



**UNIVERSIDAD<sup>®</sup>  
DE ANTIOQUIA**

**Laboratorio de Bioseñales y Sistemas**

**BIOINGENIERÍA-FACULTAD DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

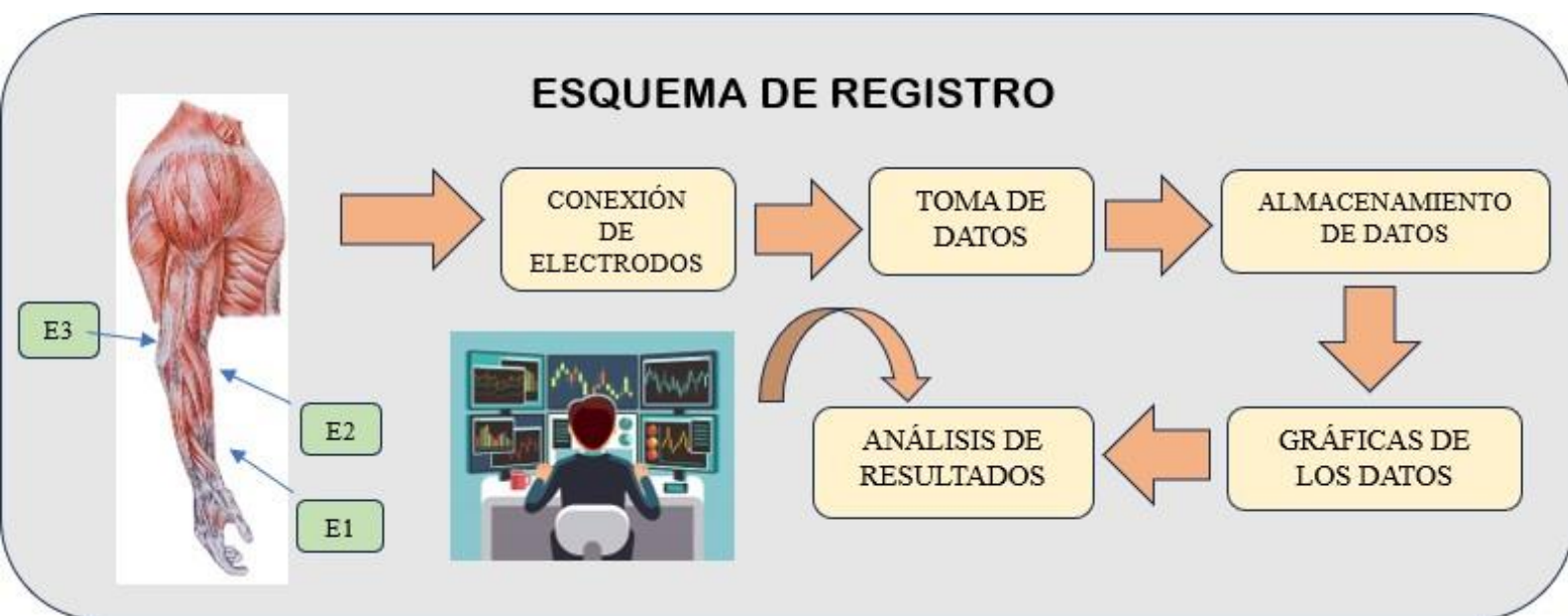
**Docente: Juliana Moreno Rada**

**PRÁCTICA # 4**

**Adquisición de señales**

Integrantes: Juan Andrés Melo Melo-Santiago Tabares

*Realice un esquema donde se describan y expliquen las diferentes etapas del registro de biopotenciales, desde la generación de los potenciales de acción hasta su adquisición por el equipo. Adicionalmente, describa a grandes rasgos los componentes de un equipo de adquisición.*



*Figura 1. Esquema de etapas del registro*

***-Etapas del registro y componentes del equipo de adquisición:***

**1. Generación de potenciales de acción:** Un potencial de acción se define como un cambio rápido y repentino durante un periodo transitorio de tiempo en el que este se propaga en el potencial de membrana de una célula; provocando que el voltaje en la célula se eleve, desencadenando con esto la excitabilidad de estas. Solo las neuronas y las células musculares son capaces de generar un potencial de acción debido que estas poseen una propiedad denominada excitabilidad. un potencial de acción se genera cuando un estímulo cambia el potencial de membrana alcanzando o superando el umbral de excitación [1].

