



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA:

“PROCESAMIENTO DE SEÑALES EMG PARA MIEMBROS INFERIORES
DURANTE LA MARCHA HUMANA”

AUTOR: BYRON AGUSTÍN VERA TRUJILLO

DIRECTORA: ING. LUZ MARÍA TOBAR SUBÍA CONTENUTO, MSc.

IBARRA-ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003858493		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vera Trujillo Byron Agustín		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Caranqui		
EMAIL:	baverat@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	06-2505157	TELÉFONO MÓVIL:	0983246314
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	"Procesamiento de señales EMG para miembros inferiores durante la marcha humana"		
AUTOR (ES):	Vera Trujillo Byron Agustín		
FECHA:	12 de Julio del 2021		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica		
DIRECTOR:	Ing. Luz María Tobar Subía Contenido MSc.		

1. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de Julio de 2021

El Autor:



Byron Agustín Vera Trujillo

C.I. 100385849-3

CERTIFICACIÓN

Certifico que la tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Mecatrónica con el tema: “Procesamiento de señales EMG para miembros inferiores durante la marcha humana”, ha sido desarrollado y terminado en su totalidad por el Sr. Byron Agustín Vera Trujillo, con cédula de identidad 100385849-3, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

Msc. Ing. Luz María Tobar Subía Contenido

DIRECTORA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su apoyo en todo momento, por darme las facilidades para seguir estudiando y darme ánimos durante todo el proceso.

Agradezco a mis hermanos ya que siempre nos hemos mostrado unidos en momentos difíciles y como un apoyo entre nosotros.

Agradezco a Maythe por brindarme ayuda al momento de realizar las pruebas de funcionamiento y verificación.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, ya que a pesar de pasar por un momento difícil siempre podremos seguir adelante.

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla una herramienta que facilita la caracterización de la marcha humana a través las señales EMG que generan los músculos que intervienen en ella.

El estudio se realizó sobre músculos: aductor largo, vasto medio, semitendinoso y glúteo mayor, que intervienen en la rotación de cadera y rodilla, con condiciones de laboratorio controladas de tal manera que la influencia por factores externos sea minimizada. A través de una tarjeta de biosensado (Cyton) de libre acceso, se logra realizar la evaluación de las señales biológicas, las cuales son tomadas y analizadas para determinar patrones cíclicos en las señales EMG recogidas durante la marcha.

La herramienta de procesamiento de señales fue desarrollada en Python, la misma que evalúa en tiempo real el inicio y fin del ciclo de marcha, trabajando en conjunto con las herramientas que ofrece el software de GUI OpenBCI, estos datos se presentan a través de una interfaz. Además, se complementa el estudio con un análisis de movimiento utilizando software de cómputo numérico.

La interfaz desarrollada selecciona las ondas realizadas por los potenciales de acción de las unidades motoras (PAUMs) de cada músculo, con el fin de compararlas y ver su intervención realizada en el ciclo junto con los músculos que sean de interés.

ABSTRACT

The present work develops a tool that facilitates the characterization of human gait through the EMG signals generated by the muscles involved in it.

The study was performed on the adductor longus, vastus medius, semitendinosus and gluteus maximus muscles involved in hip and knee rotation, under controlled laboratory conditions so that the influence of external factors is minimized. Through a freely available biosensing card (Cyton), the evaluation of the biological signals is achieved, which are taken and analyzed to determine cyclic patterns in the EMG signals collected during gait.

The signal processing tool was developed in Python, which evaluates in real time the start and end of the gait cycle, working in conjunction with the tools offered by the GUI software OpenBCI, these data are presented through an interface. In addition, the study is complemented with a motion analysis using numerical computation software.

The developed interface selects the waves performed by the action potentials of the motor units (PAUMs) of each muscle, to compare them and see their intervention performed in the cycle together with the muscles of interest.

Tabla de contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
Problema.....	1
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Alcance.....	2
Justificación.....	3
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 Marcha humana	4
1.2 Ciclos de la marcha	4
1.2.1 Fase de apoyo	5
1.2.2 Fase de balanceo.....	6
1.2.3 Periodos en que se divide la marcha humana	7
1.3 Acciones musculares en la marcha humana	8
1.3.1 Contacto inicial del pie con el suelo (doble apoyo).....	8
1.3.2 Fase intermedia del apoyo (inicio de apoyo monopodal).....	9
1.3.3 Fase final de apoyo.....	11
1.3.4 Fase de prebalanceo o preoscilación	12
1.3.5 Fase inicial del balanceo u oscilación.....	13
1.3.6 Fase media del balanceo u oscilación.....	14
1.3.7 Fase final de balanceo	14
1.4 Análisis de la marcha humana	14
1.4.1 Videogrametría	15
1.4.2 Dinamometría	16
1.4.3 Electromiografía.....	18
1.4.3.1 Potencia de acción de la unidad motora (PAUM)	19
2. METODOLOGÍA.....	23
2.1 Sistema de adquisición	23
2.1.1 Tarjeta de adquisición de datos	23
2.1.2 Selección de electrodo.....	25
2.1.3 Metodología para lectura de señales.....	30
2.1.4 Herramientas OpenBCI (Cyton).....	31
2.1.5 Metodología para transmisión de datos en tiempo real.	34

2.2	Procesamiento EMG.....	38
2.2.1	Metodología para adquisición EMG.....	38
2.2.1.1	Protocolo de ubicación de electrodos.....	39
2.2.2	Metodología de procesamiento EMG.....	42
2.3	Metodología para el diseño de interfaz de visualización.....	43
3.	DESARROLLO DEL SISTEMA DE PROCESAMIENTO EMG DURANTE LA MARCHA HUMANA	45
3.1	Implementación del sistema de procesamiento de señales	45
3.1.1	Desarrollo del software.....	45
3.1.2	Desarrollo de interfaz grafica	53
3.1.3	Usabilidad de la interfaz.....	55
3.2	Análisis de resultados.....	57
3.2.1	Acciones musculares medidas en el proceso de marcha	59
3.2.2	Desviación estándar.....	61
	Conclusiones	63
	Recomendaciones.....	64
	Bibliografía.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Distancia lineal en el plano	5
Figura 1.2 Subdivisiones de la fase de apoyo.....	6
Figura 1.3 Subdivisiones de la fase de balanceo	6
Figura 1.4 Acción del comportamiento anterior y posterior de miembro inferior al inicio de la fase de apoyo	9
Figura 1.5 Músculos aductores.....	10
Figura 1.6 Glúteo mayor	11
Figura 1.7 Acción de tríceps sural.....	12
Figura 1.8 Limitación del recorrido articular en la rodilla	13
Figura 1.9 Reconocimiento y análisis de marcadores con videogrametría	16
Figura 1.10. Plataformas de acero rígidas montada sobre columnas en las que se encuentran las galgas extensométricas para Dinamometría.....	17
Figura 1.11. Electrodo ECG colocados a 5cm de distancia, para medir contracción de antebrazo, electrodo blanco y rojo son activos, electrodo negro de referencia	19
Figura 1.12 Señal filtrada de última etapa.....	19
Figura 1.13 Ejemplo de distintas motoneuronas que nacen en la médula espinal e inervan mediante axones las fibras musculares.....	20
Figura 1.14 Ejemplo de línea base y duración de un PAUM	21
Figura 1.15 Ejemplo de amplitud y área de un PAUM	21
Figura 1.16 Ejemplo de turns y número de fases de un PAUM	22
Figura 1.17 Ejemplo de duración de la espiga	22
Figura 2.1 Cyton board.....	24
Figura 2.2 Dongle OpenBCI	24
Figura 2.3 Electrodo monopolar (1) ConMed y (2) Safe Medic.	28
Figura 2.4 Prueba en marcha con electrodos marca ConMed	29
Figura 2.5 Prueba en marcha con electrodos marca Safe Medic.....	29
Figura 2.6 Widgets de GUI de OpenBCI, visualización (1), herramienta de caracterización EMG (2), protocolos de comunicación para programas de terceros (3).	31
Figura 2.7 Conexión a tarjeta Cyton.....	32
Figura 2.8 Menú desplegable para selección de diferente widget de GUI OpenBCI.....	33
Figura 2.9. Widget EMG midiendo la activación de los músculos que intervienen en la marcha humana	34
Figura 2.10. Widget Networking (interfaz para comunicación LSL), en “Stream 1” transmisión de datos EMG	38
Figura 2.11 Partes de evaluador mioeléctrico multicanal: (1) bluetooth para conexión con ordenador y (2) tarjeta de adquisición de datos.	38

Figura 2.12 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (circulo azul) para medición EMG en glúteo mayor.	40
Figura 2.13 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (circulo azul) para medición EMG en semitendinoso	40
Figura 2.14 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (circulo azul) para medición EMG en aductores.	41
Figura 2.15 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (circulo azul) para medición EMG en Vasto Medio.....	42
Figura 2.16 Evaluación EMG de los músculos; aductor largo, vasto medio, semitendinoso y glúteo mayor en el proceso de marcha.	43
Figura 2.17 Creación de plantilla en QtDesigner, prediseño de interfaz de visualización de datos.	44
Figura 3.1 Flujograma de procesamiento y almacenamiento de datos.....	46
Figura 3.2 Electrodo EMG en músculos; semitendinoso, glúteo mayor, vasto medio y aductor largo.	47
Figura 3.3 Caminata bajo protocolo de evaluación de medición de parámetros de tiempo de la marcha humana.	47
Figura 3.4. Estado de activación de músculo aductor durante la marcha medido con electrodos de superficie en pruebas EMG.	48
Figura 3.5 Estado de activación del músculo vasto medio durante la marcha medido con electrodos de superficie en pruebas EMG.	48
Figura 3.6 Estado de activación del músculo semitendinoso durante la marcha medido con electrodos de superficie en pruebas EMG.	49
Figura 3.7. Estado de activación del músculo glúteo mayor durante la marcha medido con electrodos de superficie en pruebas EMG.	50
Figura 3.8 Graficas en Matlab de los musculos; aductor, vasto medio, semitendinoso y gluteo mayor con procesamiento realizado	52
Figura 3.9 Actividad muscular y fin e inicio del ciclo de la marcha.....	52
Figura 3.10 Señales en tiempo real OpenBCI GUI.....	53
Figura 3.11 Interfaz de “auto-py-to-exe” para convertir un proyecto de Python a un archivo ejecutable, con opciones para realizarlo como ventana, o ventana y consola.	55
Figura 3.12 Menú para búsqueda de archivo, este puede visualizar sesiones anteriores o otros archivos csv.....	56
Figura 3.13 Herramientas de gráfica (librería de desarrollo matplotlib).....	56
Figura 3.15 Comparación de actividad de Aductor largo y Glúteo mayor en el ciclo de marcha en interfaz.....	57
Figura 3.16 Regiones de baja actividad EMG en la marcha apreciables en la interfaz de OPEN BCI.	57
Figura 3.17 Actividad de aductores durante la marcha humana, picos de actividad causada por la flexión sobre la rodilla para amortiguar el fin de fase de balanceo.	59

Figura 3.18 Acción del vasto medio en la marcha huama, picos de actividad causada por la flexión sobre la rodilla para amortiguar el fin de fase de balanceo. 60

Figura 3.19 Acción del musculo semitendinoso en la marcha humana, aumento de actividad en el contacto con el suelo y picos de actividad momentos después, entre el 20% y 60% de la marcha. 60

Figura 3.20 Acción del musculo glúteo mayor en la marcha humana, presenta picos en el inicio de la fase de apoyo y actividad en toda la marcha por su acción al mantener el equilibrio... 61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Evolución de apolosyo monopodal en humanos	4
Tabla 1.2 Parámetros de la marcha.....	15
Tabla 2.1 Comparación de electrodos según su función.	26
Tabla 2.2 Comparación de los criterios de selección.	27
Tabla 2.3 Comparación de alternativas.	27
Tabla 2.4 Comparación entre electrodos del marcado local.....	30
Tabla 3.1. Desviación estándar de actividad muscular durante la marcha de los músculos: vasto medio, aductor largo semitendinoso y glúteo mayor.....	50
Tabla 3.2 Evaluación EMG de los músculos en el ciclo de la marcha	51
Tabla 3.3 Distribución en la tabla EMG (6 primeros datos).....	58
Tabla 3.4 Calculo de desviación estándar.	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS.....	68
Anexo 1. Guía de salida de datos.	68
Anexo 2. Script de Matlab.....	71
Anexo 3. Pruebas con criterios inferiores.....	73
Anexo 4. Programación para procesamiento en tiempo real	83
Anexo 5 Interfaz de usuario	87
Anexo 6. Datos de Procesamiento EMG.....	95
Anexo 7. Manual de Usuario.....	112

INTRODUCCIÓN

Problema

La marcha humana es la generación de movimiento o sucesión de pasos, a través de un proceso que involucra al sistema nervioso, el sistema muscular, las articulaciones y huesos de los miembros inferiores del cuerpo [1].

El análisis de la marcha humana resulta ser de gran utilidad para una amplia gama de aplicaciones, como el diagnóstico y elección de tratamientos en pacientes con enfermedades neuro-musculoesqueléticas [2].

El estudio de electromiografía (EGM) consiste en el registro de la actividad bioeléctrica de los músculos, esta técnica de procesamiento de señales arroja el estado de los músculos y permite esclarecer afecciones que afectan a los mismos; éstas afecciones, tales como atrofas musculares, pérdida de fibras musculares, pérdida de unidades motoras, desórdenes nerviosos, problemas en uniones neuro-musculares; entre otras, se determina al analizar la amplitud, duración de la onda y aumento de la frecuencia [3].

En el caso de la marcha humana, las señales EGM se obtienen de la contracción y relajación de los músculos correspondientes a los miembros inferiores del cuerpo en las diferentes etapas del proceso de la marcha, estudios recientes afirman que el análisis de la marcha humana basado en electromiografía enfrenta algunos problemas de las diferencias y variabilidad individuales [4]. Para estudiar el efecto causado por estos factores se propone realizar la captación de las señales de diferentes individuos y tamaños de muestra.

El sistema de adquisición de señales electromiográficas que se pretende realizar en este proyecto, deberá ser tal que no interfiera en la dinámica del movimiento de los miembros

inferiores durante la marcha humana, por ello es factible hacer uso de una tarjeta de adquisición inalámbrica.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar un sistema de adquisición de señales EGM para miembros inferiores durante la marcha humana.

Objetivos Específicos

- Obtener las señales EMG por medio de una tarjeta de adquisición de datos vía inalámbrica.
- Determinar el inicio y fin de cada ciclo de marcha humana.
- Diseñar una interfaz gráfica para visualizar el ciclo de marcha humana y registro de las señales EMG procesadas.
- Validar el sistema mediante pruebas de funcionamiento.

Alcance

El sistema constará de una tarjeta de adquisición de señales, un registro de las señales y una interfaz gráfica que muestre el movimiento de los músculos inferiores: vasto medial, semitendinoso, abductor largo y glúteo mayor; debido a su efecto en el movimiento de la marcha y a su medición bioeléctrica. La adquisición de las señales EMG se realizará vía inalámbrica, permitiendo reducir incomodidades por cables durante el proceso de la marcha. También se determinará el inicio y fin de cada ciclo de marcha humana, y pruebas de funcionamiento.

Justificación

El análisis de la marcha humana identifica rangos de movimientos normales en las personas, usando modelos basados en electromiografía se obtiene el registro de la actividad bioeléctrica de los músculos en las distintas fases del ciclo de marcha, lo cual permite establecer patrones de activación y desactivación muscular, estimación de fuerza, entre otros datos. [5]

El sistema de adquisición de señales electromiográficas de los músculos correspondientes a los miembros inferiores durante la marcha humana proveerá un registro de los datos obtenidos para el almacenamiento de esta información, dicha información servirá para determinar posibles afecciones presentes en los usuarios del sistema además esta información servirá para establecer un análisis de la actividad eléctrica presente en músculos, determinando patrones de movimiento durante el ciclo de la marcha humana.

El registro y análisis de esta información será de utilidad para usuarios del sistema con problemas de rehabilitación muscular que afecten su correcto desarrollo motriz.

Este trabajo surge del proyecto “Estudio de señales biométricas provenientes de la acción muscular” realizado en la Universidad Técnica del Norte, además esta investigación será un precedente para futuros proyectos relacionados con esta área de conocimiento.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Marcha humana

La marcha humana se define como el modo de traslado propio del ser humano, la locomoción humana se describe como una progresión de movimientos alternantes y rítmicos de las extremidades y del tronco, esenciales para determinar un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad.

Desde una perspectiva dinámica la marcha es una serie de impulsos y frenados, a nivel del miembro inferior se encuentra el impulso mientras que el frenado se encuentra en el nivel anterior; por lo tanto, la marcha es una actividad aprendida, durante los primeros años de la infancia un niño experimenta con su sistema neuromuscular y esquelético, hasta llegar a integrar esta actividad a nivel involuntario. A los 7 u 8 años aún no se alcanza la marcha propia de una persona adulta [6]. El infante tiene una marcha más tambaleante debido a un menor equilibrio por lo cual la etapa de apoyo monopodal se ve disminuida (Tabla 1), debido a la menor estabilidad.

Tabla 1.1 Evolución de apoyo monopodal en humanos [7].

Edad	Porcentaje de apoyo monopodal
1 año	32%
3 años y medio	35%
7 años	38%
20-30 años	40%

1.2 Ciclos de la marcha

El ciclo de la marcha comienza cuando un pie contacta con el suelo y finaliza con el siguiente contacto con el suelo del mismo pie. Los dos principales componentes del ciclo de la marcha son: la fase de apoyo y la fase de balanceo. Una pierna está en fase de apoyo cuando

está en contacto con el suelo y está en fase de balanceo cuando no contacta con el suelo (figura 1.1) [8].

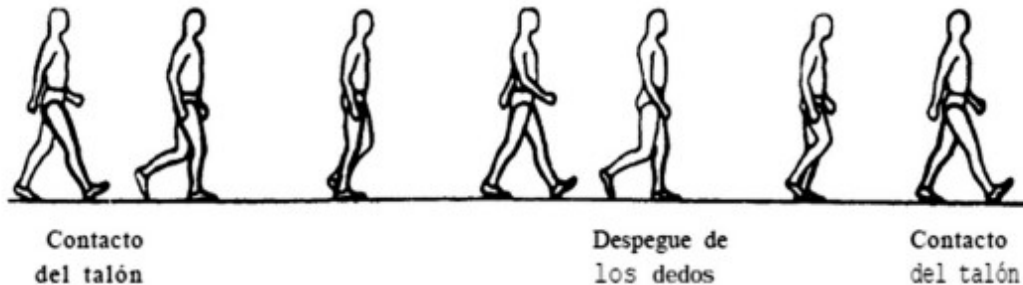


Figura 1.1 Distancia lineal en el plano [8].

La cantidad de tiempo invertida en cada fase del ciclo de la marcha es relativo a la velocidad que se realice la traslación; a una velocidad normal (4.5 km/h) la fase de apoyo comprende alrededor de un 60% del ciclo; la fase de balanceo un 40% del ciclo, de la cual existe un doble apoyo que consiste en un 20% del ciclo. Si la velocidad de la marcha aumenta, existe una mayor intervención de la fase de balanceo, con la disminución de la velocidad, la fase de balanceo se vuelve relativamente más corto, la duración del apoyo doble será relativamente menor cuanto mayor sea la velocidad de la marcha realizada.

1.2.1 Fase de apoyo

Existen cinco momentos que son útiles al subdividir la fase de apoyo: contacto del talón, apoyo plantar, apoyo medio, elevación del talón y despegue del pie (Figura 1.2) [8].

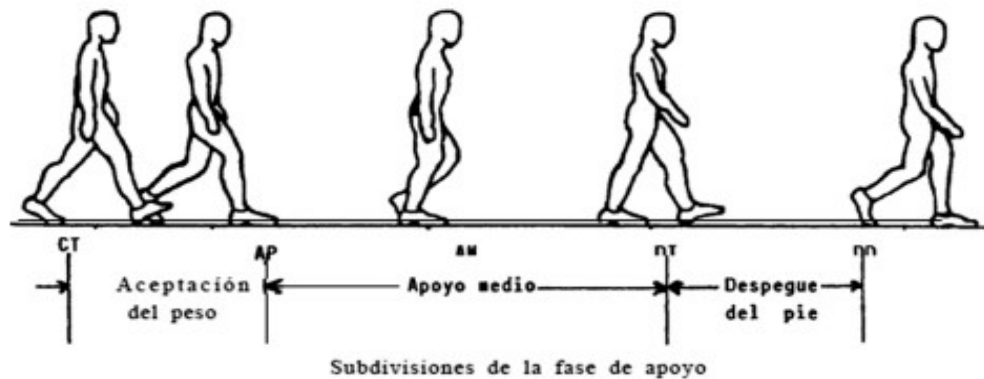


Figura 1.2 Subdivisiones de la fase de apoyo [8].

El contacto talón es el momento en el cual la pierna de referencia tiene contacto con el suelo, el apoyo plantar que se realiza en este movimiento debe existir contacto con la parte anterior del pie con el suelo, el apoyo medio sucede en el instante cuando el trocánter mayor se encuentra alineado verticalmente con el centro del pie, desde el punto de vista de un plano sagital; la elevación del talón ocurre cuando los dedos pierden contacto del suelo, elevándose, culminando la fase de balanceo.

1.2.2 Fase de balanceo

La fase de balanceo se divide en tres intervalos designados con los términos de aceleración, balanceo medio y deceleración (Figura 1.3) [8].

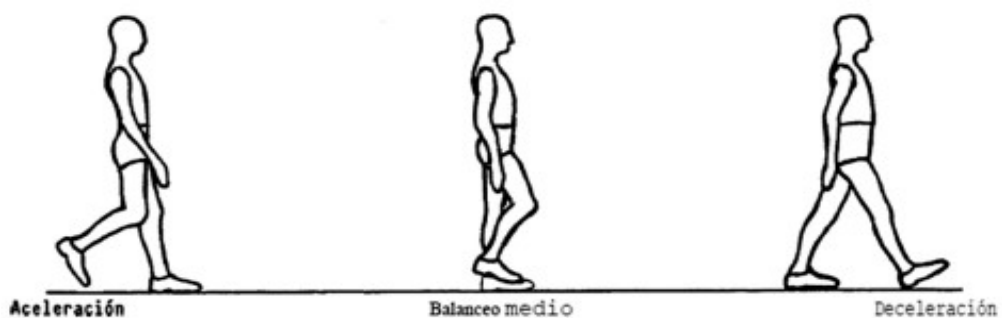


Figura 1.3 Subdivisiones de la fase de balanceo [8].

Cada intervalo de las subdivisiones constituye aproximadamente un tercio de la fase de balanceo, el primer tercio denominado como aceleración se describe debido a la rápida aceleración del extremo de la pierna al instante después de que los dedos dejan de estar en contacto con el suelo. A lo largo del tercio medio de la fase de balanceo, el balanceo medio, la pierna balanceada pasa a la pierna que se encuentra en apoyo, moviéndose hacia el frente de esta. El último tercio distinguido por la desaceleración de la pierna que se desplaza cuando se acerca al concluir el intervalo [8].

1.2.3 Periodos en que se divide la marcha humana

El ciclo de marcha con sus porcentajes de duración sucede exactamente igual para el miembro contralateral, lo que revela, considerando los dos miembros inferiores, la existencia de dos periodos de apoyo bipodal, que se caracterizan por que los dos pies contactan con el suelo: uno está iniciando el contacto de talón mientras que el otro, próximo a la fase de despegue, se apoya por la cabeza del primer metatarsiano y el pulpejo del dedo gordo. Durante un ciclo de marcha suceden dos periodos de apoyo monopodal durante los cuales tan sólo un miembro inferior contacta con el suelo y sobre él recae el peso del cuerpo [6].

Por tanto, los cuatro periodos en que se divide el ciclo de marcha son [6]:

- 1) **Primer periodo de doble apoyo:** Comienza cuando el talón del pie con el cual se inicia la marcha tiene contacto con el suelo, frenando la aceleración del cuerpo hacia delante y concluye con el despegue del suelo del miembro contralateral.
- 2) **Primer apoyo unipodal o periodo portante:** El peso del cuerpo recae en la extremidad tomada como referencia de inicio de la marcha, mientras el miembro contralateral realiza un movimiento oscilatorio.
- 3) **Segundo doble apoyo:** El pie tomado en cuenta como referencia, se apoya solamente

por el antepié en el suelo, al estar en situación posterior causa que el cuerpo se acelere hacia adelante, lo que se conoce como miembro propulsor o miembro activo dinámico.

- 4) **Segundo apoyo unipodal o periodo oscilante:** El pie que en el tiempo anterior solo se apoyaba por el antepié en el suelo, ha despegado e inicia su periodo oscilante.

1.3 Acciones musculares en la marcha humana

La marcha ocasiona consumo energético para realizar los movimientos necesarios se integra movimientos de todas las articulaciones y acciones individualizadas de cada músculo o grupo muscular de la extremidad inferior [9], el gasto energético varía de un sujeto a otro de igual manera existen diversos factores internos y externos tales como; fisionomía del sujeto, enfermedades subyacentes, influencia de sustancias, velocidad de marcha, tipo de terreno sobre el que se camina [10].

Por medio de electromiografía dinámica se ha comprobado que la mayor parte de grupos musculares de la extremidad inferior, generan actividad durante el ciclo de marcha, en especial al principio y final de la fase de apoyo de igual manera al principio y final de la fase de apoyo, a consecuencia de las aceleraciones, desaceleraciones y transferencias de peso que experimenta la extremidad inferior [11].

1.3.1 Contacto inicial del pie con el suelo (doble apoyo)

Al lo largo de esta fase se desacelera el movimiento del miembro, por medio de un control del recorrido articular de rodilla y tobillo (Figura 1.4); la contracción de músculos pretibiales admite el avance continuo, mientras hay una desaceleración en la tibia, la contracción del recto femoral y de los Vastos(medial y lateral) compensa el momento flexor que las fuerzas externas generan en la rodilla, los músculos extensores de la cadera de igual manera alcanzan un pico máximo de actividad energética durante esta fase. El procedimiento de los grupos musculares a nivel de la cadera y la rodilla muestra un patrón semejante (Figura

1.4), la actividad muscular de aductores (Glúteo medio) controla las fuerzas externas y la caída de la hemipelvis (en oscilación), los músculos aductores presentan durante toda la fase de apoyo una actividad energética decreciente como controladores de la actividad del glúteo y asistentes del avance de la pelvis en el plano transverso.

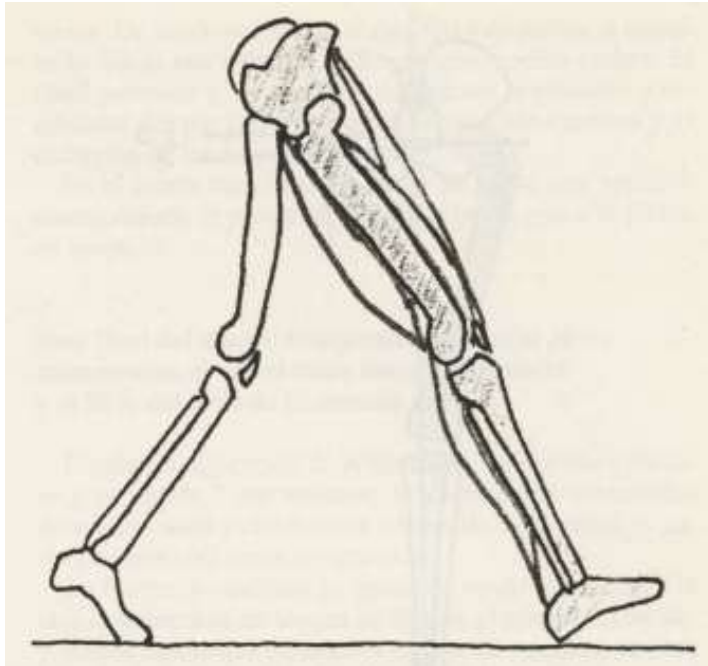


Figura 1.4 Acción del comportamiento anterior y posterior de miembro inferior al inicio de la fase de apoyo [12].

La cadera se sustenta en posición neutra o en leve rotación interna, que se mantiene a lo largo de todo el apoyo y es secundaria a la producida en el pie y la tibia [11]. Los músculos semitendinosos, semimembranoso, pelvi trocantéreos y aductores controlan la posición de cadera y pelvis, en especial el aductor mayor, que logra avanzar la pelvis en sinergia con las fibras ventrales del deltoides glúteo [12].

1.3.2 Fase intermedia del apoyo (inicio de apoyo monopodal)

En esta fase la velocidad se hace mínima, lo cual se consigue con la mayor estabilidad posible y un aporte mínimo de energía. En el plano coronal la pelvis alcanza la altura máxima

(a la par que el centro de gravedad), por lo que se observa a través de electromiografía la actividad máxima de músculos aductores (Figura 1.5) y luego decae progresivamente [12].

