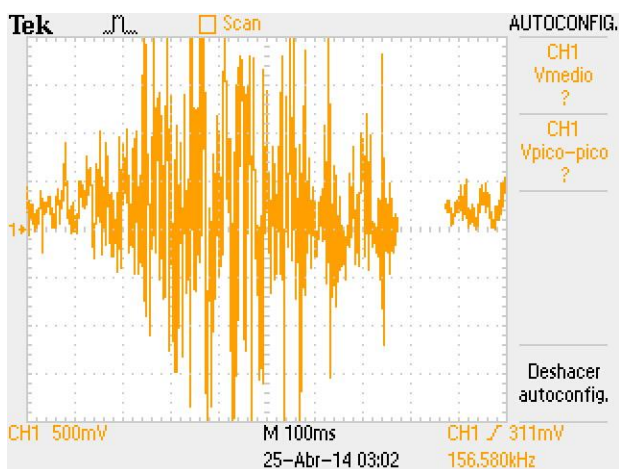


Figura 4 Señal con el puño cerrado (fuente propia)

Los resultados obtenidos con las mismas condiciones de tiempo y voltajes en los canales con la mano extendida y con la mano sin aplicar ninguna fuerza se observan en las figuras 5 y 6 respectivamente.

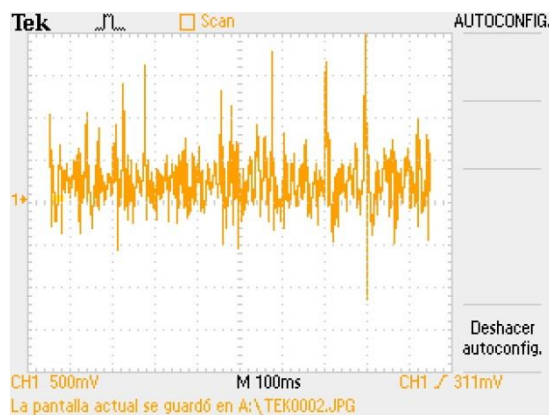


Figura 5 Señal mano extendida

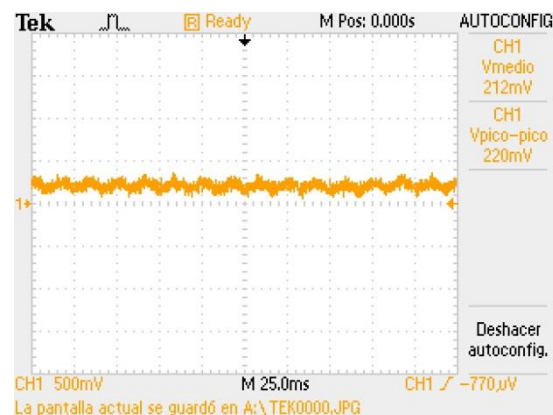


Figura 6 Señal mano sin aplicar fuerza

4 CONCLUSIONES

La adquisición y el procesamiento de las señales obtenidas mediante los filtros y alimentados en el Arduino Uno proporcionaron las frecuencias necesarias para el movimiento de la prótesis de manera favorable, obteniendo los movimientos de puño y mano extendida por lo que en trabajos futuros se trabajará para cada uno de los dedos y obtener el movimiento completo de la prótesis.

REFERENCIAS

- [1]. NLLIC. Fact Sheet. *National Limb Loss Information Center*. [En línea] 2006. http://www.amputee-coalition.org/spanish/fact_sheets/amp_stats_cause.pdf.
- [2]. Protonics. Protonics.com.mx. [En línea] 2014. <http://www.protonics.com.mx/>.
- [3]. Guila, Useros Luis. scielo. [En línea] 2009. <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s3/original3.pdf>.
- [4]. Ruiz, Rubio Rafael. Encuentros uma. [En línea] <http://www.encuentros.uma.es/encuentros53/aplicaciones.html>.
- [5]. Meneses, Alexis. Et al. Dalcame. [En línea] 2005. www.dalcame.com.
- [6]. Meneses, Alexis. DALCAME, Grupo de Investigación Biomédica. [En línea] [Citado el: 2 de abril de 2014.] <http://www.dalcame.com/emg.html#.U0mhxIV5Nps>.