**2. Transducción:** Es el proceso mediante el cual la energía generada por un estímulo se convierte en una señal bioeléctrica. Este proceso permite que los potenciales de acción generados por las células, se transformen en señales eléctricas que podrán ser medidas a través de electrodos [2]. De la medición se encargará el transductor o sensor, el cual responde directamente a la cantidad física que se desea medir.

**3. Medición por medio de electrodos:** En el caso del EMG dos (E1 y E2) fueron conectados a lo largo del antebrazo, específicamente a lo largo del lateral antebraquial y el tercero que era el electrodo de referencia en la parte posterior del antebrazo cerca de un hueso del codo. Para el caso de ECG se conectaron los dos primeros en la cresta izquierda y derecha del manubrio del esternón, mientras que el electrodo de referencia hacia un costado de la pelvis. Adicionalmente para la adquisición de las señales se usó el equipo de adquisición: SHIELD-EKG-EMG que es módulo de extensión de Olimex, el cual permite monitorear y recopilar datos de señales de ECG y EMG. Este dispositivo convierte las señales analógicas diferenciales generadas por los potenciales biológicos de los músculos y el corazón en una única corriente de datos analógica de salida. La señal de salida debe discretizarse con el fin de permitir el procesamiento digital. El proceso de discretización se realiza a través de un ADC embebido en un microcontrolador de la placa base, como lo es el ARDUINO [3].

**4. Toma de datos:** Durante esta fase se procedió a conectar el Arduino al computador y establecer conexión con la interfaz de Python con el fin de accionar el dispositivo de medición mediante la ejecución del código ejecutor desarrollado en una interfaz Python. Todo esto posterior a haber ubicado correctamente los electrodos con el fin de obtener datos fiables y congruentes con lo esperado.

**5. Almacenamiento de datos:** La señal adquirida por el dispositivo de medición es almacenada por el computador.

**6. Gráfica:** Los datos almacenados son graficados con el fin de determinar si la medición obtenida fue buena o se debe repetir.

**7. Análisis de resultados:** una vez dados estos resultados se proceden a ser analizados e interpretados de acuerdo con la naturaleza propia de las señales generadas por el EMG y el ECG.

***Presente una tabla con las principales fuentes de ruido en el registro de biopotenciales. Determine ¿Cuáles de estas fuentes de ruido son estáticas o variantes en el tiempo? Indique que estrategias se utilizan para controlar o eliminar dicha fuente de ruido.***

El ruido en este tipo de adquisición es el mayor y principal problema, ya que genera una interferencia en la toma de estos datos, para poder reducir este problema, se utiliza la técnica de filtrado, pero en este caso esta parte es omitida

<i>Tipo de ruido</i>	<i>Descripción</i>
<i>Ruido generado por el movimiento</i>	<i>Este tipo de ruido suele ser uno de los mas comunes ya que es causado por el accionamiento motor del sujeto.</i>
<i>Ruido generado por la conexión de los electrodos</i>	<i>Este tipo de ruido suele ser uno de los más comunes ya que es causado por la mala conexión que presentan los electrodos con la piel del sujeto; estas malas conexiones pueden deberse a suciedad, grasa o vellosidades presentes en el área de contacto</i>
<i>Ruido interno o inherente</i>	<i>Este tipo de ruido corresponde al que generan inherentemente los dispositivos electrónicos a causa de su naturaleza física. El ruido inherente es de naturaleza aleatoria [4].</i>
<i>Ruido externo o interferencias</i>	<i>Este tipo de ruido se genera por el acoplamiento eléctrico o magnético de un punto específico del sistema con otro punto del sistema, o con sistemas naturales o eléctricos aledaños. El ruido de interferencia puede ser periódico, intermitente o aleatorio [4].</i>
<i>Ruido muscular</i>	<i>Este tipo de ruido se genera por la captación de señales eléctricas producidas por músculos aledaños a los puntos de medición.</i>
<i>Ruido generado por la respiración</i>	<i>Este tipo de ruido se genera durante el proceso de respiración e interfiere especialmente en la captación de señales respiratorias y cardiacas.</i>

*Tabla 1. Principales fuentes de ruido en el registro de biopotenciales.*

El ruido estático se define como interferencia que se mantiene constante a lo largo del tiempo, sin cambios perceptibles en su naturaleza. En el registro de bioseñales, este tipo de ruido suele ser originado por fuentes internas del sistema de adquisición o por interferencias externas del entorno por dispositivos electrónicos que produzcan ruido electromagnético.