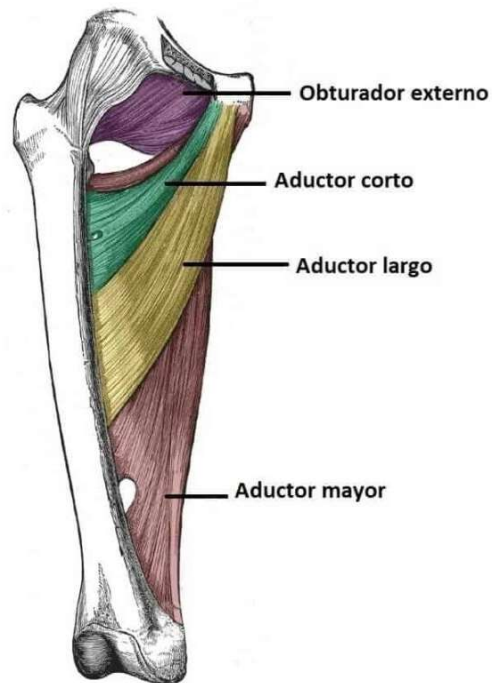


Figura 1.5 Músculos aductores [13].

El tríceps sural modula la dorsiflexión, de la articulación tibioastragalina, la contracción de este grupo muscular permite a la tibia avanzar mientras el tobillo se dorsiflexiona de un modo pasivo, las dos cabezas del gemelo actúan a nivel de rodilla, mientras el sóleo modula y estabiliza la articulación tibioastragalina, rodilla y cadera. La actividad EMG del glúteo mayor (Figura 1.6), isquiotibiales y cuádriceps decae progresivamente, mientras que la del tríceps sural aumenta [12].



Figura 1.6 Glúteo mayor [14].

De una forma similar al descrito, el tensor de la fascia lata controla el movimiento rodilla-cadera. El tibial posterior y peroneos sostienen la posición y estabilidad del pie, mientras se evita la pronosupinación desmesurada y el desmoronamiento de arcos plantares [12].

1.3.3 Fase final de apoyo

La aceleración se hace efectiva por medio de 2 mecanismos; la contracción concéntrica del tríceps sural y el descenso a favor de la gravedad (hacia delante) del centro de gravedad [11]. El músculo genera una cantidad de energía estimada entre el 80-85% del total creado durante el ciclo de la marcha (Figura 1.7). La contracción del tríceps sural eleva el talón del suelo, esto se califica como tercera mecedora o mecedora del talón [12].

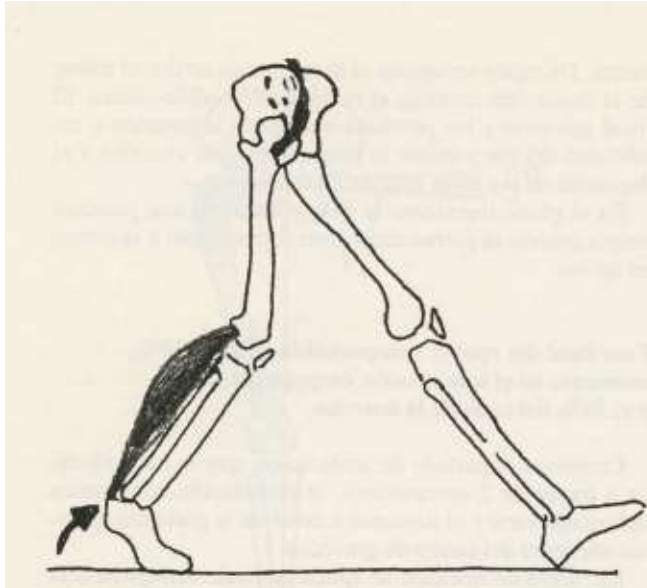


Figura 1.7 Acción de tríceps sural [12].

En la cadera se admira una rotación externa sucesiva que terminara por situar a toda la pierna en situación neutra con relación a la hemipelvis homolateral. En el pie surge un torque de inversión contrarrestado por los músculos eversores y la fascia plantar, haciendo que el centro de presión de mueva por delante de la cabeza de los metatarsianos [11].

1.3.4 Fase de prebalanceo o preoscilación

Esta etapa marca el paso de la fase de apoyo a la fase de oscilación, el peso del cuerpo se traslada al lado contralateral y el pie deja de sostener contacto con el suelo. La actividad de las iliopsoas alcanza un pico máximo, ya que se genera la energía requerida para acelerar la pierna y concretar el movimiento pendular característico del balanceo. El recto femoral determina el rango recorrido articular de la rodilla (Figura 1.8).

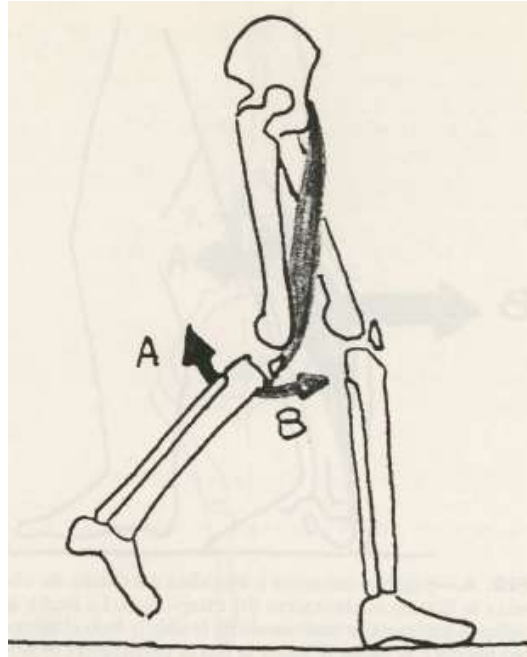


Figura 1.8 Limitación del recorrido articular en la rodilla [12].

El accionar del recto femoral es más primordial en marchas rápidas, ya que el recorrido articular es mayor, durante una marcha suave (de menor cadencia) ocurre lo contrario, no se genera energía suficiente y no se acelera suficientemente la pierna, por lo que en su lugar aumenta la actividad de flexores de rodilla [11]. Los músculos dorsiflexores presentan una casi nula actividad electromiográfica (en especial el tibial anterior), en la actividad global se detectan altos niveles de actividad electromiográfica en músculos dorsales y lumbares a lo largo de todo el ciclo [12].

1.3.5 Fase inicial del balanceo u oscilación

Las fuerzas de inercia y de gravedad que se experimenta condicionan los sucesos del balanceo, para regular las respuestas a la coordinación y permitir el avance equilibrado y efectivo de la pierna, resultan de la adecuada actividad de los músculos biarticulares; recto femoral, isquiotibiales, sartorio y aductor largo, la forma en que trabajan es muy variable ya que son más adaptables que los músculos monoarticulares. Al despegar el pie los músculos

pretibiales ejecutan el segundo arco de flexión, las iliopsoas continúan acelerando la pierna y provoca el movimiento pendular, de tal manera que la flexión de la cadera acompaña una flexión de rodilla [12].

1.3.6 Fase media del balanceo u oscilación

Comprende un periodo de transición entre la aceleración llevada a cabo anteriormente y la desaceleración suficiente durante el final del balanceo. Por ello hay una baja actividad electromiografía, la pierna se comporta como una especie de péndulo en el plano sagital [11].

1.3.7 Fase final de balanceo

La pierna que realizo el movimiento oscilatorio es detenida por los músculos isquiotibiales, vasto lateral, vasto medial y recto femoral, permitiendo contactar de nuevo con el suelo. La rodilla se extiende casi totalmente por el accionar de vastos, el control de isquiotibiales a nivel de rodilla y cadera, frenando y estabilizando la pierna, justo al final del ciclo se observa la actividad de toda la musculatura encargada de absorber el impacto, recto femoral, glúteo mayor, glúteo medio, vastos, tibial anterior y aductor largo [12].

1.4 Análisis de la marcha humana

Los patrones de la marcha humana son caracterizados por diferentes parámetros, de forma simplificada, la marcha suele ser descrita por parámetros espacio – temporales, estos parámetros varían entre diferentes personas e incluso en la misma persona, para caracterizar la marcha humana se debe tener en control factores y condiciones como: terreno, calzado, transporte de carga, edad, peso, fatiga [2].

Para el análisis de la marcha es primordial considerar un protocolo estandarizado que posibilite entender parámetros de interés de manera confiable y eficaz. Cada protocolo vario dependiente del sujeto a evaluar, la configuración del laboratorio, los parámetros que pretenda recoger (tabla 1.2).

Tabla 1.2 Parámetros de la marcha [2].

ESPACIOTEMPORALES	CINEMÁTICOS	CINÉTICOS
Temporales	Valores de ángulos articulares con el paciente de pie (valores de offset para la cinemática)	Gráficas de momentos en las articulaciones (generalmente en el plano sagital)
Tiempo en fase de soporte (ms)	Plano frontal	Gráficas de potencias en las articulaciones
Tiempo en fase de balanceo (ms)	Oblicuidad de la pelvis	
Tiempo de soporte (% del ciclo)	Aducción-abducción de cadera	Fuerza de reacción antero-posterior
Tiempo de balanceo (% del ciclo)	Plano sagital	Fuerza de reacción medio-lateral
Duración del ciclo o zancada (ms)	Basculación de pelvis	Fuerza de reacción vertical
Duración de doble soporte (ms)	Flexo-extensión de cadera	Gráficas del centro de presión antero-posterior
Porcentaje de doble soporte (% ciclo)	Flexo-extensión de rodilla	
Espaciales	Dorsiflexión-plantiflexión de tobillo	
Largo del paso (mm)	Plano transversal	
Longitud del ciclo o zancada (mm)	Rotación pelvis	
Ancho del paso (mm)	Rotación interna-externa de cadera	
Espaciotemporales	Rotación interna-externa de rodilla	
Velocidad (m/s)	Ángulo de progresión del pie	
Velocidad de balanceo (m/s)		
Velocidad media (m/s)		

1.4.1 Videogrametría

La videogrametría es un procedimiento derivado de la fotogrametría la cual se basa en imágenes de algún objeto tomadas desde distintos puntos de vista con el fin de efectuar una reconstrucción tridimensional de él. El método que se usa en dicha técnica usa el método DLT

(transformación lineal directa), que radica en ecuaciones lineales que relacionan la coordenada en la imagen de un punto con su ubicación espacial [15]. El proceso de adquisición mediante videogrametría, consiste en un protocolo que posiciona marcadores en puntos anatómicos, posteriormente el sistema detectará y realizará un análisis de datos obtenidos (figura 1.9), para la colocación de marcadores los protocolos más conocidos son “Newington”, “Gage”, “Davis”, “Helen Hayes”, “Kadaba” o el modelo VCM(Vicon Clinical Manager) [2].



Figura 1.9 Reconocimiento y análisis de marcadores con videogrametría [15].

Este método de medición requiere una etapa previa de calibración de equipo de laboratorio con dos objetivos, la corrección de errores que se pueden producir debido a la ubicación de la cámara (rotación y perspectiva) y la equivalencia del píxel con una unidad métrica [15].

1.4.2 Dinamometría

Se utiliza como método de valoración física o entrenamiento muscular, esta técnica de medición se fundamenta en la tercera ley de Newton [16]. Se obtiene el valor de una fuerza externa ejercida sobre la superficie, toda la fuerza aplicada producirá una señal eléctrica proporcional a la fuerza aplicada, la fuerza aplicada provocará un desplazamiento que será

medido a través de galgas extensométricas, cristales piezoeléctricos, de esta manera se mide cuantitativamente la capacidad muscular, potencia o fatiga muscular [17].

Las plataformas que se utilizan en estudios de dinamometría deben contar con una superficie antideslizante y rígida, para reducir el deslizamiento que experimenta la plataforma que se encuentra sobre sensores (Figura 1.10), .Al momento de ejercer presión con respecto a la superficie de la plataforma se generan cambios en las galgas, como resultado de la medición de cambios se obtienen; la fuerza resultante, el punto de aplicación de fuerza en cada momento de apoyo [16].

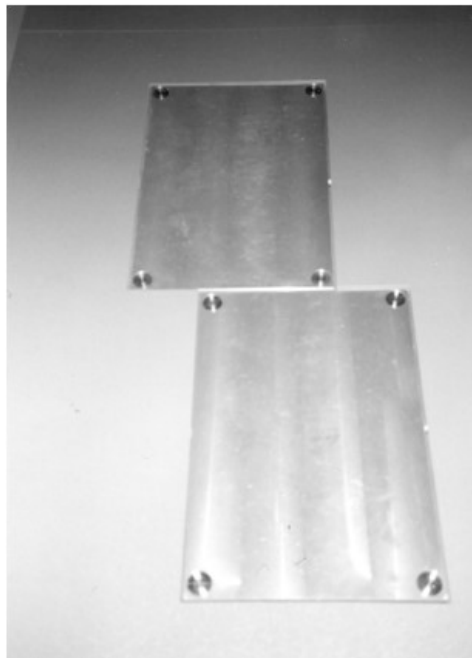


Figura 1.10. Plataformas de acero rígidas montada sobre columnas en las que se encuentran las galgas extensométricas para Dinamometría [16].

La evaluación se la realiza de manera comparativa, se necesitan numerosas repeticiones de movimiento, estableciendo metodología y criterio de estudio, de esta manera se logra realizar un análisis de resultados determinando valores de normalidad o alteración del estudio, esta prueba integra estudios de electromiografía, ya que en el movimiento se observa la

actividad eléctrica del músculo y puede compararse si hay un aumento o disminución en la señal [17].

1.4.3 Electromiografía

La electromiografía se utiliza como método o estrategia para objetivar la medición de la fuerza muscular gracias a que permite la identificación de la activación de uno o varios grupos musculares, es una prueba de evaluación músculo esquelética y del sistema nervioso, diversos profesionales del área de salud y actividad física lo utilizan como herramienta para conocer el grado de respuesta, activación y contracción muscular, la información que aporta, nos permite saber que grupo muscular o músculo interviene en alguna determinada acción [17]. Una señal electromiografica (EMG) se representa de manera gráfica bidimensional de la respuesta muscular o actividad eléctrica a consecuencia de la estimulación nerviosa del músculo [18], regularmente, el registro de la actividad eléctrica de un lugar del cuerpo humano se la realiza a través de un electrodo, el cual esta manufacturado por materiales de alta conductividad eléctrica, que regularmente transfiere corriente eléctrica de un cuerpo al entrar en contacto con el mismo [18]; existen dos métodos para la medición en electromiografía, uno de ellos es superficial (no invasivo) (figura 1.11) y el otro se lo realiza de manera intramuscular (invasivo).

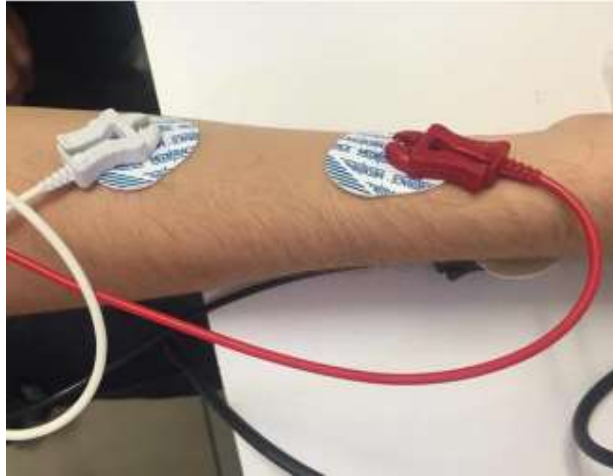


Figura 1.11. Electrodo ECG colocados a 5cm de distancia, para medir contracción de antebrazo, electodos blanco y rojo son activos, electrodo negro de referencia [19].

El principio de la técnica se basa en la contracción de músculos, los cuales emiten descargas eléctricas medibles por el electrodo [19]. El procesamiento de la señal se fundamenta en un análisis en frecuencia o amplitud, esta se vale de técnicas de filtrado, rectificación, suavización, normalización y descomposición [20] (Figura 1.12) [18].

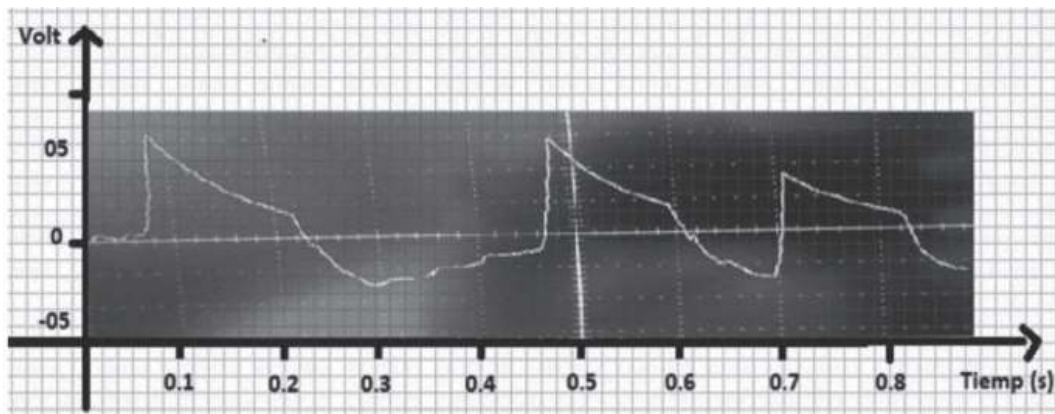


Figura 1.12 Señal filtrada de última etapa [18].

1.4.3.1 Potencia de acción de la unidad motora (PAUM)

La unidad motora (UM) es un sistema compuesto por una única motoneurona, su axón y fibras musculares que inerva (figura 1.13), al ser activada de manera voluntaria genera una potencia de acción de la unidad motora (PAUMs) las cual es el objeto para estudiar con electromiografía, estas son medidas entre las bandas de 50 Hz hasta 500 Hz [21].

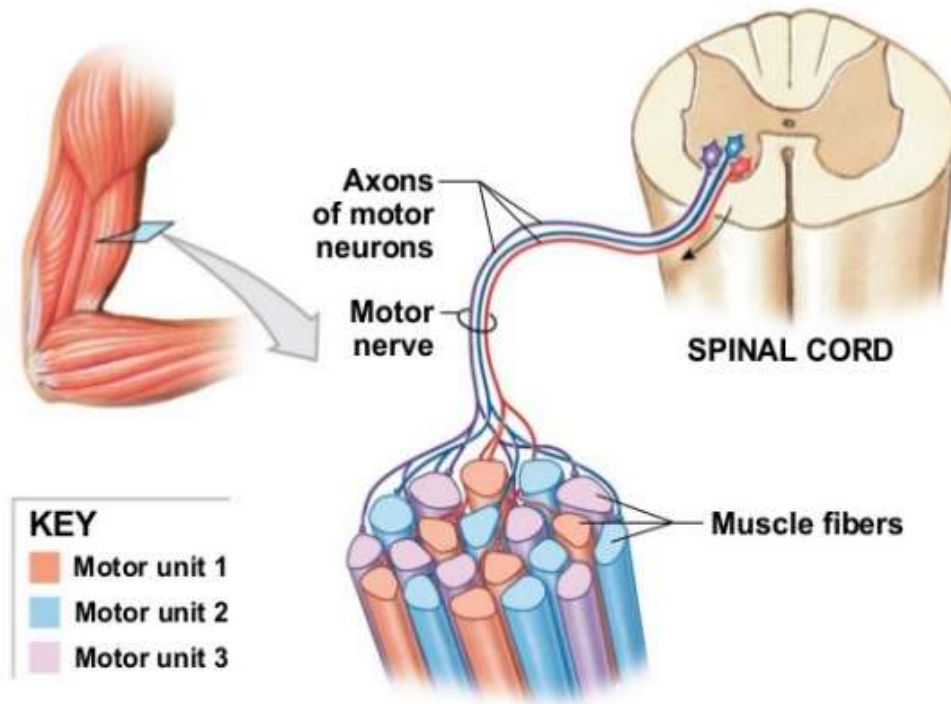


Figura 1.13 Ejemplo de distintas motoneuronas que nacen en la médula espinal e inervan mediante axones las fibras musculares [22].

Para analizar un PAUM se consigue extraer su forma representativa y cuantificar diferentes parámetros como [22]:

- Línea base: Al conseguir la lectura de una señal EMG, otras señales suelen ser registradas, por lo que se logra observar curvas no deseadas. El comienzo en la mayoría de los casos es abrupto [22].
- Duración: Es el trecho desde el punto inicial hasta el final de los potenciales lentos del PAUM, donde se incluye la espiga principal [22].



Figura 1.14 Ejemplo de línea base y duración de un PAUM [22].

- Área: Se calcula integrando la señal rectificada [22].
- Amplitud: Es el tamaño máximo del voltaje pico a pico de la señal, presenta gran variabilidad [22].

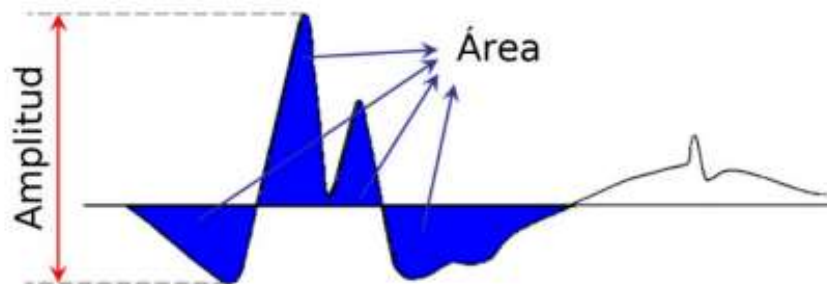


Figura 1.15 Ejemplo de amplitud y área de un PAUM [22].

- Número de fases: Es las ocasiones que el PAUM corta la línea base más uno.
- Número de turns: Los turns son aquellos máximos y mínimos relativos que suceden a lo largo de la duración del PAUM [22].

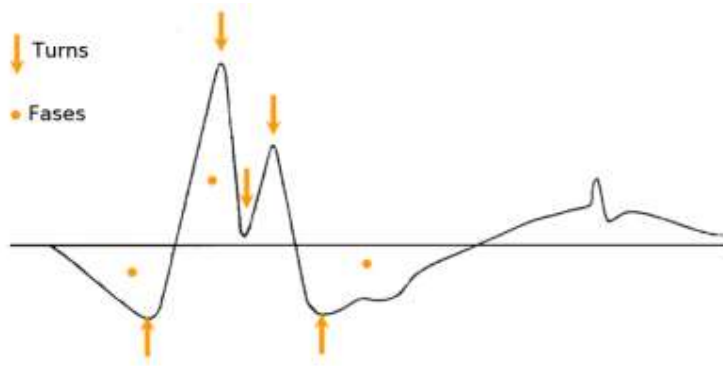


Figura 1.16 Ejemplo de turns y número de fases de un PAUM [22].

- Duración de la espiga: Es el intervalo en medio del primer y el último pico positivo del PAUM. Los Satélites (Figura 1.17) se incluye dentro de la espiga principal, esto se da por la dispersión temporal del potencial de acción de las fibras más cercanas al electrodo, originados por fibras individuales que generan potencial con retraso [22].

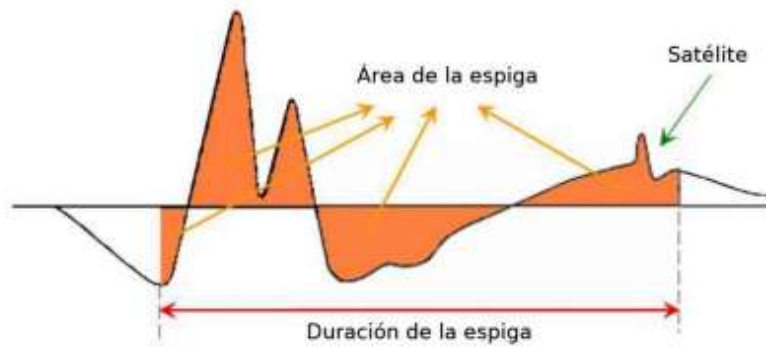


Figura 1.17 Ejemplo de duración de la espiga [22].

2. METODOLOGÍA

La información que se dispone en este capítulo describe el manejo de la tarjeta de adquisición, que opera con hardware libre y software de licencia libre, la cual facilita el entendimiento de función, la tarjeta de adquisición se encuentra programada con lenguaje C++ [23].

El proceso de investigación parte del conocimiento teórico de músculos involucrados en la marcha humana y sus fases, en base de una serie de pruebas para determinar patrones cíclicos en las señales mioeléctricas de los músculos aductor largo, vasto medio, semitendinoso y glúteo mayor que intervienen en movimientos de locomoción de la extremidad inferior. La información obtenida de las pruebas se implementa para el desarrollo de un algoritmo en el lenguaje de programación de Python con la capacidad de caracterizar el inicio y fin de cada ciclo.

El proceso de desarrollo de la interfaz capaz de visualizar el procesamiento realizado es desarrollado con ayuda de herramientas como: QtDesigner, Pycharm, utilizando el lenguaje de programación Python y librerías como: Pyisl, PyQt5, Matplotlib, Sqlite3, numpy.

2.1 Sistema de adquisición

2.1.1 Tarjeta de adquisición de datos

La tarjeta de adquisición usada en el estudio de la marcha es denominada Cyton OpenBCI (Figura 2.1), que fue desarrollada para proyectos de investigación que integren las señales EEG o ECG o EMG, la cual fue realizada con programas de diseño abiertas.

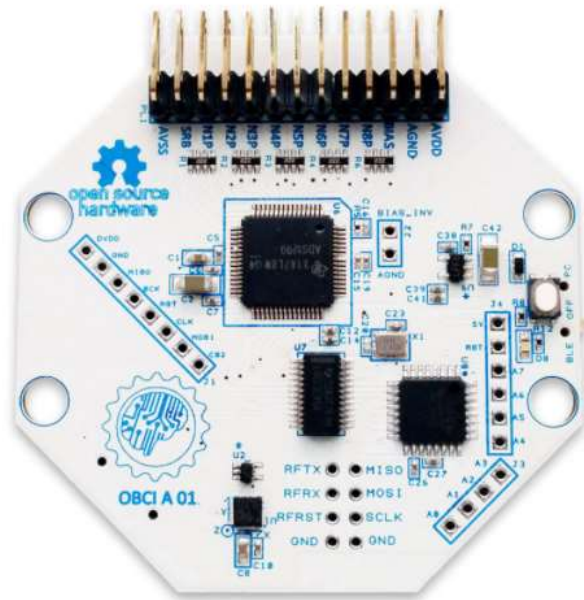


Figura 2.1 Cyton board [23].

La tarjeta de adquisición de señales tiene varios métodos de conexión, como: ser conectada directamente a cualquier ordenador a través de protocolo de comunicación serial, o inalámbricamente a través de un USB dongle (bluetooth) (figura 2.2) el cual se utilizó para minimizar la interferencia por agentes externos al momento de que la persona realice la marcha.



Figura 2.2 Dongle OpenBCI (bluetooth) [23].

2.1.2 Selección de electrodo

Existe una gran variedad de electrodos que son de uso médico: internos que deben ser insertados dentro del cuerpo humano por medio de una aguja que registra desde la unidad motora, y de superficie que se colocan en contacto con la piel [24]. Estos dos tipos de electrodos son los más usados para valoraciones y usos con fines de estimulación terapéutica, para la investigación se requiere electrodos que no sean de naturaleza invasiva, por lo que se procede una preselección de electrodos de superficie. Dentro de los electrodos de superficie existen varias alternativas de medición tales como:

- Electrodo de placa metálicas.
- Electrodos de succión.
- Electrodos flotantes.
- Electrodos secos.
- Electrodos flexibles.
- Electrodos multipunto.

Para la selección de electrodos se comparó los usos para los que están diseñados (EEG, ECG, EMG) (Tabla 2.1), determinando cuales podrían usarse para el fin de la investigación.

Tabla 2.1 Comparación de electrodos según su función.

Función Electrodo	EEG (electrocardiograma)	ECG (electroencefalograma)	EMG (electromiograma)	Viabilidad en la investigación
Electrodo de placa metálicas	si	si	Si	si
Electrodos de succión	si	no	No	no
Electrodos flotantes	si	no	Si	si
Electrodos secos	si	no	Si	si
Electrodos flexibles	si	no	Si	si
Electrodos multipunto	si	no	No	no

Para la selección de electrodos, se procedió a comparar (tabla 2.2) criterios como:

- Disponibilidad: Los electrodos deben conseguirse en el mercado local, asegurando que la adquisición de instrumentación no se complique por falta de material.
- Sujeción: El electrodo debe contar con una buena sujeción para el análisis en marcha, evitando el desprendimiento del electrodo o realizando mal las lecturas debido a la interferencia que una mala sujeción provocaría.
- Precisión: Las lecturas que realiza el electrodo deben ser precisas del punto que se quiere evaluar, por lo que la placa debe ser más compacta para realizar lecturas más específicas [24].
- Comodidad: la medición se realizará durante la locomoción que realizan los músculos involucrados, por lo que se busca que el electrodo sea cómodo para reducir variables externas que afecten la medición.