- [7]. R.S., Khandpur. *"Biomedical instrumentations. Technology and applications"*. s.l. : Mc Graw-Hill.
- [8]. Roberto, Marletti. *Electromyography-Physiology, Engineering and Noninvasive applications*. s.l. : Marletti Roberto, Parker Philip, Jhon Wiley & Sons, 2004.
- [9]. INEGI. *Clasificación de Tipo*. [En línea] file:///C:/Users/Administrador/Downloads/clasificacion_de_tipo_de_discapacidad.pdf.
- [10]. González, Irving Aaron Cifuentes. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA LA DETECCIÓN DE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS*. Mérida, Yucatán, Mexico. : s.n., Septiembre de 2010.
- [11]. DEVICES, ANALOG. ANALOG DEVICES. [En línea] 1997-2008. http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD623.pdf.
- [12]. Rene, Torres Christopher. *Diseño personalizado de una señal mioeléctrica para una prótesis de miembro superior*. Noviembre 25 de 2011.
- [13]. MIMI Medicina. [En línea] <http://es.mimi.hu/medicina/denervacion.html>.
- [14]. MedlinePlus, Informacion de Salud para usted. [En línea] <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000593.htm>.
- [15]. Navarro, Rafael Barea. *Instrumentación Biomédica*.
- [16]. MedlinePlus. [En línea] <http://html.rincondelvago.com/bloqueantes-neuromusculares.html>.
- [17]. Instituto Nacional de Transtornos Neurológicos y Accidentes Cerebrovasculares. [En línea] http://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/diagnostico_neurologico.htm.
- [18]. DEVICE, ANALOG. Low cost, Low power Instrumentation Amplifier. [En línea] <http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/AD620.pdf>.
- [19]. AXELGAARD. Tecnología - UltraStim ®. [En línea] http://www.axelgaard.com/tech_ultrastim.html.
- [20]. Z., Andy C. *Temas de estudio para la anatomía humana general*. [En línea] 10 de Diciembre de 2013. <http://anatomia.blogspot.mx/2013/12/musculos-miembro-superior.html#.U1XIBIV5Nps>.
- [21]. [aut. libro] Bones and Muscles V. Cantarella. *Bones and Muscle. An illustrated anatomy*. New York : Wolf Fly Press, 1999., pág. 190.
- [22]. Enciclopedia de Danza. *Conceptos básicos del cuerpo humano*. [En línea] <http://www.elitearteydanza.com.ar/enciclopedia-anatomia-apartado09-musculos.htm>.
- [23]. Ruiz., Ramon. [aut. libro] Ramon Ruiz. *El metodo Cientifico y sus etapas*. Mexico : s.n., 2007, pág. 79.
- [24]. Parot, Françoise. Bloglosario de P. Social Aplicada. *Método Experimental*. [En línea] 12 de Noviembre de 2008. <http://bloglosariopsa.wordpress.com/2008/11/12/metodo-experimental/>.



CCADET
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS
Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

SOMI CONGRESO
DE
INSTRUMENTACIÓN



XXIX Edición, Puerto Vallarta, Jalisco, México, octubre 2014

[25]. *Electromiografía, Características eléctricas, Historia, Procedimiento.* [En línea]
http://centrodeartigos.com/articulos-educativos/article_14897.html.

[26]. Instrumets., Texas. Corporation *BURR-BROWN.* [En línea] Marzo de 1998.
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina114.pdf>.

[27]. *PREAMPLIFICADOR.* [En línea] 3 de Abril de 2014.
http://construyasuvideorockola.com/proyect_preamp_tonos.php.

[28]. INSTRUMENTS, TEXAS. [En línea] 1996.
<http://pdf.datasheetcatalog.net/datasheet/texasinstruments/tl074.pdf>.