El ruido variante se define como una interferencia fluctuante, es decir se presenta de manera aleatoria o periódica a lo largo de la señal. Este tipo de ruido puede provenir de diversas fuentes; en el registro de bioseñales puede surgir debido a varias perturbaciones tales como: movimientos del paciente, inestabilidad en la conexión de los electrodos, cambios bruscos en la respiración entre otros. Todos estos factores generan variabilidad en la señal obtenida, afectando así la calidad de estas mismas.

Para la eliminación de interferencias durante el proceso de adquisición de bioseñales, como EMG o ECG, se utilizan diversos métodos. El ms común es la implementación de filtros en el procesamiento de la señal o en la adquisición de la misma, con el fin de eliminar frecuencias no relevantes para el estudio que se desea realizar tales como: ruido muscular o ruido respiratorio que puede reducir mediante la implementación filtros de banda ancha o de pasa bajo.

*Además, se recomienda que el sujeto permanezca lo mas relajado posible durante la medición, para reducir la tensión muscular, la frecuencia respiratoria y cardiaca u otros factores que puedan inducir ruido variante.*

***Describe ¿Cuál es la problemática asociada al acoplamiento piel-electrodo? ¿Cuáles estrategias se utilizan para mejorarla? Además, responda ¿Por qué el acoplamiento piel-electrodo constituye la etapa más crítica en el registro de señales de superficie (sEMG, EEG, ECG)?***

Una de las principales problemáticas en el proceso de medición de bioseñales mediante la implementación de electrodos es la conexión piel-electrodo, ya que la piel es un mal conductor eléctrico. Esto puede generar interferencias que distorsionen la señal a obtener; este tipo de interferencias se producen especialmente en la epidermis (capa externa de la piel), debido a que en ella residen capas de piel muerta, aceites naturales y partículas de suciedad, lo cual entorpece el proceso de medición. La interfaz piel-electrodo se contempla como una impedancia variable la cual es generada por los elementos que están en la piel y la resistencia propia de esta; lo cual produce potenciales variables que pueden desencadenar en errores al momento de realizar la medición [5].

Generalmente se recomienda limpiar y desinfectar la zona en la cual se va a adherir el electrodo que realizara la medición, esto con el fin de eliminar la mayor cantidad de grasa, piel muerta y suciedad posible; además, si existe la posibilidad de afeitarse el bello corporal de la zona es recomendable hacerlo; todo esto se realiza con el fin de reducir posibles interferencias que se puedan producir por el contacto del electrodo con este tipo de elementos fisiológicos. Además, se recomienda usar gel conductor para compensar en cierta medida la mala conductividad ofrecida por la piel [6].

El acoplamiento piel electrodo es la etapa mas critica del proceso de adquisición de señales de superficie, debido a que la calidad de la señal obtenida depende directamente de la eficiencia con la que se transmita la actividad bioeléctrica producida por el cuerpo hacia los electrodos. Como la piel es un mal conductor natural, induce barreras de transmisión provocadas por elementos que yacen en la piel como lo son la piel muerta, suciedad y otras impurezas [7].

***Consulte tres aplicaciones clínicas del uso de ECG y EMG (seis aplicaciones en total, tres por cada tipo de señal), el tipo de registro y procesamiento que se utiliza en cada una de ellas.***

Electrocardiograma (ECG):

\* La electrocardiografía ambulatoria, o ECG ambulatorio, es un método que permite registrar la actividad eléctrica del corazón durante 24 a 48 horas, mientras el paciente continúa con sus actividades cotidianas. Este procedimiento consiste en colocar electrodos sobre el pecho, que detectan y registran las señales eléctricas del corazón. Además, el paciente lleva un diario donde anota la hora y los síntomas que experimenta a lo largo del día. Posteriormente, los datos recopilados por el dispositivo se analizan con software especializado para evaluar la frecuencia y el ritmo cardíaco, buscando posibles anomalías que puedan indicar problemas de circulación en el músculo cardíaco [8].

\* La electrocardiografía es un proceso (ECG) relativamente sencillo, que proporciona 12 derivaciones diferentes, lo que permite una visualización completa de la actividad en distintas áreas del corazón, o de otros sistemas como lo es el pulmonar. Se colocan electrodos en la piel del paciente en ubicaciones específicas del tórax y las extremidades. Estos electrodos captan las señales eléctricas generadas durante cada latido del corazón. Luego, estas señales se amplifican y se registran en un gráfico que muestra la actividad eléctrica en diferentes momentos.[9].