Tabla 2.2 Comparación de criterios de selección.

Criterio	Disponibilidad	Comodidad	Sujeción	Precisión	$\Sigma+1$	Ponderación
Disponibilidad		0	0	0	1	0,1
Comodidad	1		0	0	2	0,2
Sujeción	1	1		0,5	3,5	0,35
Precisión	1	1	0,5		3,5	0,35
				Suma	10	1

La comparación con criterios de selección se realizó entre los electrodos que se recomienda en el uso en uso de medición EMG, la valoración se la realizó en base a la eficiencia con respecto a criterios, siendo 5 muy eficiente y 1 nada eficiente (tabla 2.3).

Tabla 2.3 Comparación de alternativas.

Electrodo \ Criterio	Disponibilidad		Comodidad		Sujeción		Precisión		Total				
	Peso	Total	Peso	Total	Peso	Total	Peso	Total	Peso	Total			
De placa metálica	5	10%	0,5	5	20%	1	5	35%	1,75	4	0,35	1,4	4,65
Flotantes	1	10%	0,1	3	20%	0,6	2	35%	0,7	3	0,35	1,05	2,55
Secos	2	10%	0,2	4	20%	0,8	1	35%	0,35	4	0,35	1,4	2,75
Flexibles	2	10%	0,2	2	20%	0,4	4	35%	1,4	3	0,35	1,05	3,05

El resultado de la matriz de priorización aclara que el electrodo de placa metálica es la alternativa más fiable en base a criterios para la medición de las señales EMG.

Para la selección final se comparó entre dos modelos que se encuentran en el mercado local (tabla 2.4), ConMed y Safe Medic (figura 2.3), Los electrodos de placa metálica consisten en un botón metálico de contacto manufacturado de plata – cloruro de plata, para el contacto y posicionamiento en la piel estos cuentan con un recubrimiento de gel conductor [25].

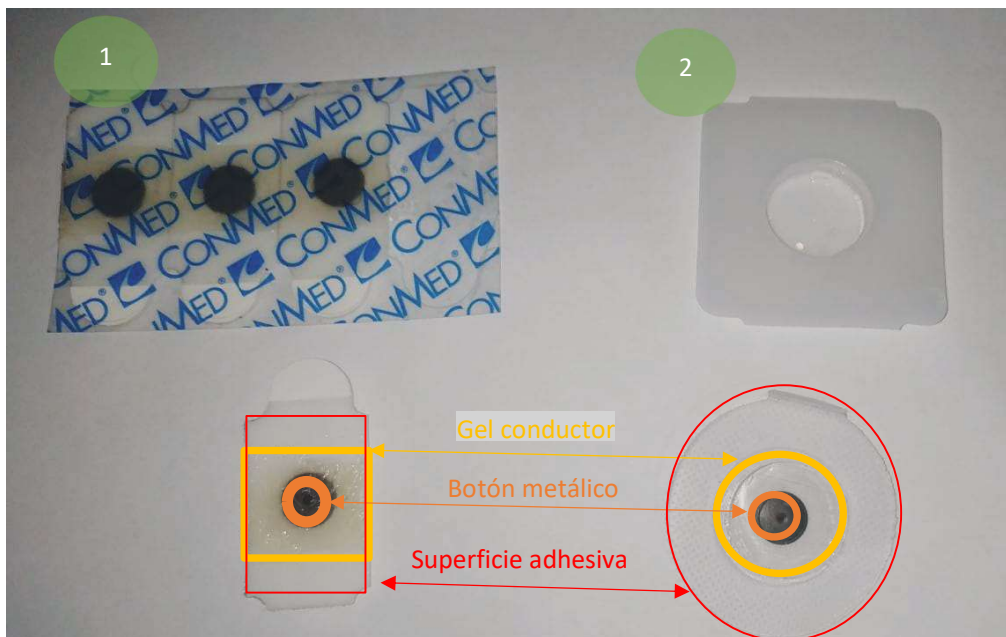


Figura 2.3 Electrodo monopolar (1) ConMed y (2) Safe Medic.

La comparación se realizó con una investigación cuantitativa, al final se realizaron pruebas en marcha con el modelo de la marca “ConMed” (figura 2.4), para determinar la usabilidad que ofrece este modelo de electrodo.



Figura 2.4 Prueba en marcha con electrodos marca ConMed.

La prueba demostró que su uso se ve limitado por la baja superficie de contacto que tiene con la piel, por lo que en uso pierde sujeción de manera rápida. De igual manera se procedió a realizar pruebas en marcha con el modelo de la marca “Safe Medic” (Figura 2.5).



Figura 2.5 Prueba en marcha con electrodos marca Safe Medic.

Concluida las pruebas con el segundo modelo de electrodos se logró apreciar que las lecturas electromiográficas, eran similares con respecto a la medición que realizo a la marcha con el modelo anterior, se deduce que la precisión de evaluación es similar y no sería determinante al momento de comparar marcas.

Para la selección final se compara (tabla 2.4) los datos obtenidos en las pruebas para determinar la mejor opción para trabajar en a lo largo de la investigación.

Tabla 2.4 Comparación entre electrodos del mercado local

Aspectos para comparar	ConMed	Safe Medic
Tamaño de la placa	0,5 mm	0,35 mm
Método de sujeción (área de agarre)	banda de 4x2 cm (8 cm ²)	parche de 4.5ø (15,9 cm ²)
Número de usos	1	1
Tiempo de uso (tiempo antes de perder agarre)	t < 5 min	t > 30 min

Finalmente, se elige el electrodo de la marca “Safe Medic” debido a la mayor garantía que ofrece en uso.

2.1.3 Metodología para lectura de señales

Las señales electromiográficas que son tomadas a través de electrodos por la tarjeta de adquisición (Cyton) no se muestran tal como son adquiridas, estas cuentan con un acondicionamiento, mediante filtros que mitigan las bandas que no aportan información crucial para el análisis [26]. Estos filtros son manipulados de manera digital, este caso se requiere medir el nivel de la contracción muscular, por tanto, se utilizan los filtros:

- Filtro de Notch (respuesta invariante de impulso).
- Filtro pasa-bandas.
- Filtro pasa bajos.

Para medir el nivel de inervación del músculo se requieren parámetros temporales, frecuenciales, el uso de la raíz media cuadrática detecta y mide niveles de contracción del músculo, acorde con el estimado de energía, referida con la amplitud en ciertos intervalos de tiempo [27].

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

Ecuación 1. Raíz Media Cuadrática

Donde: N es el número resultado de muestras, i el número de muestra y X el valor EMG.

2.1.4 Herramientas OpenBCI (Cyton)

La GUI de OpenBCI (Figura 2.6) es una poderosa herramienta de software para visualizar, grabar y transmitir datos desde las placas OpenBCI. Los datos se muestran en tiempo real, reproducir, guardar en su computadora en formato .txt, así como transmitir en tiempo real a software de terceros [28].

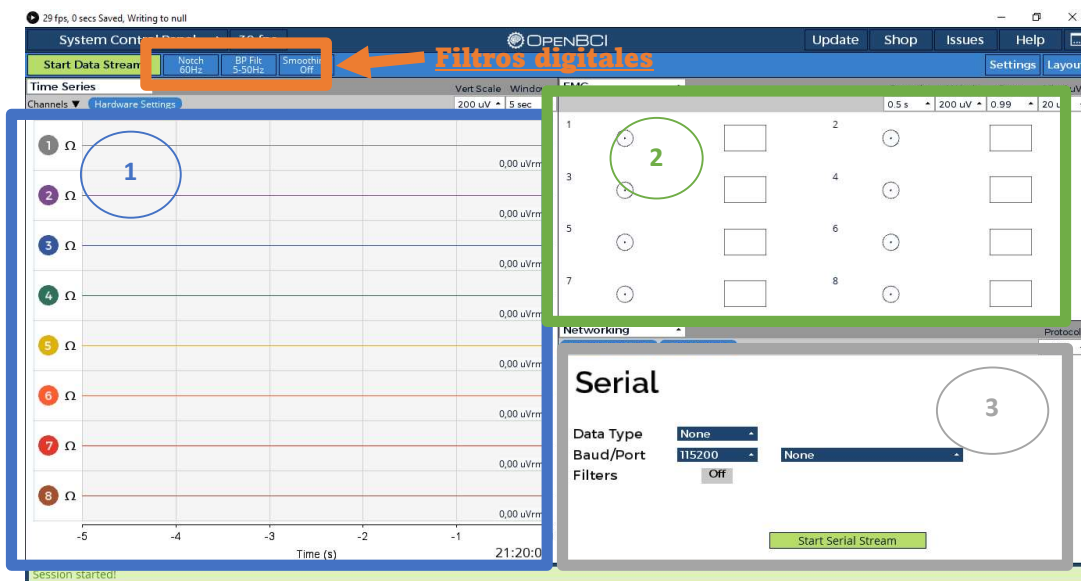


Figura 2.6 Widgets de GUI de OpenBCI, visualización (1), herramienta de caracterización EMG (2), protocolos de comunicación para programas de terceros (3).

Para utilizar la tarjeta de adquisición de manera inalámbrica, se requiere la instalación de controladores para dispositivos FTDI, en específico el D2XX [28]. Una vez ya instalado el controlador es posible abrir la interfaz y realizar la conexión por primera vez con el dispositivo bluetooth. Los pasos para la conexión se describen (figura 2.7):

- 1- Elección de modelo de tarjeta de adquisición.
- 2- Elegir el protocolo de comunicación con el que se va a trabajar entre la tarjeta de adquisición y la computadora.

3- Selección de puerto donde está conectado (También cuenta con opción de conexión automática).

4- Comenzar sesión de transmisión de datos.

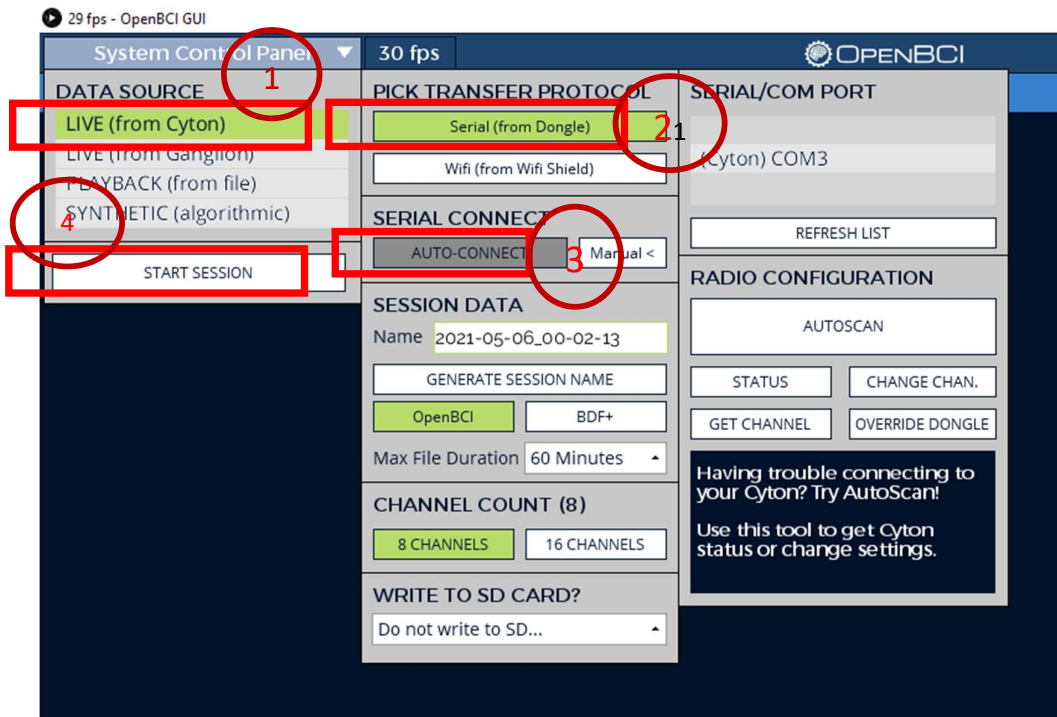


Figura 2.7 Conexión a tarjeta Cyton.

La GUI tiene varios widgets, estos tienen una gran cantidad de herramientas, se encuentran en un menú desplegable en la esquina superior derecha de cada widget (figura 2.8), al desplegar el menú se observa varias opciones para trabajar como [23]:

- Time Series: Widget principal para mostrar datos bioeléctricos medidos [23].
- FFT Plot: Una función que permite visualizar datos bioeléctricos de manera estándar [23].
- Accelerometer: Todas las tarjetas de OpenBCI incluyen un acelerómetro, que mide las aceleraciones en tres ejes XYZ [23].

- Head Plot: Muestra las regiones de la cabeza que experimentan mayor actividad, se sugiere el uso de Ultracortex Mark IV, sin embargo, existen maneras de experimentar con diferentes configuraciones [23].
- Spectrogram Widget: Contiene una pantalla de espectrograma dual que posibilita a los usuarios ver cambios en los datos de FFT a lo largo del tiempo [23].
- Band Power: Muestra los voltajes relativos de las diversas categorías de ondas cerebrales [23].
- EMG: Muestra la flexión actual de un músculo, se representa como un decimal entre 0 y 1, si el músculo no presenta estimulación se representa como un 0 y en la flexión se representa como un 1 [23].
- Networking: Permite la transmisión de datos a otras aplicaciones, cuenta con protocolos como: serial, UDP, OSC y LSL [23].

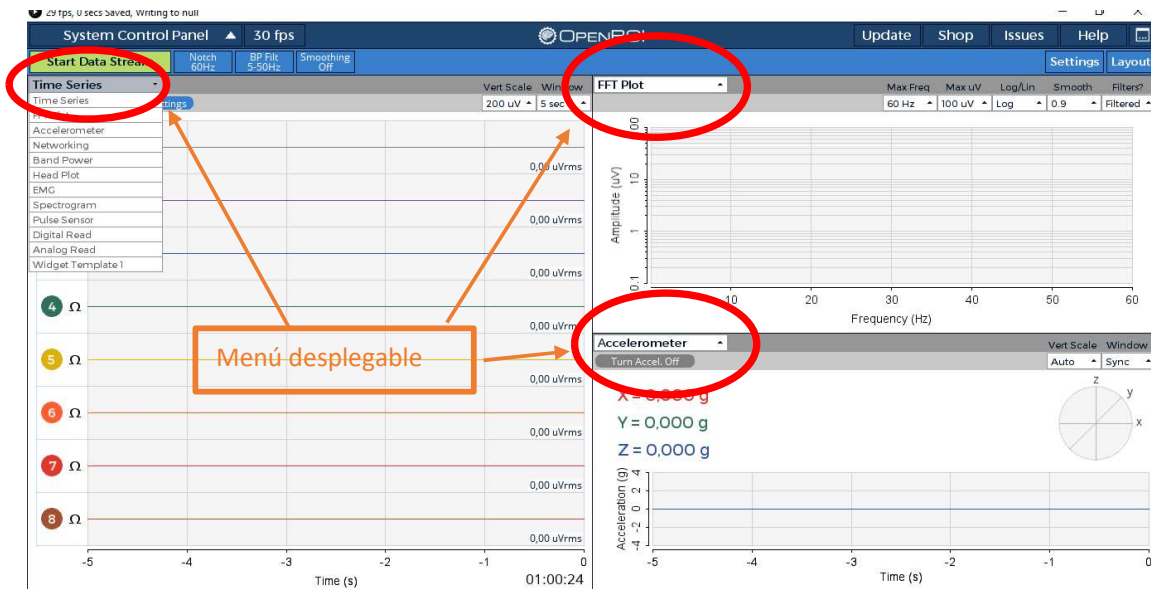


Figura 2.8 Menú desplegable para selección de diferente widget de GUI OpenBCI.

En el proceso de investigación se utilizan tres herramientas, el widget "EMG", el widget de "Time Series" y la herramienta de Networking los cuales se escogen en el menú desplegable señalados.

2.1.5 Metodología para transmisión de datos en tiempo real.

Se elije el tipo de dato que se va a transmitir y el protocolo para realizar un análisis de la señal que se encuentre leyendo la tarjeta de adquisición.

Se procede a transmitir los datos de la herramienta EMG, debido a que esta herramienta simplifica la complejidad al momento de realizar el procesamiento de las señales, esta trabaja con valores de 0 a 1, siendo 0 la falta de actividad medida y 1 una alta actividad medida, esta herramienta establece un umbral y un rango, para esta aplicación se estableció un rango máximo de 400 μV (figura 2.9), generalmente en este caso la medición EMG no llega a sobre pasar esos valores de medición en el músculo cuando se encuentra en su máxima contracción, el umbral inferior se desliza constantemente hacia arriba para crear un rango de flexión superior/inferior, estos se alejan con la relación $\Delta\mu\text{V}$, esto asegura la medición sin importar que las señales sobrepasen el máximo establecido, con la condición de que el cambio no sea demasiado grande como para influir en la flexión medida, resultando en pérdidas de datos.

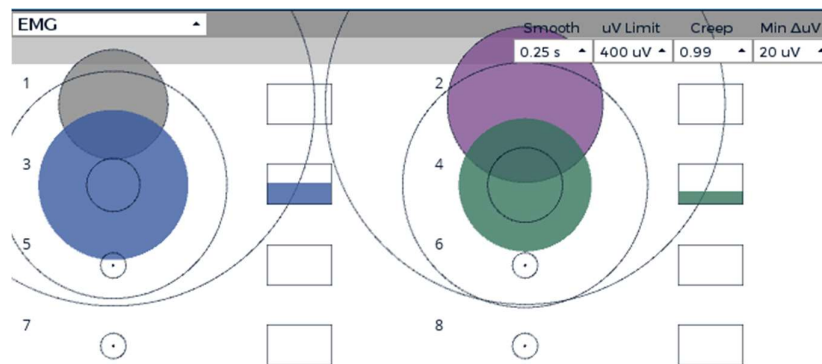


Figura 2.9. Widget EMG midiendo la activación de los músculos que intervienen en la marcha humana

Una vez definido los datos con los que se va a realizar el procesamiento, se procede a realizar una selección entre los protocolos que cuenta para brindar datos mientras se mide la actividad muscular.

El widget Networking (redes), permite la transmisión de datos que se encuentra recopilando la tarjeta de adquisición hacia otros programas, esta herramienta cuenta con los siguientes protocolos [29]:

- Serial: Tiene la capacidad de transmitir un tipo de dato, los datos son enviados secuencialmente, destinado para realizar aplicaciones con microcontroladores que cuentan con este tipo de comunicación [29].
- UDP (User Datagram Protocol): Se utiliza principalmente para establecer conexiones de baja latencia y tolerancia a pérdidas entre aplicaciones en Internet [29].
- LSL (Lab Streaming Layer): Es un sistema para sincronizar datos de transmisión para análisis o grabación en vivo. Se la utiliza para que aplicaciones facilitando el registro y manipulación de los datos, por ejemplo: Matlab [29].
- OSC (Open Sound Control): es un protocolo para conectar en red sintetizadores de sonido, computadoras y otros dispositivos multimedia con fines tales como interpretación musical o control de espectáculos [29].

Cada protocolo presenta el tipo de datos de manera diferente, debido al tipo de transmisión que es intrínseco del protocolo (Anexo 1) [29].

Para la transmisión de datos se optó por trabajar con el protocolo lab streaming layer (LSL) debido a su capacidad de sincronización, registro de datos en tiempo casi real y su adaptabilidad a programas de terceros [30]. Para la transmisión de datos de la herramienta EMG (figura 2.10), en la opción del primer "stream", se elige la opción "EMG" en Data Type (tipo de datos), el filtro para esta aplicación está en la posición "off" (no se utiliza filtros adicionales)

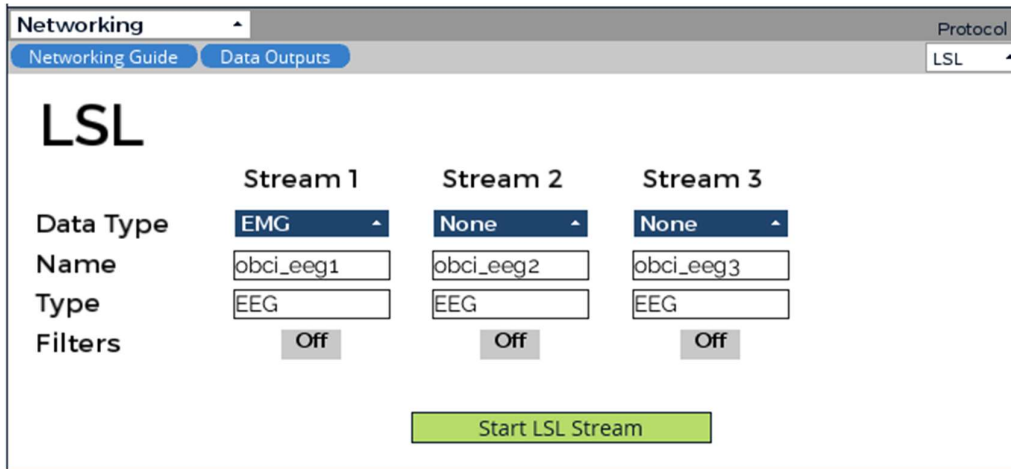


Figura 2.10. Widget Networking (interfaz para comunicación LSL), en “Stream 1” transmisión de datos EMG

2.2 Procesamiento EMG

2.2.1 Metodología para adquisición EMG

La tarjeta de adquisición de biocensado (Cyton), es utilizado como “EVALUADOR MIOELÉCTRICO MULTICANAL PARA PERSONAS CON AMPUTACIÓN TRANSTIBIAL” [26] por lo que se encuentra adaptado con una batería, dentro de una carcasa impresa para evitar caídas y la manipulación de terceros (Figura 3.1) [26].



Figura 2.11 Partes de evaluador mioeléctrico multicanal: (1) bluetooth para conexión con ordenador y (2) tarjeta de adquisición de datos.

El firmware con el que opera la tarjeta no fue modificado, esta sigue operando como es adquirida de manera tal que la utilización en este estudio no interfiere en su otra aplicación.

2.2.1.1 Protocolo de ubicación de electrodos

En el análisis de la marcha requiere conocer la región donde debe ser medida la actividad muscular, con el fin de analizar y determinar la manera de realizar el procesamiento para determinar el comienzo y fin de la marcha.

La metodología para medir con electrodos se describe de la siguiente manera “Dos electrodos para cada grupo muscular del que está transmitiendo datos. Un electrodo referencia universal. Los pares de electrodos para cada grupo muscular servirán como terminales positivos y negativos a través de los cuales se detecta una diferencia potencial” [29].

Los músculos para evaluar fueron elegidos debido a la intervención que realizan en la marcha humana, tanto como en la fase de apoyo y balanceo, se tomaron en cuenta los siguientes músculos que intervienen en el movimiento de cadera – rodilla:

- Glúteo mayor: presenta gran actividad al inicio del ciclo de la marcha en la fase de apoyo bipodal y al final de la fase de balanceo, rotando el miembro en la articulación de cadera y brindando equilibrio en la marcha. La ubicación para electrodos (Figura 2.11) se la describe de la siguiente manera: dos electrodos separados entre sí unos 5 centímetros y por debajo del origen del músculo en línea glútea, el otro par de electrodos sobre la masa glútea anterior a la inserción en cintilla iliotibial [31].



Figura 2.12 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (circulo azul) para medición EMG en glúteo mayor [32].

- Semitendinoso: registra gran actividad al inicio del ciclo de la marcha en la fase de apoyo bipodal y en la fase media de balanceo, rotando el miembro en la articulación de rodilla y brindando equilibrio en la marcha. La ubicación de electrodos EMG (Figura 2.13) se describe como los electrodos proximales se ubicarán por debajo de la línea glútea a 3 cm de separación y se insertan en el vientre muscular a nivel de la porción media del fémur cara posterointerna [31].

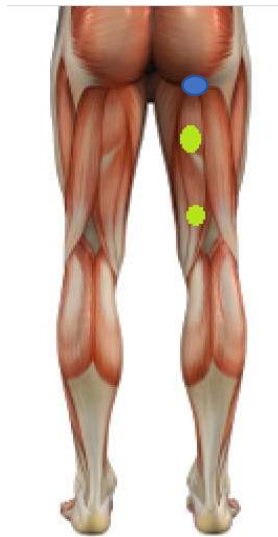


Figura 2.13 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (circulo azul) para medición EMG en semitendinoso [32].

- **Aductor largo:** Alta actividad en la fase de apoyo medio (apoyo monopodal), interviene en la flexión de cadera y rodilla. La ubicación de electrodos EMG (figura 2.14) se determina en el origen del aductor en la cara medial del muslo a nivel de la ingle los distales en la cara medial interna del fémur [31].



Figura 2.14 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (círculo azul) para medición EMG en aductores [32].

- **Vasto medio:** Genera gran actividad al inicio de la marcha y esta va descendiendo progresivamente hasta casi no generar actividad al final de la fase de balanceo. Los electrodos proximales (figura 2.15) se colocarán más laterales buscando la proximidad en la colocación al origen de los vastos y los distales en la masa del cuádriceps más próximo a la inserción de los vastos, más lateralizados [31].



Figura 2.15 Posición de electrodos activos (círculos amarillos) y de referencia (círculo azul) para medición EMG en Vasto Medio [32].

2.2.2 Metodología de procesamiento EMG

El método de evaluación electromiográfica se realizó bajo los siguientes parámetros y recomendaciones para obtener señales que garanticen un registro de señales adecuado para el estudio; la persona debe haber alcanzado la mayoría de edad para tener señales características de una caminata de una persona madura de entre 16 a 60 años, evitando variaciones en las señales por balanceos debido a la estabilidad de marcha, el sujeto de prueba debe realizar la caminata sin ningún tipo de calzado; el terreno de marcha debe ser una superficie lisa y sin pendiente [33] . De tal manera que las pruebas fueron realizadas con el protocolo de “evaluación de sistemas para medición de parámetros de tiempo de la marcha humana” [34]. Las pruebas fueron realizadas con un sujeto de 25 años, sin ninguna patología adyacente, sobre una cinta caminadora a una velocidad de 2 km/h.

En la evaluación hecha se realizó un análisis de las lecturas obtenidas y observar un comportamiento cíclico, de los músculos aductor largo, vasto medio, semitendinoso y glúteo mayor, que interviene en el proceso de la marcha (figura 2.15), para determinar el estado de un músculo se analiza una muestra que incluya un número mínimo de 20 PAUM (cada PAUM dura entre 8 y 14 ms) [3]. La herramienta de EMG que brinda la GUI de OpenBCI realiza los

criterios de evaluación, arrojando el estado del musculo evaluado cada 120 ms (velocidad de muestreo de la herramienta).

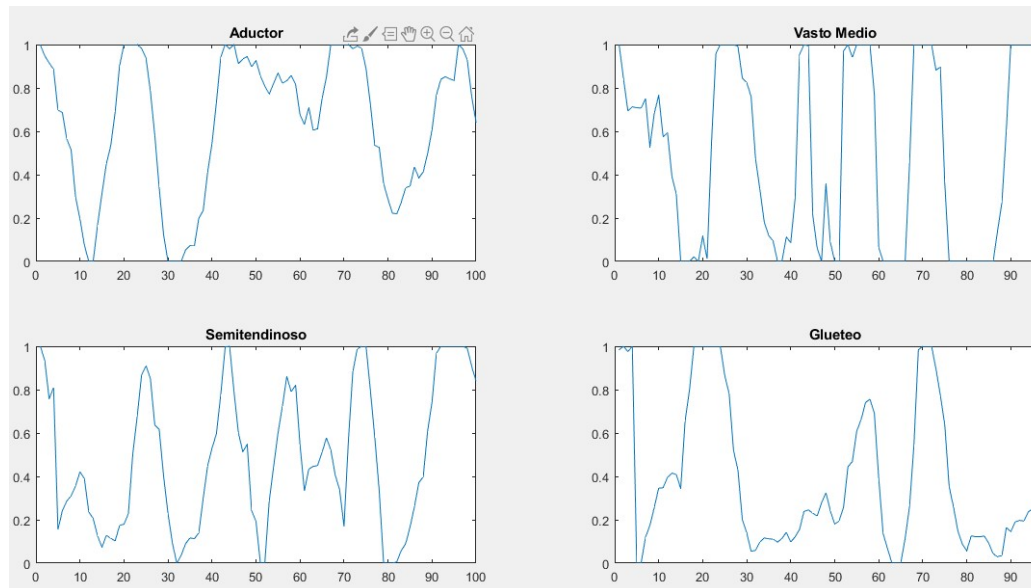


Figura 2.16 Evaluación EMG de los músculos; aductor largo, vasto medio, semitendinoso y glúteo mayor en el proceso de marcha.

2.3 Metodología para el diseño de interfaz de visualización

La interfaz gráfica que permite al usuario visualizar las señales EMG adquiridas y el procesamiento fue desarrollada en QtDesigner (Figura 2.17) en el cual se pretende representar las señales adquiridas, mostrando el procesamiento realizado a las señales biológicas determinando el inicio y fin de cada ciclo de marcha.

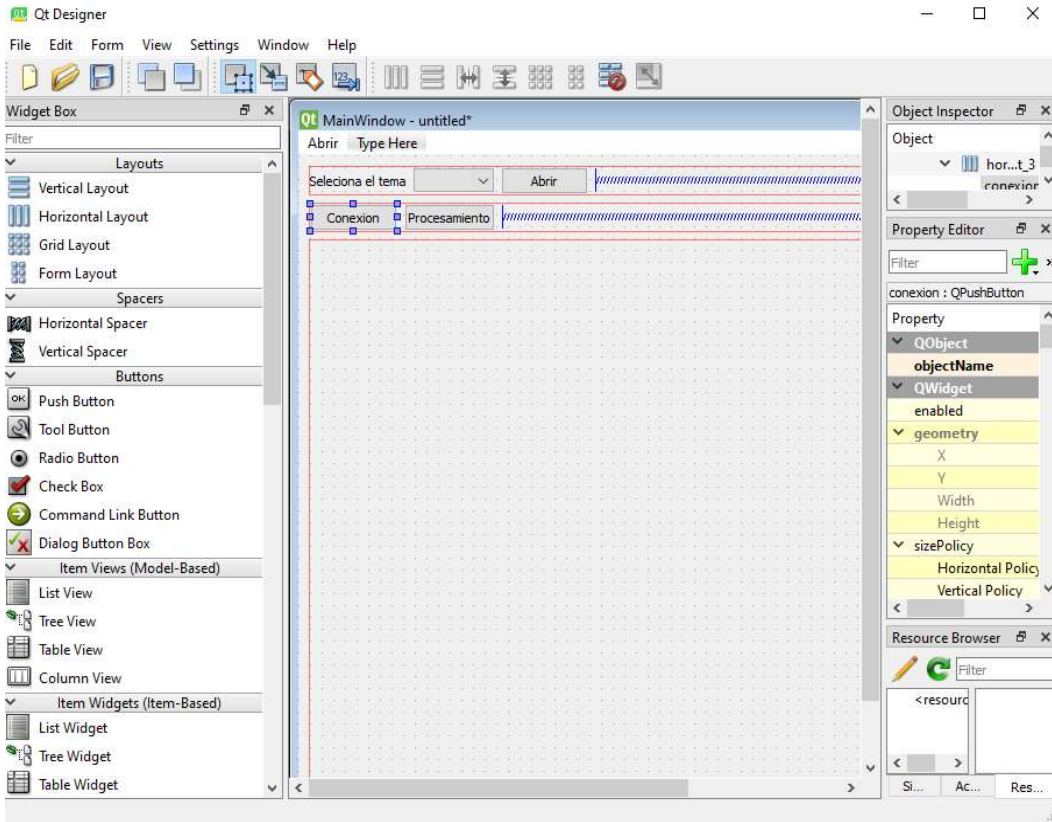


Figura 2.17 Creación de plantilla en QtDesigner, prediseño de interfaz de visualización de datos.

El interfaz debe satisfacer la necesidad de poder visualizar el procesamiento que se da a las señales, mostrando la información necesaria para el entendimiento del proceso de marcha del ser humana, para la implementación se tomaron en cuenta aspectos para un manejo amigable.

3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE PROCESAMIENTO EMG DURANTE LA MARCHA HUMANA

El desarrollo del programa para el procesamiento de señales EMG y su interfaz están diseñadas para ser usados en conjunto con la GUI de Open BCI, la programación fue desenvuelta con el lenguaje de programación denominado Python, las pruebas fueron realizadas bajo las condiciones descritas en la sección 2.2.2.

3.1 Implementación del sistema de procesamiento de señales

La tarjeta de adquisición de señales Cyton, es desarrollada para proyectos de investigación en el área de bioingeniería, por lo que el manejo es óptimo para realizar estudios.

El proyecto fue realizado para trabajar con la transmisión de datos de la GUI de Open BCI en tiempo real que ofrece la comunicación LSL y un programa desarrollado en Python, el proyecto fue desarrollado en Python 3.7, la librería “pylsl” se encarga de la comunicación con la GUI, a través de la comunicación LSL, para que esta opere sin problemas se debe contar con unos prerequisites de librerías adicionales, las cuales son:

- pylsl (versión 1.10.5 o mayor).
- pyserial (versión 3.1.1 o mayor).
- numpy (versión 1.11.1 o mayor).
- pyqtgraph (versión 0.9.10 o mayor) (necesario para la funcionalidad de la GUI).
- scipy (versión 0.17.1 o mayor) (necesario para la funcionalidad de la GUI).

La instalación de estas librerías se las realiza a través de Python con el comando - pip install “nombre de la librería a instalar”.

3.1.1 Desarrollo del software

El algoritmo utilizado en el procesamiento fue desarrollado a base de varias pruebas, para determinar el punto en el cual un musculo entra en una actividad alta, media y baja, necesarios para realizar el algoritmo (figura 3.1) de procesamiento de las señales EMG.

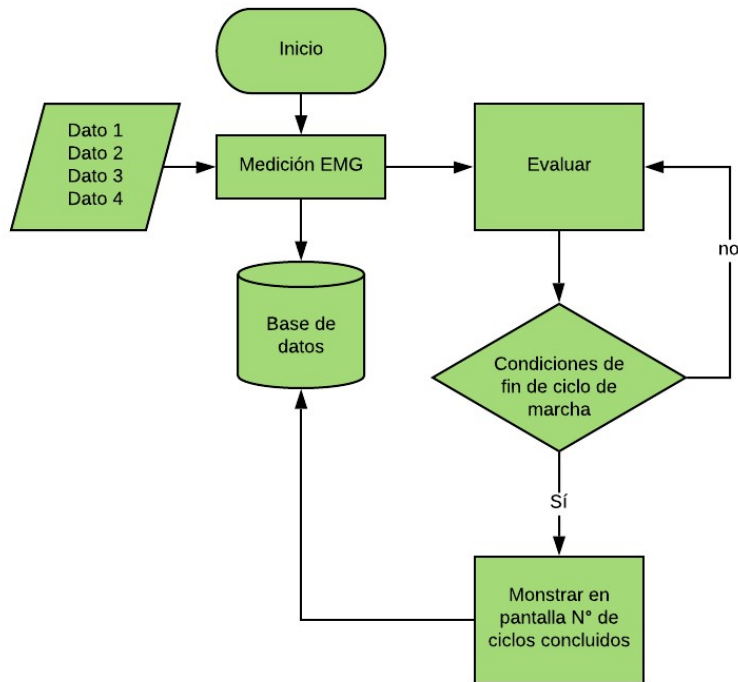


Figura 3.1 Flujograma de procesamiento y almacenamiento de datos

Una vez determinado el método para caracterizar el inicio y fin de la marcha, se realizaron pruebas, con el fin de comenzar las pruebas se realiza en primer lugar la limpieza de la piel con alcohol y gasas en las zonas donde se posicionan los electrodos para la medición EMG (figura 3.2).

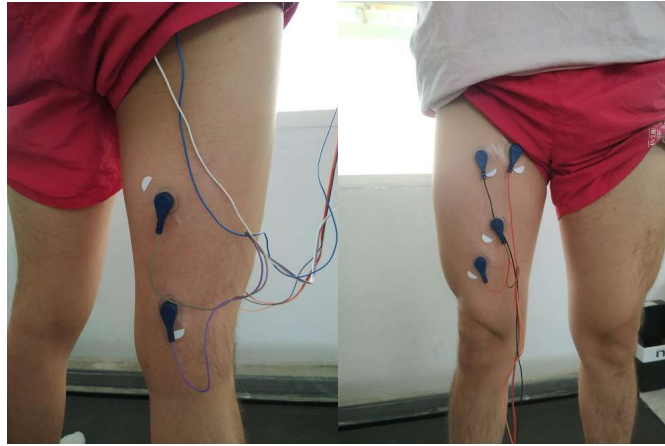


Figura 3.2 Electrodo EMG en músculos; semitendinoso, glúteo mayor, vasto medio y aductor largo.

Las condiciones de laboratorio que se siguieron para las pruebas (Figura 3.3) fueron las siguientes: cinta caminadora a una velocidad de 2 km/h, superficie plana y sin inclinación, pruebas sin ningún tipo de calzado, siguiendo el protocolo de evaluación de sistemas de medición de parámetros de tiempo de la marcha humana [34].

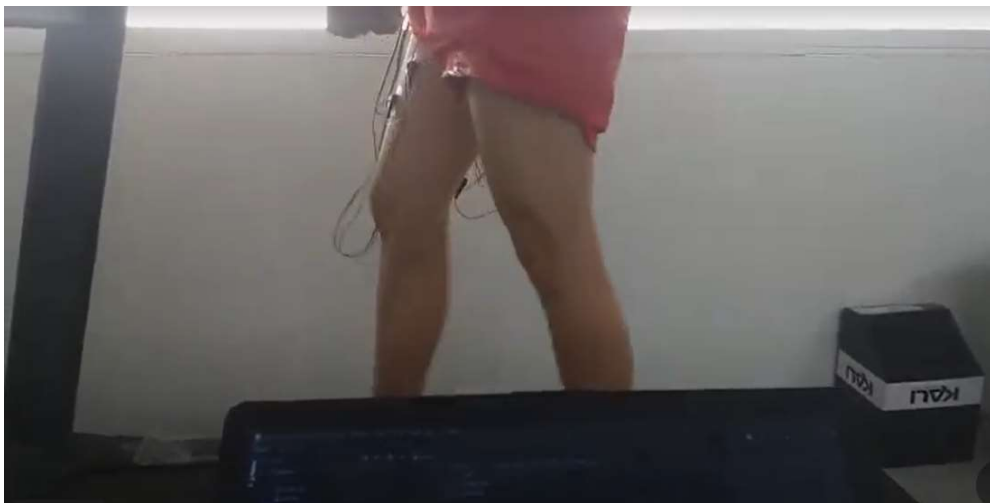


Figura 3.3 Caminata bajo protocolo de evaluación de medición de parámetros de tiempo de la marcha humana.

De las pruebas realizadas se desglosa a la actividad muscular de las señales evaluadas de la siguiente manera:

- Aductor largo: el músculo presenta gran actividad al principio y durante la mayoría del proceso de marcha (figura 3.4), esta generalmente decrece en la oscilación antes del nuevo apoyo.

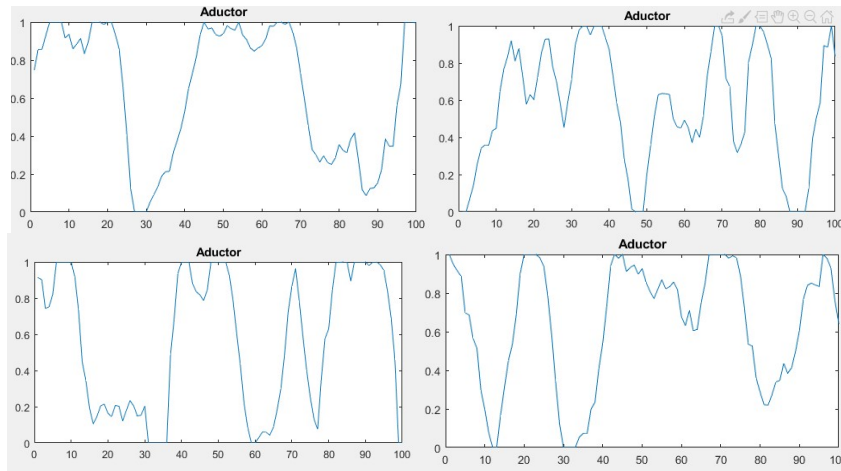


Figura 3.4. Estado de activación de músculo aductor durante la marcha medido con electrodos de superficie en pruebas EMG.

- Vasto Medio: este musculo tiene una alta actividad al principio del ciclo de la marcha y durante todo el ciclo de apoyo, la actividad presenta una disminución en la fase de oscilación hasta tener una actividad nula, el momento antes de realizar el apoyo nuevamente la actividad muscular que realiza el vasto se eleva de manera abrupta (figura 3.5).

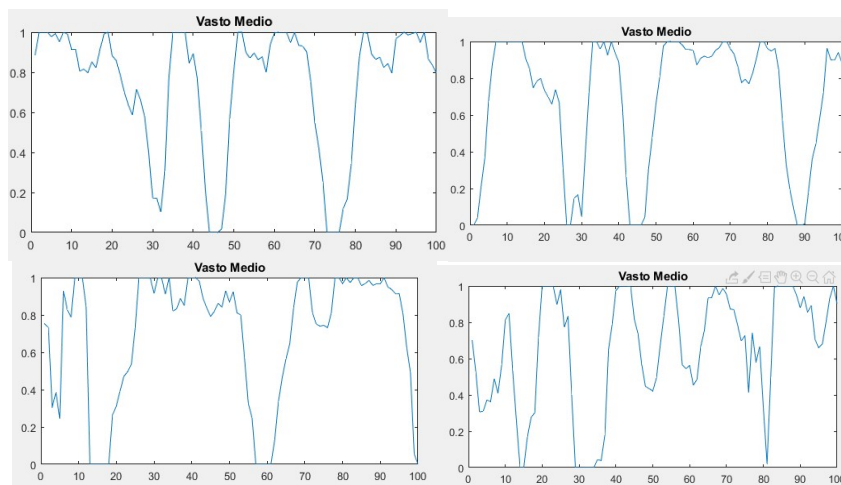


Figura 3.5 Estado de activación del músculo vasto medio durante la marcha medido con

electrodos de superficie en pruebas EMG.

- Semitendinoso: Interviene en el momento que existe contacto con el suelo y en el inicio de la fase de balanceo (figura 3.6), en ocasiones no presenta una gran actividad en este punto, debido a que en el proceso de marcha se aprovecha el balance gracias al movimiento del centro de gravedad del cuerpo.

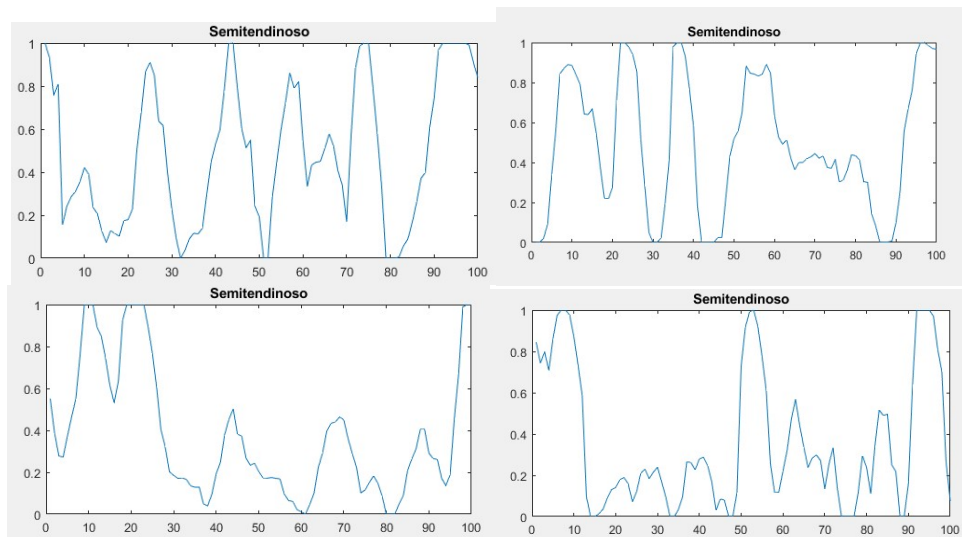


Figura 3.6 Estado de activación del músculo semitendinoso durante la marcha medido con electrodos de superficie en pruebas EMG.

- Glúteo mayor: interviene en la rotación de cadera rotando y manteniendo el equilibrio al caminar, presenta una gran actividad al momento de finalizar la fase de balanceo y comienzo de la fase de apoyo (figura 3.7).

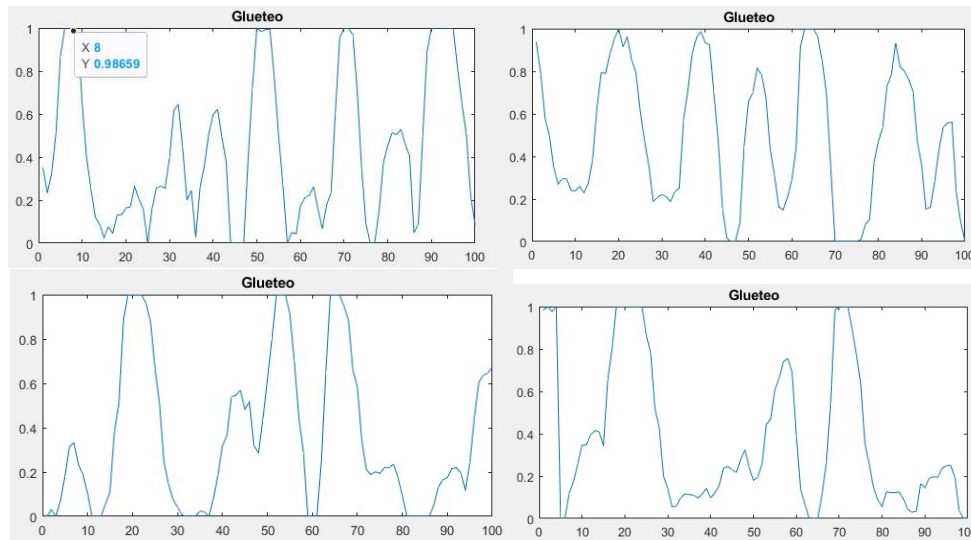


Figura 3.7. Estado de activación del músculo glúteo mayor durante la marcha medido con electrodos de superficie en pruebas EMG.

Cada musculo muestra un comportamiento diferente durante el proceso de marcha, aportando más que otros músculos, de igual manera esta actividad puede verse disminuida o aumentada debido a las fuerzas que este experimentando el miembro o el aprovechar el movimiento del centro de gravedad, la desviación estándar que esta actividad medida en un rango de 0 a 1(0-400 mV) tiene se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Desviación estándar de actividad muscular durante la marcha de los músculos: vasto medio, aductor largo semitendinoso y glúteo mayor

Músculo Desviación estándar	Vasto Medio	Aductor	Semitendinoso	Glúteo mayor
Prueba 1	0,444646676	0,32395793	0,364220993	0,432218935
Prueba 2	0,323205002	0,34770629	0,407237541	0,44143004
Prueba 3	0,345225752	0,38754156	0,435517885	0,401449598
Prueba 4	0,355505064	0,32107468	0,366620781	0,455466603
Prueba 5	0,322637256	0,36038874	0,445451099	0,360282724
Varianza media	0,35824395	0,34813384	0,40380966	0,41816958

De acuerdo con la información que se obtienen de la medición del estado de activación de los músculos durante el proceso de marcha se deduce el comportamiento descrito en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Evaluación EMG de los músculos en el ciclo de la marcha

Músculos % Ciclo de la marcha	Aductor (EMG1)	Vasto (EMG2)	Semitendinoso (EMG3)	Glúteo M (EMG4)	Tiempo aproximado (marcha a 2km/h)
0 % à 10 %	Alto	Alto	Alto	Alto - Medio	140 ms
10 → 60%	Alto - medio	Alto - medio	Medio	Medio – bajo	600 ms
60% à 90 %	Medio	Medio	Alto - medio	Medio	400 ms
90% à 100%	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	140 ms

De tal manera en la elaboración del algoritmo de programación se toma en cuenta la región de baja actividad antes de que el miembro tenga contacto con el suelo, como referencia para el inicio y fin de un nuevo ciclo de marcha. Para los criterios de programación se tomó en cuenta rangos que indican actividad alta, media y baja del musculo, donde se toma en cuenta la escala de 0 a 1 que mide la herramienta de OpenBCI, mediante varias pruebas (Anexo 3). En esta parte del programa se utiliza las librerías pylsl (necesario para la comunicación en el proceso de marcha) y sqlite3 (gestionar una base de datos), en Python 3.7. Los resultados fueron guardados en una base de datos SQLite3, estos se analizaron en Matlab (Anexo 2) (figura 3.8).

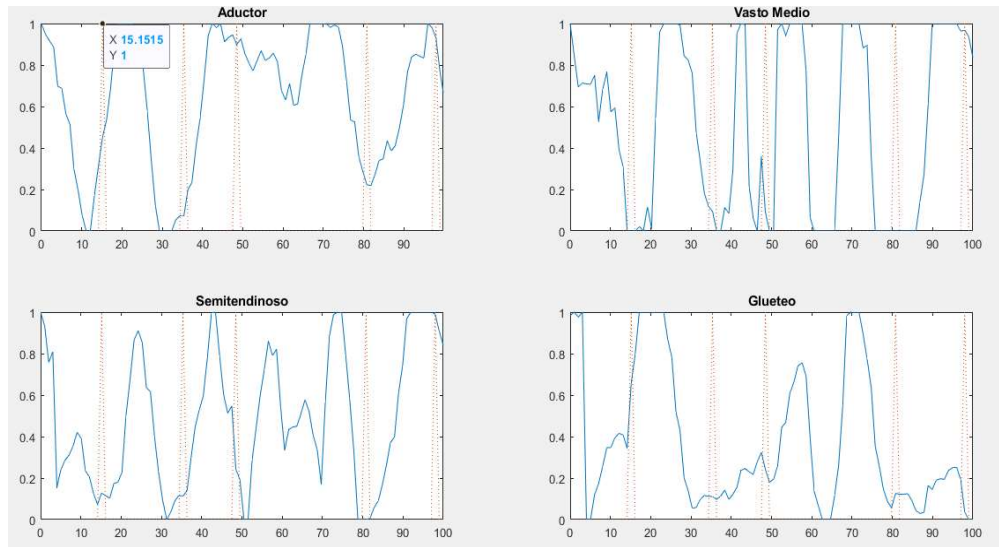


Figura 3.8 Graficas en Matlab de los musculos; aductor, vasto medio, semitendinoso y gluteo mayor con procesamiento realizado

Tras varias pruebas se alcanzó la precisión necesaria para determinar las características de la marcha que busca el estudio (Anexo 4), Algunos músculos tienen presencia continua de actividad por su acción en el equilibrio de la marcha, por lo que es tomado en cuenta en la creación del programa que al menos 3 de los 4 músculos presenten una baja de actividad simultánea, por un periodo que se mínimo de 200 ms, esto se admira en el conjunto de señales (figura 3.9).

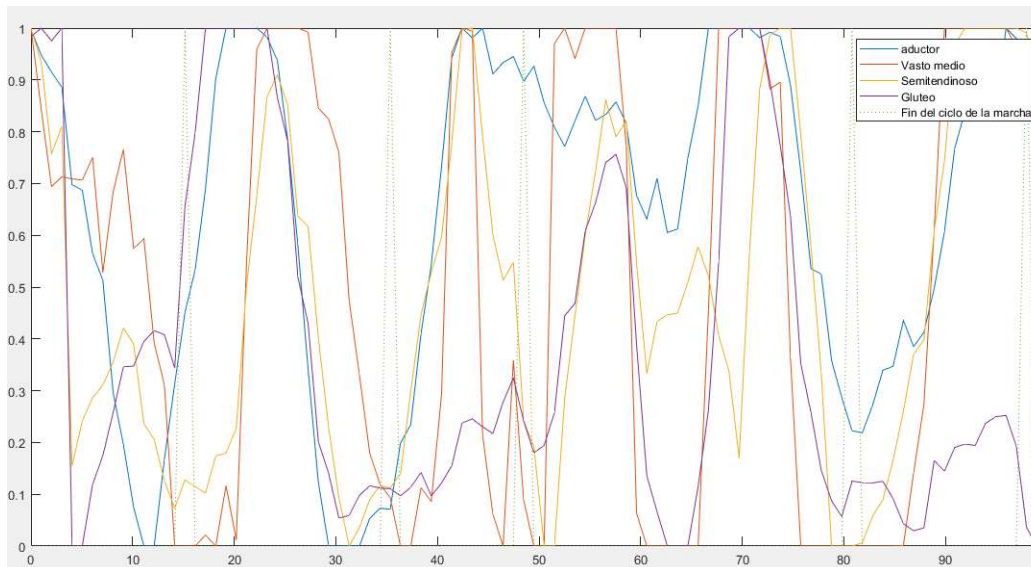


Figura 3.9 Actividad muscular y fin e inicio del ciclo de la marcha

Se observa que, al terminar la fase de balanceo, caracterizada por presentar una baja actividad electromiográfica, el algoritmo acierta en la caracterización de la marcha, de igual manera se observa que algunos músculos no alcanzan a llegar al nivel de actividad baja, sin embargo, el programa es capaz de evaluar el momento donde se termina el balanceo.

3.1.2 Desarrollo de interfaz grafica

El análisis en tiempo real se lo realiza en consola y que una vez concluido el procesamiento señales electromiográficas, en este la opción de elegir la base de datos que se creó en el curso del procesamiento, salvaguardando la validez de los datos de señales evaluadas. Las señales que son adquiridas por la tarjeta de adquisición son visualizadas en la GUI de OpenBCI en tiempo real (Figura 3.10) mientras el proceso de evaluación de señales se lo realiza de manera interna,

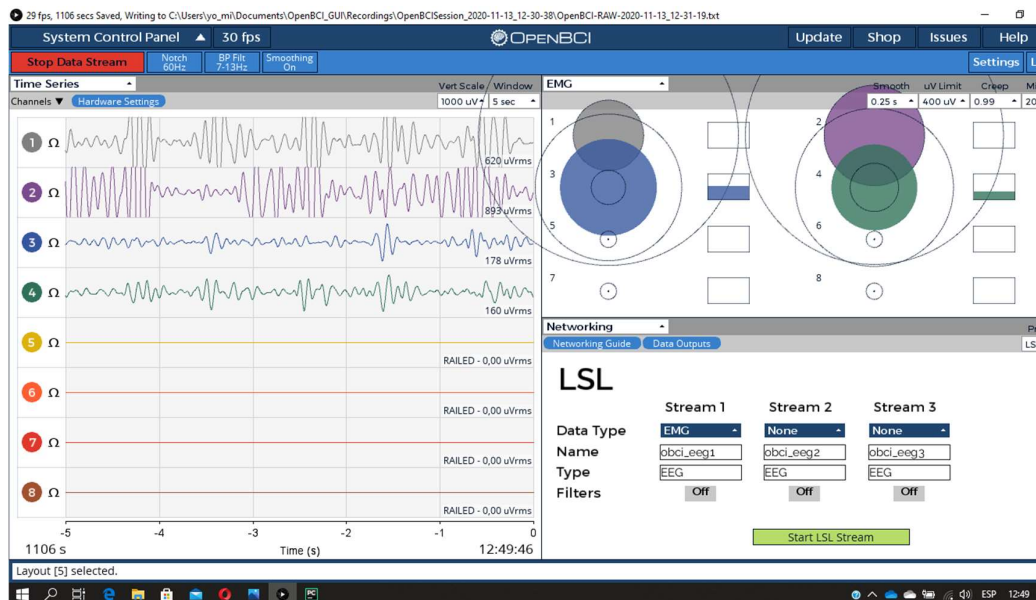


Figura 3.10 Señales en tiempo real OpenBCI GUI

Una vez diseñada la interfaz de usuario para la visualización se debe dar funcionalidad a esta, el archivo creado en el SDK de QtDesigner, es un archivo de extensión .ui el cual sirve para trabajar en C++, a fin de poder trabajar con Python se utiliza el comando “pyuic5 -x main.ui -o ui_main.py” el cual es una herramienta de PyQt5 en la carpeta que estamos realizando nuestro proyecto, esto da como resultado un archivo con extensión .py, se utilizó las librerías: Matplotlib, pandas, sip, seaborn, para representar los datos de manera gráfica (anexo 5).

Para general el archivo.exe se utilizó la librería “auto-py-to-exe”, en la consola se escribe el comando “auto-py-to-exe” el cual abrirá una ventana que nos permite elegir como convertir nuestro proyecto en Python a un archivo ejecutable (figura 3.11), existe la versión de ejecutable de un directorio o un solo archivo, para la ejecución del proyecto se utiliza la versión de directorio.