\* Las pruebas de esfuerzo permiten evaluar el funcionamiento del corazón mientras la persona realiza ejercicio en una caminadora o bicicleta estática. Durante el examen, se miden factores clave como el flujo sanguíneo, la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la intensidad de las señales eléctricas del corazón. Para ello, se colocan electrodos en el pecho, los cuales están conectados a un monitor de electrocardiograma (ECG). Estas pruebas son útiles para diagnosticar condiciones como la enfermedad coronaria, la angina de pecho, la miocardiopatía y las arritmias, entre otras. [10].

A continuación, se describen las técnicas de procesamiento de señales electrocardiográficas:

\* Para procesar las señales ECG, primero se acondicionan y filtran para identificar correctamente el segmento ST y la onda T. Se utilizan diversas técnicas, como el filtrado de paso, transformadas wavelet, y la eliminación de la línea de base. La frecuencia de muestreo inicial se reduce mediante downsampling, y aunque solo se grafican los primeros 10 segundos para la visualización, el análisis abarca toda la señal. El proceso de filtrado inicia con el escalograma, que permite identificar el rango de frecuencias más relevante y eliminar la línea de base. La transformada Wavelet de Gabor se emplea para analizar las señales no estacionarias. Posteriormente, se aplica un filtro pasa-banda Butterworth para mantener una respuesta de magnitud uniforme y corregir la línea de base. El escalograma se vuelve a utilizar para evaluar los cambios en la respuesta en frecuencia y magnitud dentro del espectro. Finalmente, el algoritmo de Pan-Tompkins se encarga de detectar el complejo QRS mediante una serie de pasos que incluyen un filtro diferenciador, elevación al cuadrado y un filtro integrador. El resultado final se presenta en una figura donde se muestra la detección de este complejo. [11].

#### Electromiografía (EMG):

\* El análisis de Fourier de la señal electromiográfica implica la evaluación de sus parámetros espectrales globales, generalmente durante contracciones musculares isométricas y fatigantes sostenidas a un nivel de fuerza constante. El resultado del análisis de Fourier de EMG se representa en lo que se denomina gráfico de fatiga o patrón de fatiga muscular, que muestra las variaciones en la velocidad de conducción, la amplitud y los parámetros espectrales en función del tiempo. Esta técnica se ha utilizado eficazmente en la evaluación de miopatía congénita, trastornos musculoesqueléticos y enfermedades musculares que se manifiestan con una composición anormal de fibras musculares, en las cuales hay una mayor fatigabilidad [12].

\* El análisis del movimiento y la marcha en el ámbito kinesiológico se apoya en la técnica de detección EMG de superficie bipolar, que es completamente no invasiva. Los datos obtenidos de la electromiografía (EMG) se utilizan para medir la activación de los músculos y evaluar su efectividad funcional. No obstante, si se procesa la señal de forma adicional, se puede determinar la intensidad relativa del esfuerzo muscular. Esto implica cuantificar y normalizar la señal de EMG, lo que permite crear diferentes tipos de gráficas que resultan muy útiles en el análisis. Un caso de aplicación concreta es la evaluación de la contracción patológica de los músculos antagonistas, la cual puede causar rigidez en las articulaciones. [10].

\* La electromiografía (EMG) desempeña un papel fundamental en el monitoreo neurofisiológico intraoperatorio al permitir la visualización y audición continua de la actividad eléctrica muscular y al evaluar posibles daños a las raíces nerviosas o nervios periféricos durante una cirugía. El monitoreo activo se puede llevar a cabo mediante estimulación monopolar o bipolar con una corriente de estimulación controlada, esto implica la aplicación de un estímulo en una ubicación específica del sistema nervioso para inducir la conducción de un potencial de acción. El equipo de electromiografía capta y traduce esta actividad en una gráfica y un sonido en el monitor, lo que proporciona información al

cirujano y al equipo quirúrgico sobre cualquier cambio anormal [13]; tiene aplicaciones en cirugías de medula espinal, de troncoencéfalo, de procesos vasculares, entre otros.

A continuación, se describen las técnicas de procesamiento de señales electromiográficas:

\*Amplificación: La amplificación es un aspecto clave en la instrumentación de la electromiografía (EMG), ya que su principal objetivo es representar con claridad los potenciales de acción de los músculos. Dado que las magnitudes bioeléctricas son muy pequeñas, es necesario amplificar la señal entre 50 y 250,000 veces. Una vez amplificadas, las señales se sitúan en un rango de 1 a 10 V, lo cual es compatible con los circuitos electrónicos de los microprocesadores.

\*Eliminación del ruido: La eliminación del ruido también es fundamental. Este ruido, que puede ser de origen técnico o biológico, suele ser más intenso que la señal que se desea registrar. Los amplificadores diferenciales son útiles en este sentido, ya que miden la diferencia de potencial entre los electrodos activos y de referencia, amplificando únicamente esta diferencia.

\*Filtrado: los sistemas de registro cuentan con filtros que eliminan frecuencias que no corresponden a la señal fisiológica. Generalmente, se sugiere eliminar frecuencias por debajo de 2-5 Hz y por encima de 10 kHz, así como la interferencia de la corriente eléctrica. Los filtros pueden ser analógicos, que utilizan resistencias y condensadores, o digitales, que aplican algoritmos tras la digitalización de la señal.

\*Presentación en pantalla y salida de audio: Las variaciones de voltaje características de las señales EMG se pueden mostrar en un altavoz o monitor para una visualización efectiva.

\*Digitalización: La digitalización implica tomar muestras a intervalos regulares. La frecuencia de muestreo debe ser lo suficientemente alta para capturar cambios significativos en el voltaje; según el teorema de Nyquist, esta frecuencia debe ser al menos el doble de la frecuencia más alta de la señal.

\*Análisis de señal: Finalmente, el análisis de señal en equipos modernos incluye algoritmos que permiten calcular automáticamente parámetros relevantes. Estos algoritmos facilitan el análisis cuantitativo de la actividad muscular durante el máximo esfuerzo y pueden determinar aspectos como los puntos de inicio y finalización de la curva, su duración, amplitud máxima, área bajo la curva, y el número de fases, ayudando así a evaluar el estado normal o patológico de un músculo y a definir su gravedad. [14].

***Presente la realización de las tareas descritas en la Aplicación y adjunte los archivos de código Arduino y Python implementados; además adjunte un ejemplo de cada una de las señales registradas.***

Para realizar la práctica de adquisición de señales se implementaron herramientas como Arduino y Python. Para Arduino el código utilizado fue proporcionado por el docente, el cual se evidencia en la figura 2:

```
pruebaSerial.ino
1
2 int outByte = 0;           // variable para enviar al puerto usb
3
4 void setup() {
5     // put your setup code here, to run once:
6     Serial.begin(9600);    // abre el puerto serie a 9600 bps:
7 }
8
9 void loop() {
10    // put your main code here, to run repeatedly:
11    outByte = analogRead(A0); // leer dato analógico
12    Serial.println(outByte);  // enviar dato
13    delay(10);
14 }
15
```

*Figura 2. Código implementado en Arduino*

Haciendo uso de Python es posible representar gráficamente las lecturas del ECG y EMG, el código utilizado fue proporcionado por el docente, el cual se evidencia en la figura 3 y 4:

```
7 import serial, time
8 import numpy as np
9 import matplotlib.pyplot as plt
10
11
12 arduino = serial.Serial('COM6', 9600, timeout=0.01) # Se debe indicar el puerto serial y la velocidad de transmisión
13
14 time.sleep(2)
15
16 numero_datos = 1000 # esto corresponde al numero de datos que se va adquirir, se puede modificar pero 1000 es un buen numero
17 EMG = np.ndarray((0), dtype=int) # aqui se almacenará la señal
18
19 # mientras el arreglo no tenga los datos que requiero los solicito
20 while EMG.shape[0] < numero_datos:
21
22     # esto lee lo que haya en el buffer
23     datos = arduino.readlines(arduino.inWaiting())
24
25     datos_por_leer = len(datos)
26
27
28     # Si hay mas datos de los que quiero leer
29     # solo me quedo con la cantidad que me interesa
30     if len(datos) > numero_datos:
31         datos = datos[0:numero_datos]
32         # creo un arreglo de zeros para leer estos valores
33         valores_leidos = np.zeros(numero_datos, dtype = int)
34     else:
35         # creo un arreglo de zeros para leer estos valores
36         valores_leidos = np.zeros(datos_por_leer, dtype = int)
```