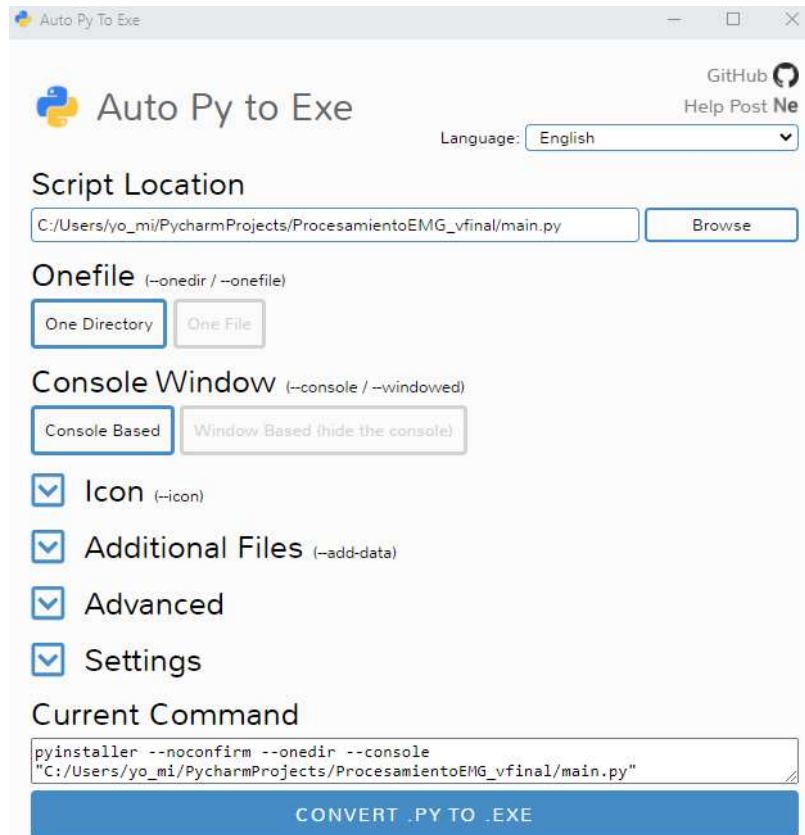


Figura 3.11 Interfaz de “auto-py-to-exe” para convertir un proyecto de Python a un archivo ejecutable, con opciones para realizarlo como ventana, o ventana y consola.

3.1.3 Usabilidad de la interfaz

La interfaz cuenta con funciones simplificadas y amigables para el usuario, con el fin de mirar el resultado de la evaluación de las señales se diseñó una interfaz básica (figura 3.12) donde hay un menú simple, donde se abre el archivo csv, este abre una ventana para seleccionar archivos de cualquier sesión realizada y un botón que realiza el procesamiento de las señales que envía la GUI de openBCI. Los datos son manejados por medio de la librería pandas, en arreglos que son utilizados por la librería de matplotlib.

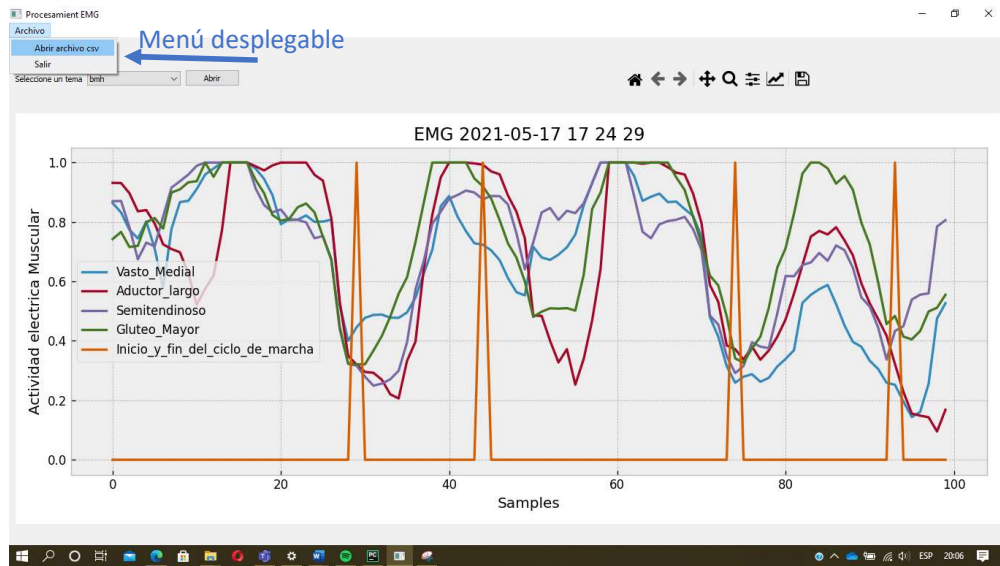


Figura 3.12 Menú para búsqueda de archivo, este puede visualizar sesiones anteriores o otros archivos csv.

Los gráficos que se muestran pueden ser manipulados para visualizar los datos de interés, comparando dos, tres o las 4 señales juntas (figura 3.13) y la manera de presentación (figura 3.14).

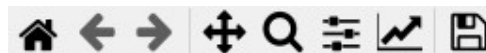


Figura 3.13 Herramientas de gráfica (librería de desarrollo matplotlib).

Los temas con los que cuenta son propios de la librería matplotlib, estos son utilizados para presentar diferencias al momento de generar la imagen, las herramientas que se encuentran en la interfaz permiten disminuir el grosor de línea, cambiar el tipo de línea, cambiar el color, quitar algún dato que no se requiere visualizar en una comparación (figura 3.15).

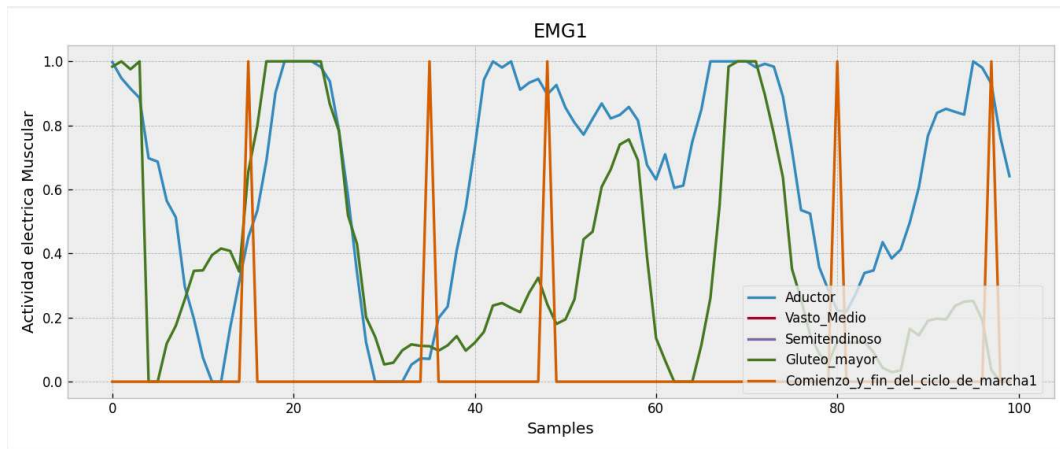


Figura 3.15 Comparación de actividad de Aductor largo y Glúteo mayor en el ciclo de marcha en interfaz.

Las cualidades para visualizar archivos csv, no solo se limita a los realizados por el algoritmo en el momento, esta ventana puede ser utilizada para visualizar cualquier archivo.csv de sesiones pasadas.

3.2 Análisis de resultados

Se realizaron varias pruebas para determinar el rango donde el musculo entra en un estado de baja actividad o reposo en el proceso de la marcha humana (figura 3.16), todas las pruebas fueron realizadas con una velocidad de 2km/h, descalzo, en una superficie lisa y sin ninguna inclinación.

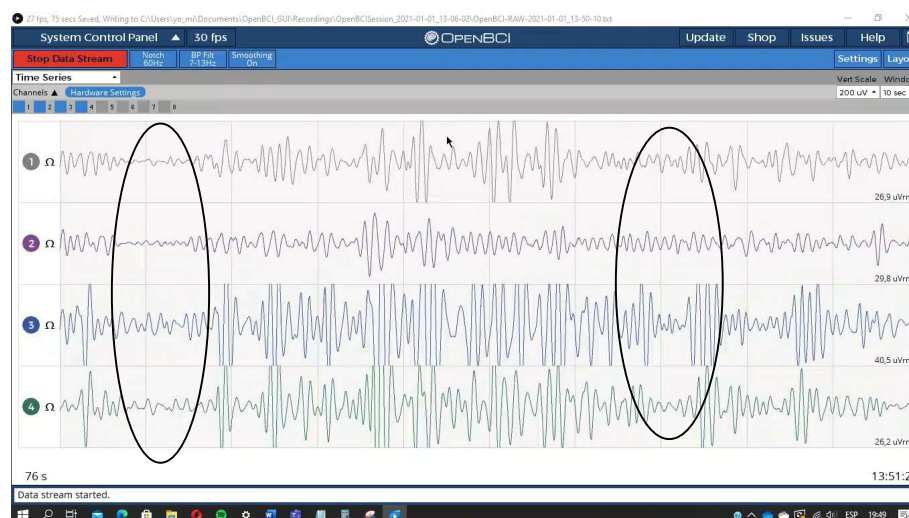


Figura 3.16 Regiones de baja actividad EMG en la marcha apreciables en la interfaz de OPEN BCI.

Para la validación del estudio se toma en cuenta la teoría de la marcha la cual coincide con los resultados obtenidos en el procesamiento, todos los datos fueron guardados en tablas (anexo 6) de la librería sqlite3, que genera archivos .bd, que es un archivo basado en SQL, por lo que es una base de datos relacional, los datos en la base de datos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3.3 Distribución en la tabla EMG (6 primeros datos)

ADUCTOR	VASTO MEDIO	SEMITENDINOSO	GLUTEO MAYOR	CICLOS M	DATE
0.997834265232086	1.0	1.0	0.983623623847961	0	13/11/2020 13:04
0.94770622253418	0.8428635597229	0.933640897274017	1.0	0	13/11/2020 13:04
0.91513603925705	0.693999290466309	0.757535457611084	0.975334286689758	0	13/11/2020 13:04
0.885915219783783	0.712745368480682	0.809835493564606	1.0	0	13/11/2020 13:04
0.697765111923218	0.70913702249527	0.154961302876472	0.0	0	13/11/2020 13:04
0.686883985996246	0.706530213356018	0.241741448640823	0.0	0	13/11/2020 13:04

El tipo de medición que se logra obtener en este estudio se obtienen los parámetros espaciotemporales en cuanto a la fase de balanceo, al completar el 100% de esta el programa determina un nuevo ciclo.

3.2.1 Acciones musculares medidas en el proceso de marcha

Los músculos: aductor largo, vasto medial, semitendinoso y glúteo mayor, realizan una contracción al momento de tener contacto con el suelo, amortiguando el impacto que se genera al terminar la fase de balanceo de la marcha humana.

La actividad muscular de los aductores presenta una curva de crecimiento en la actividad EMG (figura 3.17) por su acción de contracción, flexionando la rodilla al momento de que el pie entra en contacto con el suelo nuevamente al principio del nuevo ciclo de marcha, de igual manera se logra apreciar que cada cierto tiempo este no baja su actividad a pesar de acabar el ciclo, esto se debe a variaciones en la manera de caminar que existe entre personas.

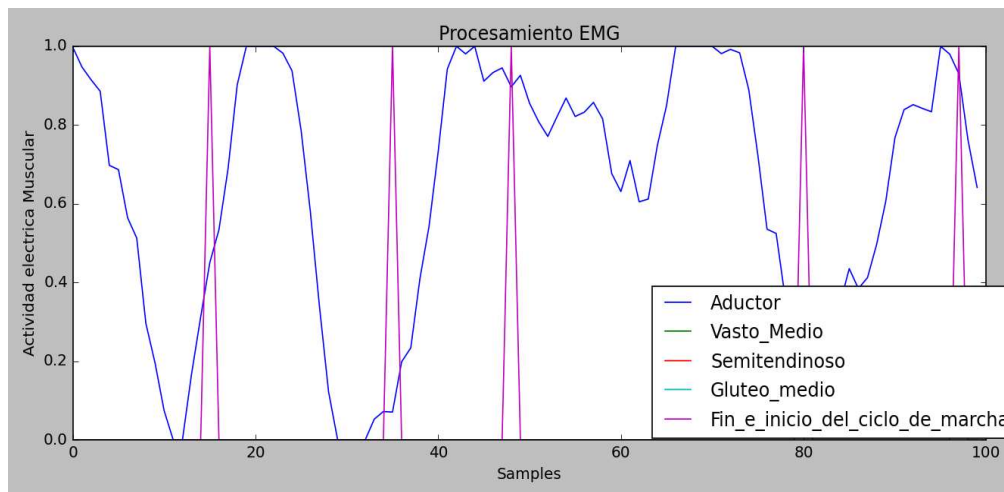


Figura 3.17 Actividad de aductores durante la marcha humana, picos de actividad causada por la flexión sobre la rodilla para amortiguar el fin de fase de balanceo.

La actividad (Figura 3.18) que se mide en el vasto medio flexionando la rodilla es bastante presente en la fase de apoyo, en la fase de oscilación ejerce muy poca actividad hasta el final de este dónde este se dispara por la fuerza ejercida en el contacto con el suelo.

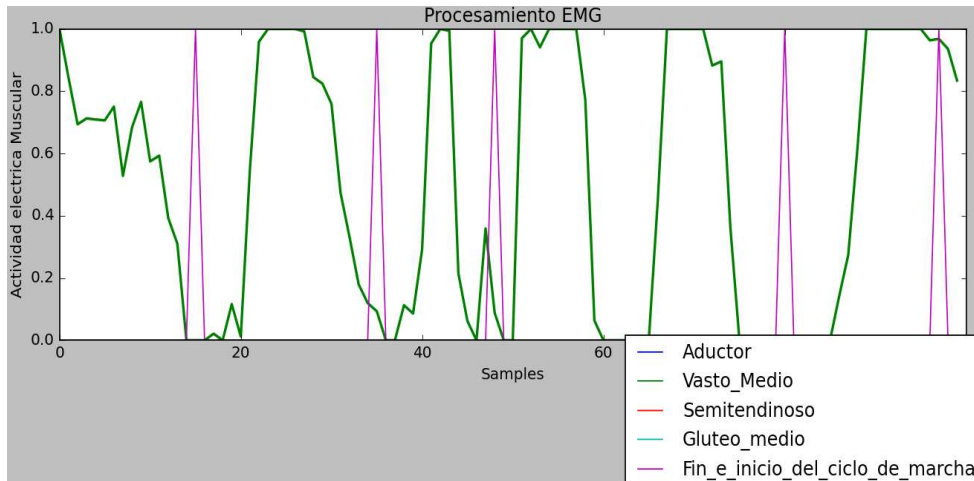


Figura 3.18 Acción del vasto medio en la marcha huama, picos de actividad causada por la flexión sobre la rodilla para amortiguar el fin de fase de balanceo.

El músculo semitendinoso muestra una gran actividad al final de la fase de apoyo y comienzo de la fase de balance (figura 3.19), aportando información clara del ciclo de la marcha ya que este músculo no interviene tanto como otros en mantener el balance.

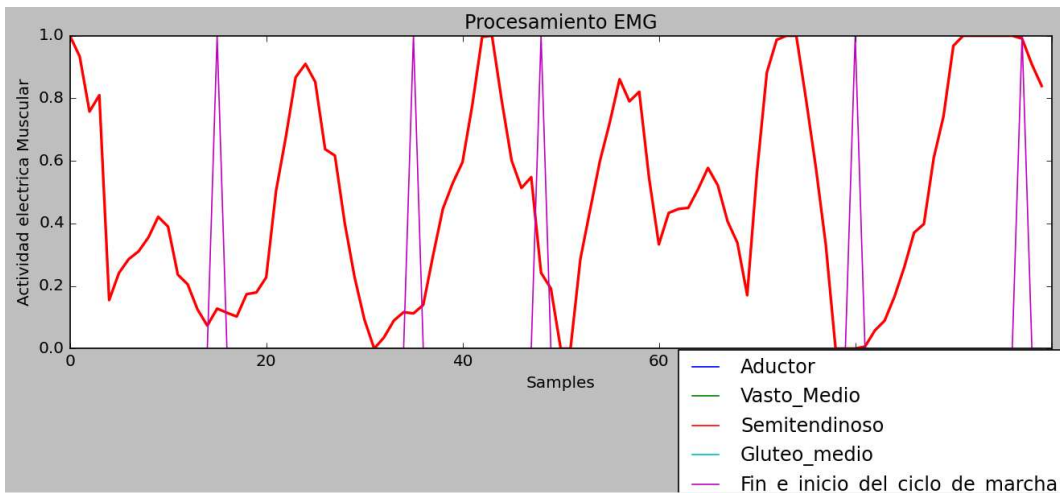


Figura 3.19 Acción del musculo semitendinoso en la marcha humana, aumento de actividad en el contacto con el suelo y picos de actividad momentos después, entre el 20% y 60% de la marcha.

El ultimo musculo estudiado en este documento muestra que tiene una clara intervención en los ciclos de marcha, pero por su acción para mantener el equilibrio junto a otros músculos que rotan la cadera, la información que aporta para la determinación del ciclo

de marcha, solo coincide en que el fin de la marcha se encuentra en un momento donde los músculos que intervienen presentan una baja actividad EMG (figura 3.20).

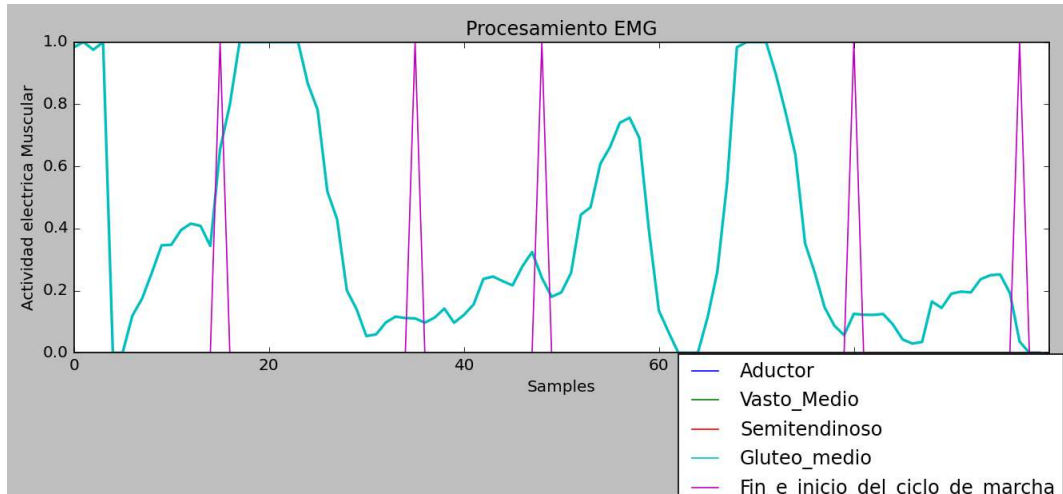


Figura 3.20 Acción del músculo glúteo mayor en la marcha humana, presenta picos en el inicio de la fase de apoyo y actividad en toda la marcha por su acción al mantener el equilibrio.

3.2.2 Desviación estándar

Para el cálculo de la desviación estándar se utiliza el número de muestras recopiladas en el muestreo (cada 120 ms): el número total de ciclos analizados son 19 por prueba.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Ecuación 2. Desviación estándar de la muestra

Donde: n es el número de muestras, X_i la muestra, \bar{X} la media de las muestras.

Tabla 3.4 Calculo de desviación estándar.

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
15	-10	100
20	-5	25
13	-12	144
32	7	49
17	-8	64
35	10	100
14	-11	121
34	9	81
33	8	64
19	-6	36
25	0	0
20	-5	25
30	5	25
40	15	225
40	15	225
16	-9	81
42	17	289
12	-13	169
22	-3	9
Media		25,21
$\sum(X - \bar{X})^2$		1832
Desviación estándar		10,0884973

El cálculo de la desviación estándar arroja la variabilidad que existe entre cada determinación de ciclo de marcha, naturalmente cada persona tiene una manera diferente de caminar, estas señales varían incluso entre cada paso que se dé, adicionalmente se observa que hay momentos en los que el procesamiento no logra detectar el inicio de un nuevo ciclo, esto se debe a que existen músculos que no entran en descanso en la fase de oscilación por mantener el equilibrio.

Conclusiones

- La transmisión inalámbrica en el proceso de adquisición contribuyó a que las variaciones por factores externos sean menores, al igual que disminuye considerablemente el equipamiento necesario para su uso, minimizando los errores que se pueden dar por equipo defectuoso.
- Se comprobó que la actividad que generan los músculos: vasto medial, aductor largo y glúteo mayor tienen su pico máximo entre el 0% y 20% del ciclo de la marcha, cuando el pie tiene contacto con el suelo por la acción de desaceleración, amortiguando el choque que experimenta la extremidad, esta actividad decrece de manera abrupta entre el 60% - 70% del ciclo.
- El estudio reveló que el músculo semitendinoso, muestra una actividad creciente al inicio de la fase de apoyo entre el (0% - 40%), pero su punto máximo de actividad se encuentra al comienzo de la fase de balanceo (50% – 60%) y luego decrece rápidamente hasta tener una baja actividad (70% – 90%).
- La interfaz realizada se ve simplificada debido a las redundancias del proceso que realizan las herramientas de Open BCI utilizadas en el desarrollo de investigación.
- Debido a la variabilidad de las señales EMG el algoritmo de procesamiento de señales ocasionalmente no logra interpretar el comienzo y final de fase de las señales, ya que los músculos encargados de la rotación de cadera como glúteo mayor y semitendinoso no bajan por completo su actividad debido a su función para mantener el equilibrio.

Recomendaciones

- En base a los resultados se recomienda añadir un estudio posterior que complemente con un sistema IMU de que determine la precisión y eficacia del procesamiento de señales EMG.
- Para futuros estudios de la marcha se sugiere realizar un estudio que incluyan los músculos que efectúan la rotación de rodilla – tobillo, con el fin de tener más información acerca de la fase en que se encuentra.
- El trabajo realizado no busca detectar ni medir condiciones patológicas, por lo que no puede utilizarse como diagnóstico.
- El trabajo fue realizado con personas que no presenten patologías que puedan alterar la caracterización

Bibliografía

- [1] M. W. Whittle, *Gait Analysis an Introduction*, China: Elsevier Ltd, 2007.
- [2] A. G. G. E. P. M. J. C. Villa Moreno, «Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría,» *Ingeniería Biomédica*, vol. 2, nº 3, pp. 16-26, 2008.
- [3] L. Gila, A. Malanda, I. Rodríguez Carreño, J. Rodríguez Flaces y J. Navallas, «Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas,» *An. Sist. Sanit. Nava.*, vol. 32, nº 3, pp. 27-43, 2009.
- [4] Y. Li, F. Gao, H. Chen y M. Xu, «Gait Recognition Based on EMG with Different Individuals and Sample Sizes,» de *35th Chinese Control Conference*, Chengdu, 2016.
- [5] C. Cifuentes, . F. Martínez y E. Romero, «ANÁLISIS TEÓRICO Y COMPUTACIONAL DE LA MARCHA NORMAL Y PATOLÓGICA,» *Med*, vol. 18, nº 2, pp. 182-196, 2010.
- [6] C. Sanz, *Cinesiología de la marcha humana normal*, 2006.
- [7] M. M. O. M. M. J. Dworak LB, Three point crutch gait from perspective of biomechanics and kinesiology. State of Knowledge and idea behind the research, *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*, 2011.
- [8] J. H. & V. M. H. Osorio, *Bases para el entendimiento del proceso de la marcha humana.*, 2013.
- [9] R. L. V. W. & M. A. M. Drake, Gray. *Anatomía Básica+* StudentConsult., ELSEVIER, 2018.
- [10] S. & C. J. M. Collado-Vázquez, «Balzac y el análisis de la marcha humana.,» *Neurología*, vol. 30, nº 4, pp. 240-246, 2015.
- [11] A. L. H. . J. Duysens, «Responses of human hip abductor muscles to lateral balance perturbations during walking,» *Experimental Brain Research*, pp. 301-310, 2013.
- [12] M. T. A. C. L. F. L. A. M. F. Lara Romero, «Actividad electromiografica normal en la marcha humana,» *Biomechanica* , vol. IV, nº 7, pp. 110-116, 1996.
- [13] «Anatomía Topográfica,» [En línea]. Available: <https://anatomiatopografica.com/musculos/musculos-adyuctores-de-la-cadera/>. [Último acceso: 3 Abril 2021].
- [14] «Quizlet,» [En línea]. Available: <https://quizlet.com/co/311201039/musculo-gluteo-mayor-diagram/>. [Último acceso: 3 Abril 2021].
- [15] A. T. J. I. R. L. F. G. N. Á. Christian Andrés Díaz, «Descripción de un dispositivo destinado al análisis de la marcha en dos dimensiones, CineMED,» *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, nº 5, pp. 85-92, 2006.

- [16] S. Collado Vázquez, Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas: influencia del transporte de carga., 2004.
- [17] V. Montoya-Leal y V. Z. Pérez, «Valoración cuantitativa para la reincorporación ocupacional,» *Salud Uninorte*, vol. 32, nº 2, pp. 319-336, 2016,.
- [18] A. G. C. J. A. B.-R. Ángela María Gonzáles Amarillo, «Diseño de un sistema de monitoreo para la adquisición de señales electromiográficas no invasivas en extremidades superiores,» *Ingenio Magno*, vol. 8, nº 2, pp. 44-55, 2017.
- [19] M. M. P. G. Altamira E, «Electromiograma EMG,» Mexicali, Baja California, 2017.
- [20] M. B. A. Larrieu, «Estudio de la marcha mediante análisis simultáneo de marcadores ópticos y EMG.,» de *Seminario ingeniería biomédica*, Montevideo, Uruguay, 2017.
- [21] I. Rodríguez-Carreño, Cancellation of Baseline Fluctuation in Electromyographic, Universidad Pública de Navarra, 2006.
- [22] M. Fernández Martínez, Análisis de la forma de onda de los potenciales de acción de unidad motora., Navarra, 2017.
- [23] OpenBCI, «OpenBCI,» [En línea]. Available: <https://docs.openbci.com/docs/01GettingStarted/01-Boards/CytonGS>. [Último acceso: 4 mayo 2021].
- [24] A. T. Reali, «En Instrumentación Biomédica,» de *Recolección de señales bioeléctricas*, Londres, 2007, pp. 135-143.
- [25] S. H. R. S. L. W. Jules M. Rothstein, «Electrodos,» de *Manual del especialista en rehabilitación*, Mexico, 2005, p. 320.
- [26] K. J. G. Fierro, Evaluador mioeléctrico multicanal para personas con amputación transtibial, Ibarra, 2019.
- [27] H. Caluguillín, Análisis de características de señales electromiográficas para la determinación de movimientos de una mano, Ibarra, 2019.
- [28] Open Source Brain-Computer Interfacing, «github,» [En línea]. Available: https://github.com/OpenBCI/OpenBCI_GUI. [Último acceso: 6 Mayo 2021].
- [29] Open BCI, «OpenBCI Documentation,» [En línea]. Available: <https://docs.openbci.com/docs/06Software/01-OpenBCISoftware/GUIWidgets>. [Último acceso: 6 Mayo 2021].
- [30] Y. M. C. & D. C. Wang, «Assessing the time synchronisation of EEG systems,» de *30th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*, 2019.

- [31] Neuro Trac, Estimulación neuromuscular - Manual de colocación de electrodos, Verety Medical LTD, 2016.
- [32] Australian Physiotherapy Association, «physioadvisor,» physioadvisor, [En línea]. Available: <https://www.physioadvisor.com.au/injury-diagnosis/>. [Último acceso: 10 Mayo 2021].
- [33] T. J. B. S. V. G. U. J. P. R. R. M. C. Z. G. Adriana Isabel Agudelo Mendoza, «Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura,» *CES Movimiento y Salud*, pp. 29-43, 2013.
- [34] P. C. S. S. W. S. L. R. Laura Vargas, «Protocolo de evaluación de un sistema para medición de parámetros de tiempo de la marcha humana,» de *IX Congreso Iberoamericano de Tecnología de Apoyo a la Discapacidad*, Bucaramanga, 2017.
- [35] J. Kreibich, Using SQLite, O'Reilly Media, Inc., 2010.

ANEXOS

Anexo 1. Guía de salida de datos [23].

OpenBCI_GUI Networking Output Guide				
Data Type	Output by Protocol Mode			
	OSC	UDP	LSL	Serial
Time Series (Filtered & Unfiltered) One float for each channel	Data as floats for each channel, sent all at once	<code>{"type": "eeg", "data": [DATA]}</code> \r\n	Data as floats for each channel	Data as floats to 3 decimal places surrounded by brackets
	0. 1. 2. 3.	<code>{"type": "eeg", "data": [0.0, 1.0, 2.0, 3.0]}</code> \r\n	0. 1. 2. 3.	[0.000, 1.000, 2.000, 3.000]
FFT 125 floats, one for each bin, per channel For now, each bin represents a frequency band. Ex.: Bin 0 = 0-.9765625Hz	Channel Number followed by floats for each data bin (125 bins total), sent sequentially	Type "fft" with 125 floats for each channel surrounded by brackets and comma separated	125 floats, one for each bin, per channel	Disabled. If you select FFT while using Serial, it will auto-switch to use Band Power instead. It's too much data for Serial.
	1 0. 1. 2. ... 124.	<code>{"type": "fft", "data": [[ch1 bins],[ch2 bins],[etc. bins]]}</code> \r\n	0. ... 124. 0. ... 124. etc.	[1,0.000,etc.,124.000][2,0.000,etc.,124.000]...
Band Power 5 floats representing Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma band power for each	Channel Number followed by floats for each power band: Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma, sent sequentially	Type "bandPower", same structure as "fft" but with 5 floats	One float for each band per channel, sent all at once	Channel number followed by 5 floats to 3 decimal points, comma separated, surrounded by brackets

channel in this exact order	1 0. 1. 2. 3. 4.	{“type”:“fft”, “data”:[ch1 bands],[ch2 bands],[etc. bands]}\r\n	0. 1. 2. 3. 4. 0. 1. 2. 3. 4. 0. 1. 2. 3. 4. 0. 1. 2. 3. 4. 0. 1. 2. 3. 4.	[1,0.000,etc.,4.000][2,0.000,etc.,4.000]...
EMG Normalized (0.-1.) data for each channel	Data as floats for each channel, sent sequentially	{“type”:“emg”, “data”:[DATA]}\r\n	Output only if filter is off, data as floats for each channel	Data as floats to 3 decimal places, comma separated, ends with a newline character
	1 0. 1. 2. 3.	{“type”:“eeg”, “data”:[0.0,1.0,0.0,1.0]}\r\n	0. 1. 2. 3.	0.000,1.000,2.000,3.000\n
Focus One boolean output, varies by data type	0 - not focused, 1 - focused	Type “focus”, 0.0 - not focused, 1.0 - focused	One float, 0.0 - not focused, 1.0 - focused	String output ending in newline character
	1	{"type":“focus”, “data”:0.0}	1.0	true\n or false\n
SSVEP One float for each SSVEP, up to four	SSVEP number followed by float, sent sequentially	{“type”:“SSVEP”, “data”:[DATA]}\r\n	Four floats, even if less than four SSVEPs in use	Data as floats to 3 decimal places, comma separated, ends with a newline character
	1 0.	{"type":“SSVEP”, “data”:0.0,0.0,0.0,0.0,}	0. 0. 0. 0.	0.000,0.000,0.000,0.000
Pulse (Cyton Only) Three integers in the following order: BPM, Signal, IBI	Three integers, sent at all at once	{“type”:“pulse”, “data”:[DATA]}\r\n	Three integers	Three integers, comma separated
	75 512 600 (BPM Signal IBI)	{“type”:“pulse”, “data”:[75,512,600]}\r\n	75 512 600	75,512,600
Accel/AUX Hybrid Data Type	Cyton Live Mode: This is a dynamic data type that sends either Accelerometer, Analog, or Digital data from the Cyton board, depending on what board mode is currently being used.			

Ganglion, Playback, Synthetic modes: Only sends out Accelerometer data.				
Accelerometer Three floats, one for each axis X, Y, and Z Can be a positive or negative value	Axis number 1-X, 2-Y, or 3-Z, followed by float, sent sequentially	{“type”:”emg”,“data”:[DATA]}\r\n	Three floats, one for each axis	Data as floats to 3 decimal places with + or - in front of each float, comma separated, ends with a newline character
	3 0.497817 (Z axis ~ .498)	{"type": "accelerometer", "data": [-0.981, -0.166, 0.612]}	0. -0.5 1.0	+0.900,-0.042,+0.254\n
Analog Read (Cyton Only) Two (WiFi) or Three (Dongle) analog values as positive integers, corresponds to pins A5 (D11), A6 (D12), and A7 (D13)	Analog Read number followed by positive integer, sent sequentially	Type “auxiliary” with two or three integers, no leading zeroes	Two or three integers	Two or three positive integers with 4 digits, ends with a newline character
	1 512 (pin D11, val = 512)	{“type”:”auxiliary”,“data”:[1,20,512]}\r\n	0 1 512	0001,0002,0003\n (When connected via Dongle)
Digital Read (Cyton Only) Three (WiFi) or Five (Dongle) digital values as 0 or 1, corresponds to D11, D12, D13, D17, and D18	Digital Read number followed by a 0 or 1, sent sequentially	Type “auxiliary” with three or five integers (0 or 1)	Three or five integers	Data as single digit integer (0 or 1), comma separated, ends with a newline character
	1 1 (pin D11, active)	{“type”:”auxiliary”,“data”:[0,1,0,1,0]}\r\n	0 1 0 1 0	0,1,0,1,0\n

Anexo 2. Script de Matlab.

```
%% Import data from spreadsheet
% Script for importing data from the following spreadsheet:
%
%   Workbook: C:\Users\yo_mi\Downloads\base EMG 1 (2).xlsx
%   Worksheet: Hoja1
%
% Auto-generated by MATLAB on 23-Mar-2021 14:16:12

%% Setup the Import Options
opts = spreadsheetImportOptions("NumVariables", 6);

% Specify sheet and range
opts.Sheet = "Hoja1";
opts.DataRange = "A2:F501";

% Specify column names and types
opts.VariableNames = ["ADUCTOR", "VASTOMEDIO", "SEMITENDINOSO", "GLUTEOMAYOR", "CICLOSM",
"DATE"];
opts.SelectedVariableNames = ["ADUCTOR", "VASTOMEDIO", "SEMITENDINOSO", "GLUTEOMAYOR",
"CICLOSM", "DATE"];
opts.VariableTypes = ["double", "double", "double", "double", "double", "datetime"];
opts = setvaropts(opts, 6, "InputFormat", "");

% Import the data
baseEMG12 = readtable("C:\Users\yo_mi\Downloads\base EMG 1 (2).xlsx", opts, "UseExcel",
false);%% la direcion del archico en excel y el nombre del mismo

%% Clear temporary variables
clear opts
%% Actividad electrica de los musculos que intervienen en la marcha

Aductor = baseEMG12(1:100, 1) %obtencion de toda la columna ":" 1
vasto = baseEMG12(1:100, 2)
semi = baseEMG12(1:100, 3)
gluteo = baseEMG12(1:100, 4)
Nciclo = baseEMG12(1:100, 5)
Nuevo_paso = table2array(Nciclo)
nA = Nuevo_paso
for i = 1:100
    a = i-1

    if i > 1
        if nA(i,1) > nA(a,1)
            Nuevo_paso(i,1) = 1
        elseif nA(i,1) == nA(a,1)
            Nuevo_paso(i,1) = 0
        end
    end
end
end
x = linspace(0,100)

Aductor = table2array(Aductor)
Vasto_Medio = table2array(vasto)
Semitendinoso = table2array(semi)
Gluteo_medio = table2array(gluteo)
cl = table2array(Nciclo)
```



```

figure(1)
subplot(2,2,1)
plot(Aductor),title('Aductor');
subplot(2,2,2)
plot(Vasto_Medio),title('Vasto Medio');
subplot(2,2,3)
plot(Semitendinoso),title('Semitendinoso');
subplot(2,2,4)
plot(Gluteo_medio),title('Gluteo')

figure(2)
subplot(2,2,1)
plot(x,Aductor,x,Nuevo_paso,':'),title('Aductor');
subplot(2,2,2)
plot(x,Vasto_Medio,x,Nuevo_paso,':'),title('Vasto Medio');
subplot(2,2,3)
plot(x,Semitendinoso,x,Nuevo_paso,':'),title('Semitendinoso');
subplot(2,2,4)
plot(x,Gluteo_medio,x,Nuevo_paso,':'),title('Gluteo')

figure(3)
plot(x,Aductor,x,Vasto_Medio,x,Semitendinoso,x,Gluteo_medio,x,Nuevo_paso,':')
legend('aductor','Vasto medio','Semitendinoso','Gluteo','Fin del ciclo de la marcha')
%% Usa este codigo para generar la tabla en csv
T = table(Aductor,Vasto_Medio,Semitendinoso,Gluteo_medio,Fin_e_Inicio_del_ciclo_de_marcha)
writetable(T,'myData.csv','Delimiter',';')

```

Anexo 3. Pruebas con criterios inferiores

EMG1	EMG2	EMG3	EMG4	Ciclos	Date
0.77761834859848	0.762770354747772	0.347180008888245	0.224228054285049	0	2020-11-13 12:48:01
0.799475491046906	0.848541617393494	0.344791054725647	0.126856282353401	0	2020-11-13 12:48:01
0.788230895996094	0.972246885299683	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:01
0.608142197132111	0.912516236305237	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:01
0.387369006872177	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:01
0.258567571640015	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:01
0.0	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:01
0.0	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:01
0.0	1.0	0.0435650087893009	0.00935159903019667	0	2020-11-13 12:48:02
0.0	1.0	0.00630019418895245	0.0	0	2020-11-13 12:48:02
0.0	0.994757890701294	0.000851070275530219	0.0	0	2020-11-13 12:48:02
0.0612987950444222	0.966196238994598	0.0	0.0682250186800957	0	2020-11-13 12:48:02
0.215420216321945	0.986934661865234	0.0	0.237966403365135	0	2020-11-13 12:48:02
0.149780124425888	0.972854733467102	0.0	0.291440814733505	0	2020-11-13 12:48:02
0.291567236185074	0.967804968357086	0.0	0.461317360401154	0	2020-11-13 12:48:02
0.373547822237015	1.0	0.110354512929916	0.77926379442215	0	2020-11-13 12:48:02
0.376185208559036	1.0	0.24950635433197	0.890988767147064	0	2020-11-13 12:48:03
0.274493187665939	1.0	0.335363239049911	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.482431650161743	0.979781150817871	0.38256374001503	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.587499618530273	1.0	0.455882340669632	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.798452436923981	0.947215795516968	0.501675546169281	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.907629728317261	0.913712322711945	0.547770023345947	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.967740416526794	0.917548894882202	0.527349948883057	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.986478507518768	0.937142729759216	0.547566652297974	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.740972459316254	0.916032791137695	0.5412238240242	1.0	0	2020-11-13 12:48:03
0.531885206699371	0.915318489074707	0.542484700679779	0.943532049655914	0	2020-11-13 12:48:03
0.323862671852112	0.90793651342392	0.638761937618256	0.932786405086517	0	2020-11-13 12:48:04
0.464465767145157	0.897959887981415	0.719992935657501	0.882024466991425	0	2020-11-13 12:48:04
0.581779003143311	0.84611576795578	0.593893229961395	0.893267631530762	0	2020-11-13 12:48:04
0.796623349189758	0.839909851551056	0.582129538059235	0.911195695400238	0	2020-11-13 12:48:04
1.0	0.79599130153656	0.536217331886292	0.880829989910126	0	2020-11-13 12:48:04
0.886096835136414	0.837383508682251	0.511342167854309	0.860596358776093	0	2020-11-13 12:48:04
1.0	0.79173755645752	0.46051698923111	0.788879811763763	0	2020-11-13 12:48:04
1.0	0.788868367671967	0.368546158075333	0.791378021240234	0	2020-11-13 12:48:04
1.0	0.692561089992523	0.410938948392868	0.759257078170776	0	2020-11-13 12:48:05
1.0	0.412817269563675	0.449885636568069	0.781840145587921	0	2020-11-13 12:48:05
1.0	0.27452540397644	0.461093276739121	0.724453151226044	0	2020-11-13 12:48:05
1.0	0.186511814594269	0.471364110708237	0.738896787166595	0	2020-11-13 12:48:05
1.0	0.0153557416051626	0.417897999286652	0.707092821598053	0	2020-11-13 12:48:05
0.92157506942749	0.018746005371213	0.215798333287239	0.587227702140808	0	2020-11-13 12:48:05
0.95732444524765	0.0207721423357725	0.0461360476911068	0.565671503543854	0	2020-11-13 12:48:05
0.807517051696777	0.0888554155826569	0.0	0.542925119400024	0	2020-11-13 12:48:06
0.838978826999664	0.0470663271844387	0.0	0.462260693311691	0	2020-11-13 12:48:06
0.749966025352478	0.0875078812241554	0.0	0.471506536006928	0	2020-11-13 12:48:06
0.624336421489716	0.0	0.0	0.382167994976044	0	2020-11-13 12:48:07
0.451431542634964	0.0	0.0	0.355253607034683	0	2020-11-13 12:48:07
0.22855369746685	0.168790757656097	0.0	0.308745592832565	0	2020-11-13 12:48:07
0.0	0.627100884914398	0.0516018010675907	0.148131519556046	0	2020-11-13 12:48:07

0.0	0.910976767539978	0.205183297395706	0.0286891274154186	0	2020-11-13 12:48:07
0.0	0.982056081295013	0.2638159096241	0.024738809093833	0	2020-11-13 12:48:07
0.0	1.0	0.439676105976105	0.0	0	2020-11-13 12:48:07
0.0293749645352364	1.0	0.651788711547852	0.0272544622421265	0	2020-11-13 12:48:07
0.0959189087152481	0.946184277534485	0.775901913642883	0.0296618677675724	0	2020-11-13 12:48:07
0.105829961597919	0.84808486700058	0.93205851316452	0.0345616638660431	0	2020-11-13 12:48:08
0.244318544864655	0.772141575813293	1.0	0.0576247088611126	0	2020-11-13 12:48:08
0.293936431407928	0.768386483192444	1.0	0.0924973115324974	0	2020-11-13 12:48:08
0.417718529701233	0.876819670200348	1.0	0.174691513180733	0	2020-11-13 12:48:08
0.514909386634827	0.808694958686829	0.978751122951508	0.227256536483765	0	2020-11-13 12:48:08
0.521055698394775	0.860605597496033	1.0	0.426110863685608	0	2020-11-13 12:48:08
0.417352735996246	0.857406198978424	1.0	0.563697397708893	0	2020-11-13 12:48:08
0.457088679075241	0.936161160469055	1.0	0.972500503063202	0	2020-11-13 12:48:08
0.438469469547272	0.930205583572388	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:09
0.633214771747589	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:09
0.710198998451233	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:09
0.541794955730438	0.985085725784302	0.957936763763428	1.0	0	2020-11-13 12:48:09
0.53905576467514	1.0	0.955667972564697	1.0	0	2020-11-13 12:48:09
0.338367581367493	1.0	0.909438073635101	0.983357310295105	0	2020-11-13 12:48:09
0.0	0.944193959236145	0.876488387584686	0.977796077728272	0	2020-11-13 12:48:09
0.0	1.0	0.861248135566711	0.951268315315247	0	2020-11-13 12:48:09
0.0	0.871729075908661	0.852258443832397	0.886716961860657	0	2020-11-13 12:48:10
0.0	0.736692607402802	0.851428151130676	0.830196797847748	0	2020-11-13 12:48:10
0.0	0.541617393493652	0.829729676246643	0.710337340831757	0	2020-11-13 12:48:10
0.0	0.0840903744101524	0.567454993724823	0.550628304481506	0	2020-11-13 12:48:10
0.0	0.0	0.522536993026733	0.521200299263001	0	2020-11-13 12:48:10
0.0152966966852546	0.0	0.333452880382538	0.411114752292633	0	2020-11-13 12:48:10
0.0884486734867096	0.0	0.216513976454735	0.310061097145081	0	2020-11-13 12:48:10
0.0789436176419258	0.0	0.117210187017918	0.185167416930199	0	2020-11-13 12:48:10
0.623706817626953	0.0	0.224882200360298	0.151851981878281	0	2020-11-13 12:48:11
0.944197952747345	0.0648953691124916	0.334897875785828	0.0616778694093227	0	2020-11-13 12:48:11
1.0	0.0	0.395926386117935	0.142907619476318	0	2020-11-13 12:48:11
1.0	0.0911149010062218	0.347298413515091	0.193430781364441	0	2020-11-13 12:48:11
1.0	0.187557280063629	0.336678087711334	0.272397458553314	0	2020-11-13 12:48:11
1.0	0.438198268413544	0.37466698884964	0.259240329265594	0	2020-11-13 12:48:11
1.0	0.537617087364197	0.384853094816208	0.271778374910355	0	2020-11-13 12:48:12
1.0	0.734630346298218	0.385834664106369	0.284259885549545	0	2020-11-13 12:48:12
1.0	1.0	0.370351672172546	0.243476614356041	0	2020-11-13 12:48:12
1.0	1.0	0.378932237625122	0.210546433925629	0	2020-11-13 12:48:12
0.903640151023865	1.0	0.374702960252762	0.188816919922829	0	2020-11-13 12:48:12
0.771287798881531	0.989473044872284	0.324507892131805	0.0973038673400879	0	2020-11-13 12:48:12
0.690387725830078	1.0	0.208287328481674	0.0128625892102718	0	2020-11-13 12:48:12
0.65552208423615	0.998648047447205	0.0405799709260464	0.0	0	2020-11-13 12:48:12
0.50446629524231	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:13
0.37083175778389	0.686885297298431	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:13
0.220212072134018	0.390162587165833	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:13
0.0757325440645218	0.243083477020264	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:13
0.128130257129669	0.48543506860733	0.0	0.0521212369203568	0	2020-11-13 12:48:13
0.138120293617249	0.364620447158813	0.0	0.0267374515533447	0	2020-11-13 12:48:13
0.132874116301537	0.0935324504971504	0.0163880828768015	0.0	0	2020-11-13 12:48:13
0.0822029411792755	0.0	0.0703655406832695	0.0237438399344683	0	2020-11-13 12:48:13
0.231848105788231	0.0	0.14879322052002	0.095400407910347	0	2020-11-13 12:48:14
0.477281749248505	0.0	0.523573458194733	0.516234397888184	0	2020-11-13 12:48:14

0.262931674718857	0.0	0.63200569152832	0.662393808364868	0	2020-11-13 12:48:14
0.161806896328926	0.0	0.971238136291504	0.899386286735535	0	2020-11-13 12:48:14
0.0846546962857246	0.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:14
0.145456105470657	0.253871142864227	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:14
0.418162673711777	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:14
0.551247239112854	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:14
0.490690499544144	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:15
0.273799210786819	0.838257908821106	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:15
0.0	1.0	0.998956978321075	1.0	0	2020-11-13 12:48:15
0.0	0.941521286964417	0.997410595417023	1.0	0	2020-11-13 12:48:15
0.0	0.727445960044861	0.947135984897614	0.979402720928192	0	2020-11-13 12:48:15
0.0	0.0	0.833191275596619	0.919050633907318	0	2020-11-13 12:48:15
0.0	0.0	0.761495411396027	0.927070081233978	0	2020-11-13 12:48:15
0.0	0.0	0.664086818695068	0.876910507678986	0	2020-11-13 12:48:15
0.0	0.0	0.575316846370697	0.836695671081543	0	2020-11-13 12:48:16
0.0	0.0	0.386924892663956	0.744328737258911	0	2020-11-13 12:48:16
0.027614863589406	0.0	0.360030591487885	0.71140593290329	0	2020-11-13 12:48:16
0.0369029678404331	0.0	0.300757229328156	0.669616460800171	0	2020-11-13 12:48:16
0.090997114777565	0.0	0.293459475040436	0.610121428966522	0	2020-11-13 12:48:16
0.334928601980209	0.0	0.287493079900742	0.641936540603638	0	2020-11-13 12:48:16
0.506205558776856	0.0	0.291626155376434	0.621739864349365	0	2020-11-13 12:48:16
0.644531846046448	0.0	0.343080163002014	0.607083261013031	0	2020-11-13 12:48:16
0.86517870426178	0.0	0.469665318727493	0.658775091171265	0	2020-11-13 12:48:17
1.0	0.0	0.53419154882431	0.687930345535278	0	2020-11-13 12:48:17
1.0	0.0	0.492583513259888	0.660492837429047	0	2020-11-13 12:48:17
0.959324300289154	0.0428565591573715	0.388668268918991	0.591689348220825	0	2020-11-13 12:48:17
0.871636509895325	0.0537449419498444	0.264695405960083	0.552461266517639	0	2020-11-13 12:48:17
0.725248038768768	0.0293576028198004	0.195209845900536	0.499230206012726	0	2020-11-13 12:48:17
0.705006182193756	0.0366391204297543	0.139019161462784	0.467982798814774	0	2020-11-13 12:48:17
0.716357827186585	0.00656591914594173	0.135050058364868	0.472346723079681	0	2020-11-13 12:48:17
0.644761741161346	0.0	0.0	0.374811202287674	0	2020-11-13 12:48:18
0.563176989555359	0.0	0.0	0.346769452095032	0	2020-11-13 12:48:18
0.494171321392059	0.00189466425217688	0.0	0.325142800807953	0	2020-11-13 12:48:18
0.461100250482559	0.0773857235908508	0.0	0.283904194831848	0	2020-11-13 12:48:18
0.298689723014832	0.0	0.0	0.186709582805634	0	2020-11-13 12:48:18
0.150923162698746	0.109660260379314	0.0	0.0866622403264046	0	2020-11-13 12:48:18
0.101015523076057	0.678464353084564	0.00593656906858087	0.0	0	2020-11-13 12:48:18
0.0	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:18
0.000457091286079958	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:18
0.257993400096893	0.967264771461487	0.00410198792815208	0.0	0	2020-11-13 12:48:19
0.299147754907608	0.982047379016876	0.0550019294023514	0.0	0	2020-11-13 12:48:19
0.459148049354553	1.0	0.0647799819707871	0.0704158544540405	0	2020-11-13 12:48:19
0.709332704544067	0.786643862724304	0.0956056043505669	0.138420626521111	0	2020-11-13 12:48:19
0.778266727924347	0.773596346378326	0.0941062197089195	0.200595855712891	0	2020-11-13 12:48:19
0.798185884952545	0.853363394737244	0.116646207869053	0.27890545129776	0	2020-11-13 12:48:19
0.678841710090637	0.842915117740631	0.180399462580681	0.434713482856751	0	2020-11-13 12:48:19
0.616368174552918	1.0	0.229112967848778	0.426734507083893	0	2020-11-13 12:48:20
0.534198641777039	0.957331836223602	0.431283086538315	0.549433350563049	0	2020-11-13 12:48:20
0.722921013832092	1.0	0.521872639656067	0.678736567497253	0	2020-11-13 12:48:20
0.739881157875061	1.0	0.6794713139534	0.83400684595108	0	2020-11-13 12:48:20
0.810666501522064	1.0	0.821846425533295	1.0	0	2020-11-13 12:48:20
0.940969467163086	1.0	0.899870693683624	1.0	0	2020-11-13 12:48:20
0.93780243396759	1.0	0.948941469192505	1.0	0	2020-11-13 12:48:21

1.0	1.0	0.933978915214539	1.0	0	2020-11-13 12:48:21
0.837068438529968	0.97462397813797	0.934309840202332	0.983262002468109	0	2020-11-13 12:48:21
0.658553898334503	0.921894788742065	0.906806409358978	0.995550930500031	0	2020-11-13 12:48:21
0.458406448364258	0.809942007064819	0.90787661075592	0.921226859092712	0	2020-11-13 12:48:21
0.118836089968681	0.386481642723083	0.948581159114838	0.915814638137817	0	2020-11-13 12:48:21
0.164198115468025	0.0109985889866948	1.0	0.930638432502747	0	2020-11-13 12:48:21
0.105881944298744	0.0	0.953245401382446	0.894435286521912	0	2020-11-13 12:48:22
0.758608937263489	0.0	0.719315230846405	0.868501901626587	0	2020-11-13 12:48:22
1.0	0.0	0.612742483615875	0.805021047592163	0	2020-11-13 12:48:22
1.0	0.0	0.629315257072449	0.841401636600494	0	2020-11-13 12:48:23
1.0	0.0	0.705028355121613	0.892598748207092	0	2020-11-13 12:48:23
1.0	0.0	0.686644613742828	0.857572078704834	0	2020-11-13 12:48:23
1.0	0.0	0.920636236667633	0.95807147026062	0	2020-11-13 12:48:24
0.982483685016632	0.0	1.0	0.9848513007164	0	2020-11-13 12:48:24
1.0	0.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:24
1.0	0.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:24
1.0	0.0	1.0	0.875198721885681	0	2020-11-13 12:48:24
1.0	0.0289000142365694	0.940459728240967	0.771325886249542	0	2020-11-13 12:48:25
0.987224042415619	0.134158819913864	0.921650230884552	0.738332569599152	0	2020-11-13 12:48:25
0.855473339557648	0.267005085945129	0.892544388771057	0.705078840255737	0	2020-11-13 12:48:25
0.489530920982361	0.590420842170715	0.875430881977081	0.591925501823425	0	2020-11-13 12:48:25
0.325765401124954	0.765605926513672	0.746108055114746	0.403269350528717	0	2020-11-13 12:48:25
0.105720356106758	0.8704514503479	0.55603015422821	0.248507976531982	0	2020-11-13 12:48:25
0.0	0.934003293514252	0.423210352659225	0.0846171751618385	0	2020-11-13 12:48:26
0.0	0.927647173404694	0.217845901846886	0.0	0	2020-11-13 12:48:26
0.0	0.880872845649719	0.0658590197563171	0.0	0	2020-11-13 12:48:26
0.0	0.949322760105133	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:26
0.0	0.976851642131805	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:26
0.0	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:26
0.0	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:26
0.011394084431231	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:27
0.11818566173315	0.961979269981384	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:27
0.279939323663712	0.820666491985321	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:27
0.253945976495743	0.754240989685059	0.00511614792048931	0.0	0	2020-11-13 12:48:27
0.323951870203018	0.689477562904358	0.035494189709425	0.014617620036006	0	2020-11-13 12:48:27
0.460867613554001	0.603344857692719	0.0881112068891525	0.047538660466671	0	2020-11-13 12:48:27
0.545370042324066	0.590483665466309	0.121439814567566	0.0659536123275757	0	2020-11-13 12:48:27
0.724091768264771	0.620327889919281	0.182280138134956	0.0775902196764946	0	2020-11-13 12:48:28
0.757333099842072	0.696814835071564	0.240463256835937	0.103459879755974	0	2020-11-13 12:48:28
0.815191745758057	0.825737476348877	0.36431559920311	0.192515775561333	0	2020-11-13 12:48:28
0.793933510780335	0.949752986431122	0.540279030799866	0.269656538963318	0	2020-11-13 12:48:28
0.836646974086762	1.0	0.659315168857574	0.29190593957901	0	2020-11-13 12:48:28
0.837241351604462	0.947850465774536	0.855768263339996	0.298510253429413	0	2020-11-13 12:48:28
0.872364819049835	0.98704594373703	1.0	0.328281939029694	0	2020-11-13 12:48:29
0.841763019561768	1.0	1.0	0.504478812217712	0	2020-11-13 12:48:29
0.822925209999085	0.914084553718567	1.0	0.729054808616638	0	2020-11-13 12:48:29
0.799575328826904	0.851766765117645	1.0	0.905687510967255	0	2020-11-13 12:48:29
0.714387238025665	0.83607143163681	1.0	0.978335201740265	0	2020-11-13 12:48:29
0.651330411434174	0.741598904132843	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:30
0.785314738750458	0.719301640987396	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:30
0.845630049705505	0.65858781337738	0.977749049663544	1.0	0	2020-11-13 12:48:30
1.0	0.55383288860321	0.988936364650726	1.0	0	2020-11-13 12:48:30
1.0	0.263244807720184	0.978106141090393	0.996556997299194	0	2020-11-13 12:48:30