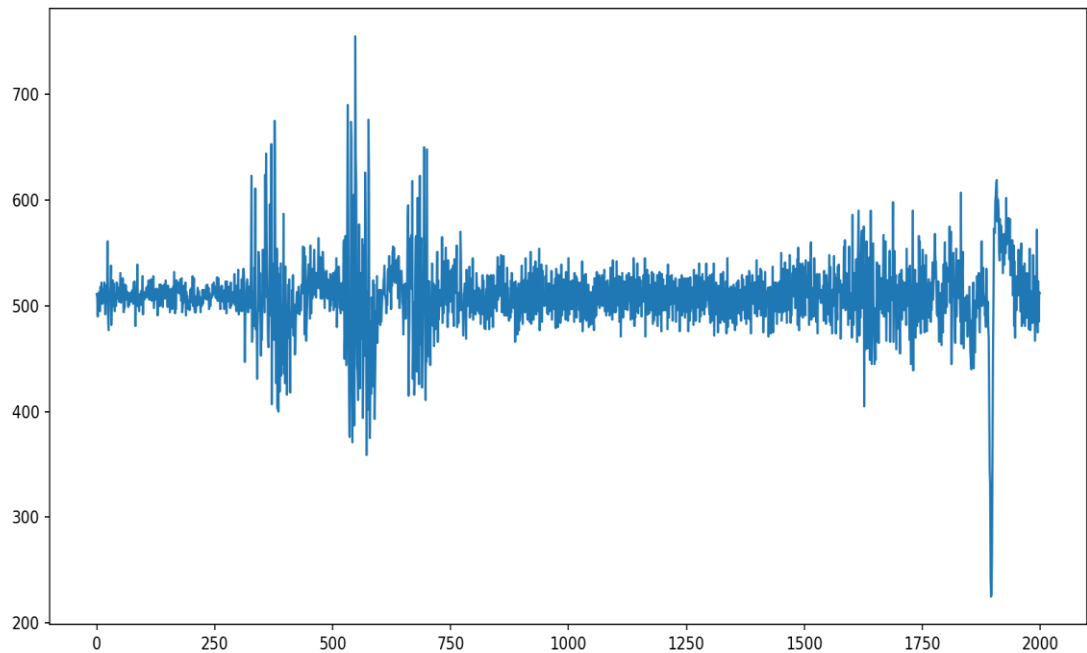
*Figura 3: Código implementado en Python*

```
37
38
39 posicion = 0
40 #se convierten los datos a valores numericos de voltaje.
41 for dato in datos:
42     # voy a tratar de convertir los datos
43     try:
44         # elimino los saltos de línea y caracter de retorno y convierto a entero
45         valores_leidos[posicion] = int(dato.decode().strip())
46     except:
47         # si no puedo convertir completo la muestra con el anterior
48         # valores_leidos[posicion] = 0 # alternativa
49         valores_leidos[posicion] = valores_leidos[posicion-1]
50     posicion = posicion + 1
51 # agrego los datos leidos al arreglo
52 EMG = np.append(EMG, valores_leidos)
53 # Introduzco un delay para que se llene de nuevo el buffer
54 time.sleep(2)
55
56 # como la ultima lectura puede tener mas datos de los que necesito descarto las muestras restantes
57 EMG = EMG[0:numero_datos]
58
59 # ya con los datos leidos podemos graficar
60 plt.plot(EMG)
61 #plt.plot(EMG[100:])
62 plt.show()
63
64 arduino.close() # Cerrar puerto serial, siempre debe cerrarse
```