1.0	0.0415334589779377	0.893828332424164	0.969203948974609	0	2020-11-13 12:48:31
0.913572728633881	0.0491996556520462	0.932574272155762	0.981246531009674	0	2020-11-13 12:48:31
0.832301378250122	0.0612389631569386	0.908982515335083	0.973107576370239	0	2020-11-13 12:48:31
1.0	0.0	0.981571555137634	0.806922674179077	0	2020-11-13 12:48:31
1.0	0.00300175766460598	0.978230655193329	0.64346569776535	0	2020-11-13 12:48:31
1.0	0.0551627241075039	0.950284004211426	0.583225190639496	0	2020-11-13 12:48:31
1.0	0.305613249540329	0.87090539932251	0.587559044361115	0	2020-11-13 12:48:31
0.912103414535522	0.463418006896973	0.862224876880646	0.518902182579041	0	2020-11-13 12:48:32
0.871765971183777	0.416786640882492	0.912802338600159	0.437307864427567	0	2020-11-13 12:48:32
0.797690689563751	0.457837671041489	0.896701455116272	0.371834248304367	0	2020-11-13 12:48:32
0.740574896335602	0.685187458992004	0.888483285903931	0.305487155914307	0	2020-11-13 12:48:32
0.681592047214508	0.916564464569092	0.912984073162079	0.329441368579864	0	2020-11-13 12:48:32
0.642200767993927	1.0	0.876279175281525	0.287303477525711	0	2020-11-13 12:48:32
0.705106377601624	1.0	0.799300014972687	0.256259649991989	0	2020-11-13 12:48:32
0.748742282390595	0.880795776844025	0.75964218378067	0.194079428911209	0	2020-11-13 12:48:33
0.847387313842773	0.78870552778244	0.634644865989685	0.177724629640579	0	2020-11-13 12:48:33
0.745981872081757	0.908099174499512	0.505085706710815	0.0781776160001755	0	2020-11-13 12:48:33
0.633622705936432	0.937554061412811	0.511410713195801	0.0	0	2020-11-13 12:48:33
0.495115160942078	1.0	0.481577962636948	0.0	0	2020-11-13 12:48:33
0.402136951684952	0.850398600101471	0.516674757003784	0.0	0	2020-11-13 12:48:33
0.438086360692978	0.816598892211914	0.45290943980217	0.00374835077673197	0	2020-11-13 12:48:33
0.353838592767715	0.598966062068939	0.380928426980972	0.0240675862878561	0	2020-11-13 12:48:34
0.208218723535538	0.640207767486572	0.320786982774734	0.0	0	2020-11-13 12:48:34
0.199211820960045	0.518848896026611	0.258541584014893	0.168964594602585	0	2020-11-13 12:48:34
0.0	0.39781054854393	0.205254852771759	0.380088329315186	0	2020-11-13 12:48:34
0.0	0.459692418575287	0.030935125425458	0.574838995933533	0	2020-11-13 12:48:34
0.0	0.650507152080536	0.0411984026432037	0.766304671764374	0	2020-11-13 12:48:34
0.0	1.0	0.227067515254021	1.0	0	2020-11-13 12:48:34
0.0	1.0	0.497495442628861	1.0	0	2020-11-13 12:48:35
0.0	1.0	0.619177401065826	1.0	0	2020-11-13 12:48:35
0.0	1.0	0.684236943721771	1.0	0	2020-11-13 12:48:35
0.0309174563735723	1.0	0.930824875831604	1.0	0	2020-11-13 12:48:35
0.0324995741248131	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:35
0.0469221696257591	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:35
0.134106516838074	1.0	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:36
0.251012980937958	1.0	1.0	0.978044271469116	0	2020-11-13 12:48:36
0.236346065998077	0.721676290035248	1.0	0.952810049057007	0	2020-11-13 12:48:36
0.401743680238724	0.758747935295105	1.0	0.896758913993835	0	2020-11-13 12:48:36
0.476677030324936	0.65688943862915	1.0	0.879957497119904	0	2020-11-13 12:48:36
0.649722754955292	0.682180881500244	0.931790709495544	0.90344762802124	0	2020-11-13 12:48:36
0.72765052318573	0.206561252474785	0.765631377696991	0.734033644199371	0	2020-11-13 12:48:36
0.93932318687439	0.556640207767487	0.790900230407715	0.7680783867836	0	2020-11-13 12:48:37
1.0	0.613864958286285	0.808852255344391	0.769546449184418	0	2020-11-13 12:48:37
1.0	0.473749041557312	0.700039684772491	0.700047075748444	0	2020-11-13 12:48:37
1.0	0.315317124128342	0.732294917106628	0.761625289916992	0	2020-11-13 12:48:37
1.0	0.0105636594817042	0.711709022521973	0.715591728687286	0	2020-11-13 12:48:37
1.0	0.0	0.95260614156723	0.801685929298401	0	2020-11-13 12:48:37
1.0	0.0	1.0	0.845084965229034	0	2020-11-13 12:48:37
1.0	0.0	1.0	0.848159074783325	0	2020-11-13 12:48:38
1.0	0.0	1.0	0.858300149440765	0	2020-11-13 12:48:38
0.929270446300507	0.0	1.0	0.736151039600372	0	2020-11-13 12:48:38
1.0	0.0	0.985646486282349	0.685519754886627	0	2020-11-13 12:48:38
1.0	0.0	0.949002087116241	0.712341964244843	0	2020-11-13 12:48:38

0.929990410804749	0.0152350766584277	0.878741919994354	0.758183062076569	0	2020-11-13 12:48:38
0.87421315908432	0.0642465725541115	0.828639090061188	0.720970511436462	0	2020-11-13 12:48:39
0.799630284309387	0.0771064385771751	0.838761508464813	0.628050923347473	0	2020-11-13 12:48:39
0.688716888427734	0.0221663024276495	0.845791757106781	0.546834170818329	0	2020-11-13 12:48:39
0.515696465969086	0.0512683242559433	0.719758629798889	0.346495002508163	0	2020-11-13 12:48:39
0.40507447719574	0.206436648964882	0.609168946743012	0.270266026258469	0	2020-11-13 12:48:39
0.148089066147804	0.17274084687233	0.372863620519638	0.0413868315517902	0	2020-11-13 12:48:40
0.0	0.230721279978752	0.193862482905388	0.0	0	2020-11-13 12:48:40
0.0	0.386238485574722	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:40
0.0	0.734875023365021	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:40
0.0	0.75750607252121	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:40
0.0	0.937158584594727	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:40
0.0611969865858555	1.0	0.0472541078925133	0.0	0	2020-11-13 12:48:40
0.0874572098255158	0.999999582767487	0.0220589842647314	0.0	0	2020-11-13 12:48:41
0.0561207607388496	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:41
0.168818399310112	1.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:41
0.217337891459465	1.0	0.0	0.0218674428761005	0	2020-11-13 12:48:41
0.242386341094971	1.0	0.0	0.245706140995026	0	2020-11-13 12:48:41
0.241854622960091	1.0	0.0	0.506723284721375	0	2020-11-13 12:48:41
0.160830795764923	1.0	0.0865829512476921	0.688689053058624	0	2020-11-13 12:48:42
0.0906606912612915	1.0	0.380083233118057	0.921288549900055	0	2020-11-13 12:48:42
0.0550101809203625	1.0	0.517385065555573	0.965223014354706	0	2020-11-13 12:48:42
0.0190273337066174	1.0	0.816714942455292	1.0	0	2020-11-13 12:48:42
0.0	1.0	0.874851584434509	1.0	0	2020-11-13 12:48:42
0.0	0.981380939483643	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:42
0.0	0.951365172863007	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:43
0.0	0.967174112796783	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:43
0.0	0.872926890850067	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:43
0.0	0.861697137355804	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:43
0.0	0.820016205310822	1.0	1.0	0	2020-11-13 12:48:43
0.0	0.821872353553772	1.0	0.938788890838623	0	2020-11-13 12:48:43
0.00982445385307074	0.686858177185059	0.954057931900024	0.911925494670868	0	2020-11-13 12:48:43
0.00823136977851391	0.644846618175507	0.914857923984528	0.87261289358139	0	2020-11-13 12:48:43
0.022970287129283	0.577224910259247	0.730273425579071	0.864484548568726	0	2020-11-13 12:48:44
0.0278533436357975	0.486241698265076	0.594347894191742	0.86371636390686	0	2020-11-13 12:48:44
0.053059209138155	0.471379071474075	0.454491376876831	0.807967603206635	0	2020-11-13 12:48:44
0.186282008886337	0.302814364433289	0.311684906482697	0.651313006877899	0	2020-11-13 12:48:44
0.383617550134659	0.237139537930489	0.359073996543884	0.60719895362854	0	2020-11-13 12:48:44
0.497761487960815	0.263284623622894	0.511208653450012	0.527249932289124	0	2020-11-13 12:48:44
0.676692008972168	0.154799625277519	0.571564316749573	0.475405931472778	0	2020-11-13 12:48:44
0.952929556369782	0.288680493831635	0.655410885810852	0.438604563474655	0	2020-11-13 12:48:45
1.0	0.0	0.673523008823395	0.431453853845596	0	2020-11-13 12:48:45
1.0	0.0	0.715717256069183	0.387005895376205	0	2020-11-13 12:48:45
1.0	0.234531804919243	0.730959534645081	0.354135751724243	0	2020-11-13 12:48:45
1.0	0.276373744010925	0.736794829368591	0.346728086471558	0	2020-11-13 12:48:45
1.0	0.400718569755554	0.786460041999817	0.267305582761765	0	2020-11-13 12:48:46
1.0	0.0	0.886069297790527	0.233306556940079	0	2020-11-13 12:48:46
1.0	0.175191819667816	0.925942838191986	0.33012267947197	0	2020-11-13 12:48:46
0.972949862480164	0.992515563964844	1.0	0.55431455373764	0	2020-11-13 12:48:46
0.922294318675995	0.911241173744202	0.884257972240448	0.696487426757813	0	2020-11-13 12:48:46
0.913841664791107	0.692475914955139	0.789661169052124	0.717053413391113	0	2020-11-13 12:48:46
0.887770354747772	0.201325982809067	0.566366791725159	0.813702583312988	0	2020-11-13 12:48:47
0.883253395557404	0.248309329152107	0.484899669885635	0.748903691768646	0	2020-11-13 12:48:47

0.818106174468994	0.587556481361389	0.396498054265976	0.690547704696655	0	2020-11-13 12:48:47
0.77966845035553	0.358230590820312	0.308858394622803	0.608243763446808	0	2020-11-13 12:48:47
0.748298287391663	0.395396411418915	0.291501641273499	0.521121442317963	0	2020-11-13 12:48:47
0.749534845352173	0.632382214069366	0.224918067455292	0.525551557540894	0	2020-11-13 12:48:47
0.739346325397491	0.484324634075165	0.0693370178341866	0.559012353420258	0	2020-11-13 12:48:47
0.694425702095032	1.0	0.0	0.566054701805115	0	2020-11-13 12:48:48
0.685394704341888	0.725738525390625	0.0	0.512130737304688	0	2020-11-13 12:48:48
0.673446893692017	0.672114551067352	0.0	0.385863572359085	0	2020-11-13 12:48:48
0.746967136859894	0.0	0.0	0.0556562468409538	0	2020-11-13 12:48:48
0.760335803031921	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:48
0.605109393596649	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:48
0.652500033378601	0.00054168701171875	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:48
0.709612727165222	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:48
0.860659599304199	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:48
0.833379447460175	0.0	0.0188747588545084	0.0183747820556164	0	2020-11-13 12:48:48
0.836478888988495	0.0	0.00832824409008026	0.00440738629549742	0	2020-11-13 12:48:49
0.842118740081787	0.0	0.0158477444201708	0.0506933592259884	0	2020-11-13 12:48:49
0.909899711608887	0.0	0.0202178377658129	0.0824475362896919	0	2020-11-13 12:48:49
0.887776970863342	0.0	0.104135610163212	0.148825541138649	0	2020-11-13 12:48:49
0.998890519142151	0.0220746323466301	0.135678574442863	0.223739117383957	0	2020-11-13 12:48:49
0.84778618812561	0.0	0.287692606449127	0.21403531730175	0	2020-11-13 12:48:49
0.961190402507782	0.265373051166534	0.359392672777176	0.196505412459373	0	2020-11-13 12:48:49
1.0	0.0	0.565972328186035	0.141416296362877	0	2020-11-13 12:48:50
1.0	0.0	0.580523490905762	0.126317232847214	0	2020-11-13 12:48:50
0.983546316623688	0.0	0.620833575725555	0.164276465773582	0	2020-11-13 12:48:50
1.0	0.0	0.619160830974579	0.148337855935097	0	2020-11-13 12:48:50
0.972190082073212	0.765505969524384	0.577684819698334	0.149675875902176	0	2020-11-13 12:48:50
0.910321056842804	1.0	0.57096940279007	0.261677145957947	0	2020-11-13 12:48:50
0.834253370761871	1.0	0.65588253736496	0.331962019205093	0	2020-11-13 12:48:50
0.64584082365036	1.0	0.656262934207916	0.417655467987061	0	2020-11-13 12:48:51
0.645102739334106	1.0	0.661926925182343	0.329042196273804	0	2020-11-13 12:48:51
0.653502106666565	1.0	0.603692710399628	0.32495254278183	0	2020-11-13 12:48:51
0.837822139263153	0.857909202575684	0.474080681800842	0.456970989704132	0	2020-11-13 12:48:51
0.850015640258789	0.640000998973846	0.443087249994278	0.523809015750885	0	2020-11-13 12:48:51
0.848968625068665	0.694277942180634	0.337449908256531	0.567133665084839	0	2020-11-13 12:48:51
0.780566036701202	0.550767540931702	0.239256501197815	0.670268297195435	0	2020-11-13 12:48:52
0.770811378955841	1.0	0.210466876626015	0.689214050769806	0	2020-11-13 12:48:52
0.800671398639679	0.497615039348602	0.141282454133034	0.729111194610596	0	2020-11-13 12:48:52
0.806642591953278	0.338047802448273	0.155808180570602	0.800790786743164	0	2020-11-13 12:48:52
0.927552402019501	0.0	0.186831161379814	0.79028594493866	0	2020-11-13 12:48:52
1.0	0.0	0.219451263546944	0.634155869483948	0	2020-11-13 12:48:52
1.0	0.0	0.0246012918651104	0.482902646064758	0	2020-11-13 12:48:53
1.0	0.0	0.0	0.500327467918396	0	2020-11-13 12:48:53
1.0	0.0	0.0	0.438206076622009	0	2020-11-13 12:48:53
0.882085025310516	0.0	0.0	0.299421399831772	0	2020-11-13 12:48:53
0.792812585830689	0.0	0.0	0.161587610840797	0	2020-11-13 12:48:53
0.670874238014221	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:53
0.661229193210602	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:53
0.735415160655975	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:54
0.673066020011902	0.0	0.00675718253478408	0.0	0	2020-11-13 12:48:54
0.678244948387146	0.0	0.0118956081569195	0.0	0	2020-11-13 12:48:54
0.655132174491882	0.0	0.0	0.0	0	2020-11-13 12:48:54
0.498453795909882	0.0	0.0	0.080709308385849	0	2020-11-13 12:48:54

0.0	0.0	0.00147343589924276	0.0	0	2020-11-13 12:49:02
0.0	0.00356703624129295	0.0	0.000448060338385403	0	2020-11-13 12:49:02
0.000406017294153571	0.00233429041691124	0.00024566103820689	0.0	0	2020-11-13 12:49:02
0.00367484521120787	0.0130295716226101	0.0	0.00335514103062451	0	2020-11-13 12:49:02
0.0062693664804101	0.0169967114925385	0.0	0.00287319859489799	0	2020-11-13 12:49:02
0.00748034985736012	0.0177493616938591	0.0	0.00576738780364394	0	2020-11-13 12:49:03
0.00852732639759779	0.0198519062250853	0.0	0.00740110874176025	0	2020-11-13 12:49:03
0.0028965546657741	0.0248070899397135	0.0	0.00625148229300976	0	2020-11-13 12:49:03
0.00149668520316482	0.0263195764273405	0.0	0.00483906362205744	0	2020-11-13 12:49:03
0.00265592453069985	0.0220682732760906	0.0	0.0030598952434957	0	2020-11-13 12:49:04
0.00240507256239653	0.0239960290491581	0.0013343330938369	0.00500421412289143	0	2020-11-13 12:49:04
0.00504233129322529	0.0224872827529907	0.00420608138665557	0.00627667549997568	0	2020-11-13 12:49:04
0.000889430171810091	0.0131665244698524	0.0107460776343942	0.0	0	2020-11-13 12:49:04
0.00273635471239686	0.0101961717009544	0.0133936489000916	0.000161173913511448	0	2020-11-13 12:49:04
0.0	0.00979211274534464	0.0138084981590509	0.000388342974474654	0	2020-11-13 12:49:04
0.00119752285536379	0.0	0.0154228368774056	0.0	0	2020-11-13 12:49:04
0.00127649144269526	0.0	0.0140577899292111	0.0	0	2020-11-13 12:49:05
0.00564664183184505	0.0	0.0152266332879663	0.0	0	2020-11-13 12:49:05
0.00749782659113407	0.0	0.0160720851272345	0.0	0	2020-11-13 12:49:05
0.00917998794466257	0.0	0.0143836177885532	0.0	0	2020-11-13 12:49:05
0.0111371157690883	0.00180238939356059	0.0175082255154848	0.00112681393511593	0	2020-11-13 12:49:05
0.00750757567584515	0.0	0.023798793554306	0.000442826509242877	0	2020-11-13 12:49:05
0.00671260245144367	0.0	0.0229960214346647	0.0	0	2020-11-13 12:49:05
0.00707209343090653	0.0	0.0214557815343142	0.0	0	2020-11-13 12:49:05
0.00545610813423991	0.00151120417285711	0.00652189599350095	0.0	0	2020-11-13 12:49:06
0.00364287267439067	0.00447517121210694	0.00391317997127771	0.0	0	2020-11-13 12:49:06
0.00142382062040269	0.0	0.000999070005491376	0.0	0	2020-11-13 12:49:06
0.000836795486975461	0.0	0.0	0.000343674939358607	0	2020-11-13 12:49:06
0.0	0.0	0.0039591514505446	0.00556159764528275	0	2020-11-13 12:49:07
0.0	0.0	0.0052638332908154	0.00751663884148002	0	2020-11-13 12:49:07
0.0	0.0	0.0104787573218346	0.00983780436217785	0	2020-11-13 12:49:07
0.0	0.0	0.00243319477885962	0.00781832728534937	0	2020-11-13 12:49:07
0.0	0.0	0.0	0.0128488419577479	0	2020-11-13 12:49:07
0.00116790924221277	0.0	0.0	0.0202253423631191	0	2020-11-13 12:49:07
0.000526876479852945	0.00671093910932541	0.0152307217940688	0.034432876855135	0	2020-11-13 12:49:07
0.000233379745623097	0.0202653147280216	0.0256942678242922	0.0383185371756554	0	2020-11-13 12:49:07
0.0	0.0192861184477806	0.0323123820126057	0.0335051454603672	0	2020-11-13 12:49:07
0.0	0.016783706843853	0.0394258722662926	0.0334039330482483	0	2020-11-13 12:49:08
0.00738263828679919	0.0269662067294121	0.0436658337712288	0.0322139225900173	0	2020-11-13 12:49:08
0.00605105375871062	0.0311246793717146	0.0410274714231491	0.0281557217240334	0	2020-11-13 12:49:08
0.00674304878339171	0.029581455513835	0.0386206470429897	0.0237272400408983	0	2020-11-13 12:49:08
0.0104932459071279	0.0319535210728645	0.0319197028875351	0.0115275923162699	0	2020-11-13 12:49:08
0.0186246186494827	0.0387305393815041	0.0253879204392433	0.00678417645394802	0	2020-11-13 12:49:08
0.025817658752203	0.0485524944961071	0.0215510297566652	0.0102051151916385	0	2020-11-13 12:49:08
0.0396335683763027	0.0462228693068028	0.0194412115961313	0.0261166673153639	0	2020-11-13 12:49:08
0.0420123673975468	0.0395817905664444	0.00142829422838986	0.0200456939637661	0	2020-11-13 12:49:09
0.0428044386208057	0.0296131670475006	0.0	0.00990425888448954	0	2020-11-13 12:49:09
0.0376309342682362	0.0197529066354036	0.0	0.0105789499357343	0	2020-11-13 12:49:09
0.0353736132383347	0.00568958558142185	0.0	0.0108550358563662	0	2020-11-13 12:49:09
0.0268708523362875	0.000336153520038351	0.0	0.012485358864069	0	2020-11-13 12:49:09
0.0251887924969196	0.0	0.0	0.0205003917217255	0	2020-11-13 12:49:09
0.021554920822382	0.0	0.0	0.0186119899153709	0	2020-11-13 12:49:09
0.0135940369218588	0.0	0.0	0.0225062426179647	0	2020-11-13 12:49:09

0.00400082673877478	0.00120396888814867	0.0	0.0293999798595905	0	2020-11-13 12:49:10
0.000429407198680565	0.0	0.0	0.035356193780899	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.00600330391898751	0.0	0.0294052194803953	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.0102091198787093	0.0	0.0232597347348928	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.0145528726279736	0.0	0.0106492592021823	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.0147448843345046	0.000430238258559257	0.000959617435000837	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.0160754136741161	0.00112192030064762	0.000897317018825561	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.0156279355287552	0.00394651899114251	0.00227217702195048	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.0141304237768054	0.00184224243275821	0.0116386013105512	0	2020-11-13 12:49:10
0.000174512388184667	0.0132572762668133	0.00104821915738285	0.0111063020303845	0	2020-11-13 12:49:10
0.0	0.021546758711338	0.00205268850550055	0.0172674246132374	0	2020-11-13 12:49:11
0.000681843550410122	0.0295831318944693	0.000698590301908553	0.0214614551514387	0	2020-11-13 12:49:11
0.0046901092864573	0.0367264710366726	0.00362194189801812	0.018042329698801	0	2020-11-13 12:49:11
0.00237933872267604	0.0478028804063797	0.0	0.0186851061880589	0	2020-11-13 12:49:11
0.00398256117478013	0.0413295850157738	0.0	0.0184360556304455	0	2020-11-13 12:49:11
0.0052289180457592	0.0443369261920452	0.0020180344581604	0.0255064442753792	0	2020-11-13 12:49:11
0.0135407615453005	0.054801270365715	0.00745964655652642	0.034137986600399	0	2020-11-13 12:49:11
0.0193742774426937	0.0745847150683403	0.0161561071872711	0.0344354249536991	0	2020-11-13 12:49:11
0.0280737336724997	0.0846938639879227	0.0179494265466928	0.0326732024550438	0	2020-11-13 12:49:12
0.0377750918269157	0.0946760699152947	0.0126392543315887	0.0182797908782959	0	2020-11-13 12:49:12
0.0397065542638302	0.102455705404282	0.0120351016521454	0.0136740542948246	0	2020-11-13 12:49:12
0.0439450182020664	0.109091855585575	0.0163740757852793	0.0236883480101824	0	2020-11-13 12:49:12
0.0443661473691464	0.10658810287714	0.0275906138122082	0.0336736105382442	0	2020-11-13 12:49:12
0.0475506596267223	0.103415995836258	0.0337493605911732	0.0311389155685902	0	2020-11-13 12:49:12
0.0583721101284027	0.100132770836353	0.0547291859984398	0.0503035299479961	0	2020-11-13 12:49:12
0.0831383466720581	0.120504446327686	0.0621205382049084	0.0618165358901024	0	2020-11-13 12:49:12
0.099744901061058	0.175711333751678	0.103322550654411	0.0865423455834389	0	2020-11-13 12:49:13
0.114189460873604	0.20230607688427	0.162877485156059	0.102471433579922	0	2020-11-13 12:49:13

Anexo 4. Programación para procesamiento en tiempo real

```
"""
Universidad Tecnica del norte
Procesamiento de señales EMG
Byron Agustin Vera Trujillo
ing Mecatronica
"""

from pylsl import StreamInlet, resolve_stream
import time
import datetime
import sqlite3
import math

#creacion de la base de datos en sqlite3
conn = sqlite3.connect('EMG_pruebasfinales.db')# NOMBRE DE LA BASE DE DATOS
c = conn.cursor()
def create_table():
    c.execute('CREATE TABLE IF NOT EXISTS EMG(Vasto FLOAT, Aductor FLOAT, Semitendinoso FLOAT,
Gluteo_m FLOAT, CICLOS INT, DATE TEXT)')
    # c.execute('CREATE TABLE IF NOT EXISTS EMG_Apoyo(EMG1 FLOAT, EMG2 FLOAT, EMG3 FLOAT, EMG4
FLOAT, CICLOS INT, DATE TEXT, ACx FLOAT, ACy FLOAT, ACz FLOAT)')

# si no la encuentra crea la tabla

def data_entry (emg1, emg2, emg3, emg4, ciclos):#datos que entran
    unix = time.time()
    date = str(datetime.datetime.fromtimestamp(unix).strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')) # obtener
fecha y hora
    c.execute("INSERT INTO EMG (Vasto, Aductor, Semitendinoso, Gluteo_m, CICLOS, DATE )
VALUES(?, ?, ?, ?, ?)",
        (emg1, emg2, emg3, emg4, ciclos, date)) #ingresar variables
    conn.commit()
    create_table()

print("Looking for an EMG stream...")
streams = resolve_stream('type', 'EEG') # busca el stream
inlet = StreamInlet(streams[0]) # estream emg [
#inlet_ch2 = StreamInlet(streams[1]) # stream de acelerometro
# inlet_ch2 = StreamInlet(streams[1])
print("EMG stream found!")
# initialize time threshold and variables for storing times
# variables con las que trabajo
flex_thres = 6# nivel de activacion de musculos, si no funca el siguiente pues a cambiar a
enteros para la comparacion
noac = 4 #nivel de baja actividad en los musculos
sampleo = 0 # temporal temporal temporal hasta hacerlo con un boton para acabar la medicion
temporal temporal
contador = 0
ciclos = 0
musculo = ' '
contador_s = 0
verificador = 0
# senales EMG
emg1 = 0.0
emg2 = 0.0
emg3 = 0.0
emg4 = 0.0

alta_ac = 0
```

```

# Acelerometros
ejex = 0.0
ejey = 0.0
ejez = 0.0

angulox = 0.0

print('Las pruebas determinan el fin y comienzo del ciclo de la marcha')
print('asegurarse de que el stream se encuentra activo')
print('el programa te avisara cada vez que la fase de balanceo se haya completado')
print('las senales no pueden determinar al 100% ciertas caracteriticas, ya que varian mucho en
un mismo individuo debido a factores externo e internos')
print('que hacen que varien las lecturas de las senales' )
opcion = input('presione cualquier tecla: ')

unix = time.time()
ncsv = str(datetime.datetime.fromtimestamp(unix).strftime('%Y-%m-%d %H %M %S'))
fn = 0
#Creacion del archivo .csv
archivo = open(f'EMG {ncsv}'+'.csv', "w")
archivo.write('Vasto_Medial')
archivo.write(',')
archivo.write('Aductor_largo')
archivo.write(',')
archivo.write('Semitendinoso')
archivo.write(',')
archivo.write('Gluteo_Mayor')
archivo.write(',')
archivo.write('Inicio_y_fin_del_ciclo_de_marcha')
archivo.write("\n")

while True:
    sampleo += 1
    #print(sampleo)

    samples, timestamp = inlet.pull_sample() # get EMG data sample and its timestamp
    #samplesa = inlet_ch2.pull_sample() # get acelerometros data
    #print (samples[0])
    emg1 = samples[0]
    emg2 = samples[1]
    emg3 = samples[2]
    emg4 = samples[3]
#escritura en archivo csv
    archivo.write(str(emg1))
    archivo.write(',')
    archivo.write(str(emg2))
    archivo.write(',')
    archivo.write(str(emg3))
    archivo.write(',')
    archivo.write(str(emg4))
    archivo.write(',')
    archivo.write(str(fn))
    archivo.write("\n")

    data_entry(emg1, emg2, emg3, emg4, ciclos) # las senales que entran van a la base de datos
primero
    sampleo = sampleo +1
    # hay problemas al comparar numeros con muchos decimales, la solucion fue multiplicar el
numero y redondearlo para la comparacion
    emg1 = emg1 * 10
    emg2 = emg2 * 10
    emg3 = emg3 * 10

```

```

emg4 = emg4 * 10
emg1 = round(emg1)
emg2 = round(emg2)
emg3 = round(emg3)
emg4 = round(emg4)
#print(emg1)

if fn==1:
    fn=0
# analisis de señales EMG
opcion = 1
if (opcion==1) :

    if (emg1 >= flex_thres) or (emg2 >= flex_thres): # actividad de activacion e inicio de
balanceo
        contador = contador + 1
        # contador = aductor_m(contador) si la senal llega a un nivel acto de actividad manda
a un contador principal
        elif (emg1 <= 2) and (emg2 >= 6):
            contador_s = contador_s + 1 #si la senal es menor a 0.1 cuenta como musculo en reposo,
utiliza un contador secundario para eliminar los satelites
        elif (emg1 <= noac) and (emg2 <= noac) and (emg3 <= noac): # verificar musculos en
descansa antes de comenzar otra fase
            verificador = verificador + 1
            print(verificador)
        elif (emg1 >= flex_thres) and (emg2 >= flex_thres) and (emg3 >= flex_thres) and (emg4 >=
flex_thres):
            alta_ac = alta_ac + 1
        if (contador > 1) and (verificador > 2):
            contador = 0
            contador_s = 0
            verificador = 0
            alta_ac = 0
        elif (contador > 6) : # determinar si las senales son de la marcha a 2 km/h
            print ('fase de balanceo completa')
            if (verificador >= 1): # al terminar el ciclo de la marcha en la fase de apoyo los
musculos medidos bajan la actividad a una de descanso
                print ('ciclo finalizado')
                ciclos = ciclos + 1 # si el contador princpal tienea mas de 6 muestras con alto
nivel cuenta como un ciclo completo de ese musculo
                print ('ciclo N ' + str(ciclos))
                contador = 0
                contador_s = 0
                verificador =0
                alta_ac = 0

            fn = 1
            # reinicia las variables con las que trabaja

        elif (contador > 3) :
            print ('comienza otro ciclo')
            print ('comienzo de la fase de balanceo')# si el contador principal es mayor a 9 va a
la mitad del ciclo en el musculo (vasto medio)

            continue
        if (contador < 1) and (contador_s > contador) :
            contador_s = 0
            contador = 0
            print("borrando contador")# a veces hay una actividad alta asi que comprar con el
contador secundario si hay mas en reposo que en actividad bora los contadores
        elif (verificador >= 20) :
            print('no se encuentra ningun tipo de actividad electrica en los musculos')