*Figura 4: Código implementado en Python*

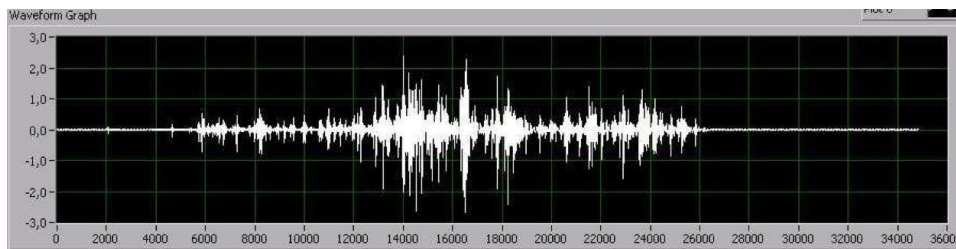


## EMG



*Figura 5. Señal EMG registrada*

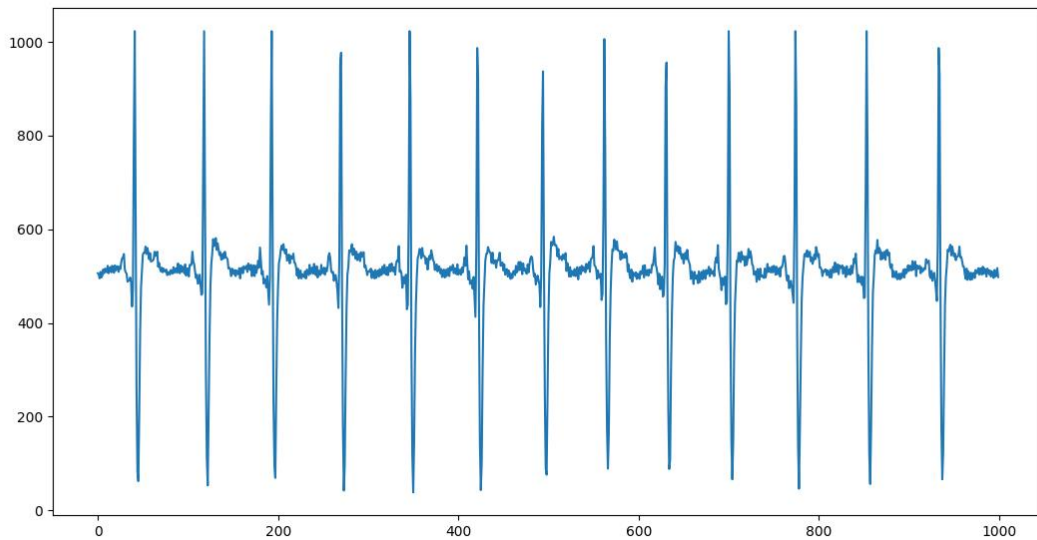
Ya visualizada la figura 3, se procede a buscar una gráfica teórica registrada, para hacer comparaciones



*Figura 6. Señal ECG tomada de la teoría [14].*

Como se evidencia en la figura 5 y 6, presentan una similitud, lo que indica que la toma de la señal fue correcta, las variaciones presentadas son debido a que se hicieron tomas en músculos diferentes, y además en el archivo reportan que utilizan un generados de corriente a 70mV para generar contracción muscular, mientras que en la práctica se hizo con movimientos manuales. A pesar de esto en la señal obtenida en el laboratorio se logra observar claramente el patrón característico de un bioseñal EMG.

## ECG



*Figura 7. Señal ECG registrada*

Después de observada la señal, se busca una gráfica registrada teóricamente para comparar el resultado obtenido



*Figura 8. Señal ECG encontrada en la teoría [15].*

La señal ECG obtenida en la figura 7, se presenta una señal ECG que permite la identificación del complejo QRS, aunque podría presentar ciertas interferencias que se manifiestan en valores atípicos que causan la exageración de los picos de los complejos R y S respectivamente. Al comparar la figura 7 con la figura 8 se permite decir que la medición de ECG se hizo correctamente considerando las condiciones de la medición realizada, las cuales no cumplían las recomendaciones de retirar la mayor cantidad de elementos que interfieran en la interfaz piel-electrodo

## Conclusiones

- El principal desafío en la captura de señales eléctricas es la interferencia, que puede generarse por diversas razones. Aunque no siempre es posible eliminar estas interferencias, el filtrado de ruido se presenta como la solución más efectiva para obtener gráficos y resultados más precisos, facilitando así un mejor análisis de las señales.
- Para asegurar la calidad de un electrocardiograma (ECG), es fundamental garantizar un buen acoplamiento entre la piel y el electrodo. Esto implica preparar adecuadamente la piel, asegurarse de que el paciente esté en una postura adecuada, limpiar bien la zona de aplicación y, en algunos casos, usar gel conductor o relajar al paciente. Estos factores influyen directamente en la calidad de la señal registrada o, en su defecto, en la necesidad de filtrarla.
- Los biopotenciales, tanto en electrocardiografía como en electromiografía, son esenciales para el diagnóstico médico, el monitoreo de la función muscular y cardíaca, y la investigación biomédica. Proporcionan información clave para detectar trastornos neuromusculares y cardíacos, permitiendo tomar decisiones clínicas y diseñar tratamientos más efectivos. Esta información contribuye a una mejor atención médica y una comprensión más profunda del funcionamiento muscular y cardíaco.
- Las aplicaciones diagnósticas del electromiograma (EMG) no se limitan a medir la fatiga. También permiten estudiar enfermedades neuromusculares, analizar el dolor lumbar, abordar cuestiones de kinesiólogía y evaluar trastornos del control motor.

## Referencias

- [1] DDS, A. T. (2021, 10 de septiembre). Potencial de acción. Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/potencial-de-accion>
- [2] Transducción. (s.f.). [https://www7.uc.cl/sw\\_educ/neurociencias/html/111.html](https://www7.uc.cl/sw_educ/neurociencias/html/111.html)
- [3] Francisco José Campuzano. (2023). Introducción a los biopotenciales y adquisición de señales ECG y EMG. (p. 1).
- [4] RUIDOS E INTERFERENCIAS: TÉCNICAS DE REDUCCIÓN. (s.f.). ISTR - Ingeniería Software y Tiempo Real. [https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion\\_5\\_it/iec\\_4.pdf](https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_it/iec_4.pdf)
- [5] GALARZA, A. (2018). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INALÁMBRICO DE ADQUISICIÓN DE BIOPOTENCIALES BASADO EN ELECTRODOS CAPACITIVOS NO INVASIVOS. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. RECUPERADO DE <https://bibdiqital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19883/1/CD-9300.pdf>
- [6] Gel Conductor Electroestimulación - TiendaGlobus. (s.f.). Tienda Globus. <https://tiendaglobus.es/product/gel-conductor/>
- [7]. Mulligan, Andrea. "Why Electrodes Matter: Skin-Electrolyte Interface — PulseAI." PulseAI, 7 April 2021, <https://www.pulseai.io/blog/why-electrodes-matter-skin-electrolyte-interface>. Accessed 2 October 2022.

- [8] Cascino, T., & Shea, M. J. (2023, 2 octubre). *Electrocardiografía ambulatoria continua. Manual MSD versión para público general*. <https://www.msdmanuals.com/es-co/hogar/trastornos-del-coraz%C3%B3n-y-los-vasos-sangu%C3%ADneos/diagn%C3%B3stico-de-las-enfermedades-cardiovasculares/electrocardiograf%C3%ADa-ambulatoria-continua>
- [9] Dezube, R. (2023, 3 agosto). *Electrocardiografía (ECG) en trastornos pulmonares. Manual MSD versión para profesionales*. <https://www.msdmanuals.com/es-co/professional/trastornos-pulmonares/procedimientos-diagn%C3%B3sticos-y-terap%C3%A9uticos-pulmonares/electrocardiograf%C3%ADa-ecg-en-trastornos-pulmonares>
- [10] Gila, L., Malanda, A., Carreño, I. R., Rodríguez-Falces, J., & Navallas, J. (2009). *Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas*. *Anales Del Sistema Sanitario De Navarra*, 32. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272009000600003>
- [11] *Vista de Procesamiento y Análisis de Señales Electrocardiográficas (ECG)*. (s.f.). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/6496/5986>
- [12] *Biomedical technology and devices handbook*, James Moore and George Zouridakis, Editors. CRC Press LLC, 2004.
- [13] Briñez, A. M., Núñez, J. M., Suárez, C. M., Acevedo, L., & J, A. B. (2021). *MONITOREO INTRAOPERATORIO DEL NERVIO FACIAL EN CIRUGÍA DE PARÓTIDA*. *Revista Venezolana de Oncología*, 33(4), 215-224. <https://www.redalyc.org/journal/3756/375667619005/html/>
- [14] Delgado Saa, J. F., Vallejo, E., & Torres, J. (s/f). *Diseño y Construcción de un sistema de adquisición y Visualización de Señales Electromiográficas*. *Laccei.org*. Recuperado el 13 de octubre de 2023, de [https://www.laccei.org/LACCEI2007Mexico/Papers%20PDF/BT116\\_DelgadoSaa.pdf](https://www.laccei.org/LACCEI2007Mexico/Papers%20PDF/BT116_DelgadoSaa.pdf)
- [15] (S/f). *Edu.ec*. Recuperado el 13 de octubre de 2023, de <http://repositorio.ucsq.edu.ec/bitstream/3317/10850/1/T-UCSG-POS-MTEL-103.pdf>