```

```
elif (alta_ac > 10):
    print("canales de medicion saturados")

if (sampleo >= 200) :
    conn.close() # cierra la comunicación con la base de datos a los xxx samples que pongas
en el if c: , si no la cierras no se guarda :v
    archivo.close()
    break
# if __name__ == '__main__':
```

Anexo 5 Interfaz de usuario

```
"""
Byron Agustín Vera
Procesamiento de señales EMG durante La marcha huamana
Universidad Técnica del Norte
"""
from PyQt5.QtWidgets import *
from interfaz import Ui_MainWindow
import sys, eventos
from PyQt5.QtGui import QCloseEvent

#llamamos a la clase donde se encuentra la interfaz y la grafica para abrir la ventana
class ProcesamientoEMG(QMainWindow):

    def __init__(self):
        super(ProcesamientoEMG, self).__init__()
        self.ui = Ui_MainWindow() # nombre de la class
        self.ui.setupUi(self)

        self.aux = True
        #variables de mensaje de advertencia
        self.ui.pushButton_2.clicked.connect(lambda: self.inicio(0))

        #validacion
        def inicio(self,ac):
#una vez realizada una evaluacion no se necesita confirmar, solo se preciona de nuevo el boton
        control = self.validar(2)
#una vez validado la conexion se realiza el evento que se encuentra en otra capa
        if control:
            eventos.procesamiento(
                self.ui.label_2
            )

        #-----mensaje de advertencia-----
#si el mensaje de advertencia se selecciona que no se encuentra listo una etiqueta cambiara de
estado
        def validar(self, parametro):
#al aplastar no, no se realiza la evaluacion
        if self.aux == True:
            msgbox = QMessageBox()
            msgbox.setWindowTitle("Atencion!")
            msgbox.setIcon(QMessageBox.Warning)
            msgbox.setStandardButtons(QMessageBox.Yes | QMessageBox.No)
            btnSi = msgbox.button(QMessageBox.Yes).setText("Continuar")
            msgbox.setText(
                "Estas a punto de iniciar la medición\nSi el protocolo LSL se encuentra en
linea precione continuar")
            respuesta = msgbox.exec_()
            if respuesta == QMessageBox.Yes:
                self.aux = False
                opcion = 1
                eventos.textolabel(
                    opcion,
                    self.ui.label_2
                )
                return 1
            else:
                opcion=2
                eventos.textolabel(
                    opcion,
                    self.ui.label_2
```



```
)
return 0
```

```
if __name__ == "__main__":
    app = QApplication(sys.argv)
    mi_aplicacion = ProcesamientoEMG()
    mi_aplicacion.show()
    sys.exit(app.exec_())
```

Eventos de programa (Procesamiento)

```
"""
Capa donde se realiza el procesamiento EMG en la interfaz de usuario
"""
from pylsl import StreamInlet, resolve_stream
import time
import datetime
import sqlite3
#esta funcion cambia el estado y valida el procesamiento una vez realizada la conexion
def textolabel(opcion,label):
    if opcion == 1:
        global streams
        streams = resolve_stream('type', 'EEG') # busca el stream
        inlet = StreamInlet(streams[0])
        label.setText("Conexion exitosa")
    if opcion == 2:
        label.setText("Asegurate de realizar el Stream")
# funcion donde entran los datos que envia la funcion de procesamiento para ser guardados en la
base de datos de sqlite3
def data_entry (c, conn, emg1, emg2, emg3, emg4, ciclos):#datos que entran
    unix = time.time()
    date = str(datetime.datetime.fromtimestamp(unix).strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')) # obtener
fecha y hora
    c.execute("INSERT INTO EMG (Vasto, Aductor, Semitendinoso, Gluteo_m, CICLOS, DATE )
VALUES(?, ?, ?, ?, ?, ?)",
            (emg1, emg2, emg3, emg4, ciclos, date)) #ingresar variables
    conn.commit()
#creacion de la tabla donde se guardan los valores, en caso de que si exista solo continua
desde la ultima posicion en la tabal
def create_table(c):
    c.execute('CREATE TABLE IF NOT EXISTS EMG(Vasto FLOAT, Aductor FLOAT, Semitendinoso FLOAT,
Gluteo_m FLOAT, CICLOS INT, DATE TEXT)')

#logaritmo para la deteccion de la marcha
def procesamiento(label):
    conn = sqlite3.connect('Base0.db') # NOMBRE DE LA BASE DE DATOS
    c = conn.cursor()
    create_table(c)
    flex_thres = 7 # nivel de activacion de musculos, si no funca el siguiente pues a cambiar
a enteros para la comparacion
    noac = 4 #nivel de baja actividad de los musculos
    sampleo = 0 #variable para cerrar ciclo de procesamiento
    contador = 0 #variable para llevar cuenta de cuanto tiempo a estado activo el musculo
    ciclos = 0 #ciclos realizados en la marcha
    contador_s = 0 #contador para descartar señales difusas
    verificador = 0 # variable para el uso de verificacion
    label.setText("Procesamiento en marcha...")
    samplea = 1
```

```

unix = time.time()
ncsv = str(datetime.datetime.fromtimestamp(unix).strftime('%Y-%m-%d %H %M %S'))
fn = 0
# Creacion del archivo .csv
archivo = open(f'EMG {ncsv}' + '.csv', "w")
archivo.write('Vasto_Medial')
archivo.write(',')
archivo.write('Aductor_largo')
archivo.write(',')
archivo.write('Semitendinoso')
archivo.write(',')
archivo.write('Gluteo_Mayor')
archivo.write(',')
archivo.write('Inicio_y_fin_del_ciclo_de_marcha')
archivo.write("\n")

if samplea == 1:
    while samplea:
        sampleo += 1
        # print(sampleo)
        inlet = StreamInlet(streams[0])
        samples, timestamp = inlet.pull_sample() # get EMG data sample and its timestamp
        # samplea = inlet_ch2.pull_sample() # get acelerometros data
        # print (samples[0])
        emg1 = samples[0]
        emg2 = samples[1]
        emg3 = samples[2]
        emg4 = samples[3]
        data_entry(c, conn, emg1, emg2, emg3, emg4, ciclos) # las senales que entran van a
la base de datos primero
        #las señales crean un archivo de la sesion
        archivo.write(str(emg1))
        archivo.write(',')
        archivo.write(str(emg2))
        archivo.write(',')
        archivo.write(str(emg3))
        archivo.write(',')
        archivo.write(str(emg4))
        archivo.write(',')
        archivo.write(str(fn))
        archivo.write("\n")
        if fn == 1:
            fn = 0

        sampleo = sampleo + 1
        # hay problemas al comparar numeros con muchos decimales, la solucion fue
multiplicar el numero y redondearlo para la comparacion
        emg1 = emg1 * 10
        emg2 = emg2 * 10
        emg3 = emg3 * 10
        emg4 = emg4 * 10
        emg1 = round(emg1)
        emg2 = round(emg2)
        emg3 = round(emg3)
        emg4 = round(emg4)
        # print(emg1)
        # esta parte del

        # analisis de señales EMG
        opcion = 1
        if (opcion == 1):

```

```

        if (emg1 >= flex_thres) or (emg2 >= flex_thres): # actividad de activacion e
inicio de balanceo
            contador = contador + 1
            # contador = aductor_m(contador) si la senal llega a un nivel acto de
actividad manda a un contador principal
            elif (emg1 <= 2) and (emg2 >= 7):
                contador_s = contador_s + 1 # si la senal es menor a 0.1 cuenta como
musculo en reposo, utiliza un contador secundario para eliminar los satelites
            elif (emg1 <= noac) and (emg2 <= noac): # verificar musculos en descansa antes
de comenzar otra fase
                verificador = verificador + 1
                print(verificador)
            elif (emg1 >= flex_thres) and (emg2 >= flex_thres) and (emg3 >= flex_thres) and
(emg4 >= flex_thres):
                alta_ac = alta_ac + 1
                if (contador > 6): # determinar si las senales son de la marcha a 2 km/h
                    print('fase de balanceo completa')
                    if (
                        verificador >= 1): # al terminar el ciclo de la marcha en la fase
de apoyo los musculos medidos bajan la actividad a una de descanso
                        print('ciclo finalizado')
                        ciclos = ciclos + 1 # si el contador prncipal tienea mas de 6
muestras con alto nivel cuenta como un ciclo completo de ese musculo
                        print('ciclo N ' + str(ciclos))
                        contador = 0
                        contador_s = 0
                        verificador = 0
                        alta_ac = 0
                        # reinicia las variables con las que trabaja

                    elif (contador > 3):
                        print('comienza otro ciclo')
                        print(
                            'comienzo de la fase de balanceo') # si el contador principal es mayor
a 9 va a la mitad del ciclo en el musculo (vasto medio)

                        continue
                    elif (contador < 1) and (contador_s > contador):
                        contador_s = 0
                        contador = 0
                        print(
                            "borrando contador") # a veces hay una actividad alta asi que comprar
con el contador secundario si hay mas en reposo que en actividad bora los contadors
                    elif (verificador >= 20):
                        print('no se encuentra ningun tipo de actividad electrica en los musculos')

                if (sampleo >= 200):
                    conn.close() # cierra la comunicacion con la base de datos a los xxx samples
que pongas en el if c: , si no la cierras no se guarda :v
                    label.setText("Listo para otra prueba")
                    break

```

Interfaz

```

# -*- coding: utf-8 -*-

# Form implementation generated from reading ui file 'interfas.ui'
#
# Created by: PyQt5 UI code generator 5.15.2

```

```

#
# WARNING: Any manual changes made to this file will be lost when pyuic5 is
# run again. Do not edit this file unless you know what you are doing.

from PyQt5 import QtCore, QtGui, QtWidgets
import matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt

matplotlib.use('Qt5Agg')
from PyQt5 import QtCore, QtWidgets
from PyQt5.QtWidgets import QFileDialog
from matplotlib.backends.backend_qt5agg import FigureCanvasQTAgg, NavigationToolbar2QT as Navi
from matplotlib.figure import Figure
import seaborn as sns
import pandas as pd
import sip

import platform

# Use NSURL as a workaround to pyside/Qt4 behaviour for dragging and dropping on OSX
op_sys = platform.system()
if op_sys == 'Darwin':
    from Foundation import NSURL

#esta clase se la hace para que la figura de matplolib tenga un lugar donde realizar la
vzualizacion
class MatplotlibCanvas(FigureCanvasQTAgg):
    def __init__(self, parent=None, dpi=120):
        fig = Figure(dpi=dpi)
        self.axes = fig.add_subplot(111)
        super(MatplotlibCanvas, self).__init__(fig)
        fig.tight_layout()

class Ui_MainWindow(object):
    def setupUi(self, MainWindow):
        MainWindow.setObjectName("MainWindow")
        MainWindow.resize(800, 600)
        self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow)
        self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")
        self.gridLayout_2 = QtWidgets.QGridLayout(self.centralwidget)
        self.gridLayout_2.setObjectName("gridLayout_2")
        self.gridLayout = QtWidgets.QGridLayout()
        self.gridLayout.setObjectName("gridLayout")
        self.pushButton_2 = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
        self.pushButton_2.setObjectName("pushButton_2")
        self.gridLayout.addWidget(self.pushButton_2, 0, 0, 1, 1)
        spacerItem = QtWidgets.QSpacerItem(40, 20, QtWidgets.QSizePolicy.Expanding,
QtWidgets.QSizePolicy.Minimum)
        self.gridLayout.addItem(spacerItem, 0, 2, 1, 1)
        self.label_2 = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
        self.label_2.setText("")
        self.label_2.setObjectName("label_2")
        self.gridLayout.addWidget(self.label_2, 0, 1, 1, 1)
        self.gridLayout_2.addLayout(self.gridLayout, 0, 0, 1, 2)
        self.horizontalLayout = QtWidgets.QHBoxLayout()
        self.horizontalLayout.setObjectName("horizontalLayout")
        self.label = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
        self.label.setObjectName("label")
        self.horizontalLayout.addWidget(self.label)
        self.comboBox = QtWidgets.QComboBox(self.centralwidget)
        self.comboBox.setObjectName("comboBox")

```

```

self.horizontalLayout.addWidget(self.comboBox)
self.pushButton = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
self.pushButton.setObjectName("pushButton")
self.horizontalLayout.addWidget(self.pushButton)
spacerItem1 = QtWidgets.QSpacerItem(40, 20, QtWidgets.QSizePolicy.Expanding,
QtWidgets.QSizePolicy.Minimum)
self.horizontalLayout.addItem(spacerItem1)
self.gridLayout_2.addLayout(self.horizontalLayout, 1, 0, 1, 2)
self.verticalLayout = QtWidgets.QVBoxLayout()
self.verticalLayout.setObjectName("verticalLayout")
spacerItem2 = QtWidgets.QSpacerItem(20, 40, QtWidgets.QSizePolicy.Minimum,
QtWidgets.QSizePolicy.Expanding)
self.verticalLayout.addItem(spacerItem2)
self.gridLayout_2.addLayout(self.verticalLayout, 2, 0, 1, 2)
MainWindow.setCentralWidget(self.centralwidget)
self.menubar = QtWidgets.QMenuBar(MainWindow)
self.menubar.setGeometry(QtCore.QRect(0, 0, 800, 21))
self.menubar.setObjectName("menubar")
self.menuArchivo = QtWidgets.QMenu(self.menubar)
self.menuArchivo.setObjectName("menuArchivo")
MainWindow.setMenuBar(self.menubar)
self.statusbar = QtWidgets.QStatusBar(MainWindow)
self.statusbar.setObjectName("statusbar")
MainWindow.setStatusBar(self.statusbar)
self.actionAbrir_archivo_csv = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionAbrir_archivo_csv.setObjectName("actionAbrir_archivo_csv")
self.actionSalir = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionSalir.setObjectName("actionSalir")
self.menuArchivo.addAction(self.actionAbrir_archivo_csv)
self.menuArchivo.addAction(self.actionSalir)
self.menubar.addAction(self.menuArchivo.menuAction())
# en esta parte se agrega la funcion para poder graficar
self.retranslateUi(MainWindow)
QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow)
self.filename = ''
self.canv = MatplotlibCanvas(self)
self.df = []
# creacion de la barra de herramientas
self.toolbar = Navi(self.canv, self.centralwidget)
self.horizontalLayout.addWidget(self.toolbar)
# creacion de items en el combobox donde se escoge el tema
self.themes = ['bmh', 'classic', 'dark_background', 'fast',
'fivethirtyeight', 'ggplot', 'grayscale', 'seaborn-bright',
'seaborn-colorblind', 'seaborn-dark-palette', 'seaborn-dark',
'seaborn-darkgrid', 'seaborn-deep', 'seaborn-muted', 'seaborn-notebook',
'seaborn-paper', 'seaborn-pastel', 'seaborn-poster', 'seaborn-talk',
'seaborn-ticks', 'seaborn-white', 'seaborn-whitegrid', 'seaborn',
'Solarize_Light2', 'tableau-colorblind10']

self.comboBox.addItem(self.themes)

self.pushButton.clicked.connect(self.getFile)
self.comboBox.currentIndexChanged['QString'].connect(self.Update)
self.actionSalir.triggered.connect(MainWindow.close)
self.actionAbrir_archivo_csv.triggered.connect(self.getFile)

def Update(self, value):
    print("Value from Combo Box:", value)
    plt.clf()
    plt.style.use(value)
    try:
        self.horizontalLayout.removeWidget(self.toolbar)

```

```

        self.verticalLayout.removeWidget(self.canv)

        sip.delete(self.toolbar)
        sip.delete(self.canv)
        self.toolbar = None
        self.canv = None
        self.verticalLayout.removeItem(self.spacerItem1)
    except Exception as e:
        print(e)
        pass
    self.canv = MatplotlibCanvas(self)
    self.toolbar = Navi(self.canv, self.centralwidget)

    self.horizontalLayout.addWidget(self.toolbar)
    self.verticalLayout.addWidget(self.canv)

    self.canv.axes.cla()
    ax = self.canv.axes
    self.df.plot(ax=self.canv.axes)
    legend = ax.legend()
    legend.set_draggable(True)

    ax.set_xlabel('Samples')
    ax.set_ylabel('Actividad electrica Muscular')
    ax.set_title(self.Title)

    self.canv.draw()

def getFile(self):
    """ This function will get the address of the csv file location
        also calls a readData function
    """
    self.filename = QFileDialog.getOpenFileName(filter="csv (*.csv)")[0]
    print("File :", self.filename)
    self.readData()

def readData(self):
    """ This function will read the data using pandas and call the update
        function to plot
    """
    import os
    base_name = os.path.basename(self.filename)
    self.Title = os.path.splitext(base_name)[0]
    print('FILE', self.Title)
    self.df = pd.read_csv(self.filename, encoding='utf-8').fillna(0)
    self.Update(self.themes[0]) # lets 0th theme be the default : bmh

def retranslateUi(self, MainWindow):
    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
    MainWindow.setWindowTitle(_translate("MainWindow", "Procesamiento EMG "))
    self.pushButton_2.setText(_translate("MainWindow", "Procesamiento"))
    self.label.setText(_translate("MainWindow", "Seleccione un tema"))
    self.pushButton.setText(_translate("MainWindow", "Abrir"))
    self.menuArchivo.setTitle(_translate("MainWindow", "Archivo"))
    self.actionAbrir_archivo_csv.setText(_translate("MainWindow", "Abrir archivo csv"))
    self.actionSalir.setText(_translate("MainWindow", "Salir"))

if __name__ == "__main__":
    import sys
    app = QtWidgets.QApplication(sys.argv)
    MainWindow = QtWidgets.QMainWindow()

```

```
ui = Ui_MainWindow()  
ui.setupUi(MainWindow)  
MainWindow.show()  
sys.exit(app.exec_())
```

Anexo 6. Datos de Procesamiento EMG

ADUCTOR	VASTO MEDIO	SEMITENDINOSO	GLUTEO MAYOR	CICLOS M	DATE
0.997834265232086	1.0	1.0	0.983623623847961	0	13/11/2020 13:04
0.94770622253418	0.8428635597229	0.933640897274017	1.0	0	13/11/2020 13:04
0.91513603925705	0.693999290466309	0.757535457611084	0.975334286689758	0	13/11/2020 13:04
0.885915219783783	0.712745368480682	0.809835493564606	1.0	0	13/11/2020 13:04
0.697765111923218	0.70913702249527	0.154961302876472	0.0	0	13/11/2020 13:04
0.686883985996246	0.706530213356018	0.241741448640823	0.0	0	13/11/2020 13:04
0.564764440059662	0.750489473342896	0.286108255386353	0.119052790105343	0	13/11/2020 13:04
0.513170778751373	0.528036415576935	0.31078439950943	0.174405336380005	0	13/11/2020 13:04
0.296485632658005	0.683647871017456	0.355301856994629	0.25751468539238	0	13/11/2020 13:04
0.196351200342178	0.765726685523987	0.421151012182236	0.345961004495621	0	13/11/2020 13:04
0.0747711136937141	0.5746990442276	0.389882802963257	0.347618728876114	0	13/11/2020 13:04
0.0	0.593125998973846	0.236127465963364	0.395311653614044	0	13/11/2020 13:04
0.0	0.392309486865997	0.205422312021255	0.415713548660278	0	13/11/2020 13:04
0.167823493480682	0.310611516237259	0.125315442681313	0.408266425132751	0	13/11/2020 13:04
0.31291052699089	0.0	0.0733679905533791	0.343863844871521	0	13/11/2020 13:04
0.450746178627014	0.0	0.127895787358284	0.655767619609833	1	13/11/2020 13:04
0.534286737442017	0.0	0.114551834762096	0.798922538757324	1	13/11/2020 13:04
0.689698815345764	0.021186014637351	0.102447047829628	1.0	1	13/11/2020 13:04
0.902206599712372	0.0	0.173948869109154	1.0	1	13/11/2020 13:04
1.0	0.116329036653042	0.179431200027466	1.0	1	13/11/2020 13:04
1.0	0.0120544042438269	0.227656453847885	1.0	1	13/11/2020 13:04
1.0	0.547264099121094	0.503152132034302	1.0	1	13/11/2020 13:04
1.0	0.958959639072418	0.676095128059387	1.0	1	13/11/2020 13:04
0.982608497142792	1.0	0.867068707942963	1.0	1	13/11/2020 13:04
0.937711179256439	1.0	0.909975945949554	0.86635684967041	1	13/11/2020 13:04
0.785615026950836	1.0	0.851932942867279	0.782290816307068	1	13/11/2020 13:04
0.581538617610931	1.0	0.637340188026428	0.519590675830841	1	13/11/2020 13:04
0.340415447950363	0.992195904254913	0.616760492324829	0.429527640342712	1	13/11/2020 13:04

0.122764393687248	0.845232367515564	0.401449948549271	0.201108112931252	1	13/11/2020 13:04
0.0	0.824450075626373	0.228797659277916	0.140287160873413	1	13/11/2020 13:04
0.0	0.759748578071594	0.0932141542434692	0.0539497323334217	1	13/11/2020 13:04
0.0	0.473822832107544	0.0	0.0592028424143791	1	13/11/2020 13:04
0.0	0.330710053443909	0.0357748046517372	0.0978401750326157	1	13/11/2020 13:04
0.0531661733984947	0.179561004042625	0.0894584357738495	0.116488762199879	1	13/11/2020 13:04
0.0727802738547325	0.119468152523041	0.11642537266016	0.111866265535355	1	13/11/2020 13:04
0.0712909996509552	0.0934391915798187	0.112423233687878	0.110747970640659	2	13/11/2020 13:04
0.198979884386063	0.0	0.139655888080597	0.0970102921128273	2	13/11/2020 13:04
0.234339505434036	0.0	0.297962635755539	0.113363787531853	2	13/11/2020 13:04
0.409851133823395	0.11259450763464	0.4468994140625	0.142201602458954	2	13/11/2020 13:04
0.543129086494446	0.0860072150826454	0.528784036636353	0.0968751907348633	2	13/11/2020 13:04
0.732287406921387	0.292355805635452	0.596013724803925	0.121771812438965	2	13/11/2020 13:04
0.94244396686554	0.953355371952057	0.779291391372681	0.15542134642601	2	13/11/2020 13:04
1.0	1.0	0.996384680271149	0.237617745995522	2	13/11/2020 13:04
0.980892896652222	0.994245529174805	1.0	0.245473086833954	2	13/11/2020 13:04
1.0	0.214683070778847	0.791146874427795	0.23041994869709	2	13/11/2020 13:04
0.911571145057678	0.0615664534270763	0.60130113363266	0.217108681797981	2	13/11/2020 13:04
0.933431446552277	0.0	0.513194918632507	0.278059512376785	2	13/11/2020 13:04
0.945200622081757	0.359047174453735	0.547851800918579	0.324514359235764	2	13/11/2020 13:04
0.897097170352936	0.0885190740227699	0.242218211293221	0.241478592157364	3	13/11/2020 13:04
0.926308572292328	0.0	0.192060276865959	0.18023256957531	3	13/11/2020 13:05
0.855671226978302	0.0	0.0	0.194427981972694	3	13/11/2020 13:05
0.808629274368286	0.970118701457977	0.0	0.257434725761414	3	13/11/2020 13:05
0.771309435367584	1.0	0.285270422697067	0.444582253694534	3	13/11/2020 13:05
0.820823848247528	0.941267013549805	0.444126397371292	0.468466371297836	3	13/11/2020 13:05
0.868636608123779	1.0	0.600035429000855	0.608457922935486	3	13/11/2020 13:05
0.821888446807861	1.0	0.723015248775482	0.662631988525391	3	13/11/2020 13:05
0.832851231098175	1.0	0.860907077789307	0.740404486656189	3	13/11/2020 13:05
0.857642590999603	1.0	0.790100753307343	0.756326198577881	3	13/11/2020 13:05
0.815827369689941	0.771920204162598	0.820880174636841	0.69143158197403	3	13/11/2020 13:05

0.676735877990723	0.0635632053017616	0.54578423500061	0.389461040496826	3	13/11/2020 13:05
0.631247997283936	0.0	0.332947343587875	0.136006355285645	3	13/11/2020 13:05
0.709855556488037	0.0	0.43356129527092	0.0662704482674599	3	13/11/2020 13:05
0.605241298675537	0.0	0.446260631084442	0.0	3	13/11/2020 13:05
0.612265169620514	0.0	0.449849933385849	0.0	3	13/11/2020 13:05
0.749196767807007	0.0	0.509590864181519	0.0	3	13/11/2020 13:05
0.849583745002747	0.0	0.577483296394348	0.114440590143204	3	13/11/2020 13:05
1.0	0.452204495668411	0.522246301174164	0.261454641819	3	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.406684458255768	0.546700656414032	3	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.338138312101364	0.983428239822388	3	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.170488804578781	1.0	3	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.565425634384155	1.0	3	13/11/2020 13:05
0.981524050235748	1.0	0.882483005523682	1.0	3	13/11/2020 13:05
0.992267310619354	0.882613480091095	0.986878991127014	0.89643532037735	3	13/11/2020 13:05
0.983542323112488	0.895572662353516	1.0	0.773760557174683	3	13/11/2020 13:05
0.890070021152496	0.362212598323822	1.0	0.637889981269836	3	13/11/2020 13:05
0.723041832447052	0.0	0.795052647590637	0.35205739736557	3	13/11/2020 13:05
0.535726428031921	0.0	0.577433943748474	0.257252871990204	3	13/11/2020 13:05
0.524842619895935	0.0	0.333224833011627	0.14618307352066	3	13/11/2020 13:05
0.35838657617569	0.0	0.0	0.0873303115367889	3	13/11/2020 13:05
0.2866071164608	0.0	0.0	0.0568586811423302	3	13/11/2020 13:05
0.222445443272591	0.0	0.0	0.125485956668854	4	13/11/2020 13:05
0.218807488679886	0.0	0.00652458239346743	0.122449815273285	4	13/11/2020 13:05
0.272007763385773	0.0	0.0576812922954559	0.122019298374653	4	13/11/2020 13:05
0.33940663933754	0.0	0.0895185098052025	0.124964833259583	4	13/11/2020 13:05
0.347320914268494	0.0	0.165858343243599	0.0914460271596909	4	13/11/2020 13:05
0.435487806797028	0.00105797848664224	0.260101079940796	0.0431105121970177	4	13/11/2020 13:05
0.384822696447372	0.141290187835693	0.370504200458527	0.0296484157443047	4	13/11/2020 13:05
0.412742555141449	0.273759573698044	0.398206979036331	0.0351004004478455	4	13/11/2020 13:05
0.497153222560883	0.610068082809448	0.609044373035431	0.165039286017418	4	13/11/2020 13:05
0.606714844703674	1.0	0.74281507730484	0.144457459449768	4	13/11/2020 13:05

0.767798185348511	1.0	0.967796385288239	0.190197870135307	4	13/11/2020 13:05
0.839180052280426	1.0	1.0	0.196937248110771	4	13/11/2020 13:05
0.851872146129608	1.0	1.0	0.194329544901848	4	13/11/2020 13:05
0.842469334602356	1.0	1.0	0.236799880862236	4	13/11/2020 13:05
0.833817780017853	1.0	1.0	0.249750509858131	4	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	1.0	0.252214878797531	4	13/11/2020 13:05
0.980126321315765	0.963476896286011	1.0	0.192739248275757	4	13/11/2020 13:05
0.930140972137451	0.968145310878754	0.99079841375351	0.0360893495380878	5	13/11/2020 13:05
0.762197434902191	0.936016499996185	0.908166825771332	0.0	5	13/11/2020 13:05
0.64163088798523	0.83458149433136	0.839396834373474	0.000242836642428301	5	13/11/2020 13:05
0.748288929462433	0.701674580574036	0.547967076301575	0.0	5	13/11/2020 13:05
0.856124699115753	0.526445806026459	0.386465758085251	0.0307512767612934	5	13/11/2020 13:05
0.857028901576996	0.306382209062576	0.278129726648331	0.0	5	13/11/2020 13:05
0.929470896720886	0.31045851111412	0.271301358938217	0.0721451640129089	5	13/11/2020 13:05
1.0	0.372135430574417	0.37018495798111	0.182138279080391	5	13/11/2020 13:05
1.0	0.36318251490593	0.464450538158417	0.314951688051224	5	13/11/2020 13:05
1.0	0.489377945661545	0.55003434419632	0.331810146570206	5	13/11/2020 13:05
1.0	0.408873915672302	0.760737717151642	0.23316590487957	5	13/11/2020 13:05
0.916460394859314	0.563145697116852	1.0	0.188198745250702	5	13/11/2020 13:05
0.935626268386841	0.812833726406097	1.0	0.105264566838741	5	13/11/2020 13:05
0.858816981315613	0.849632143974304	1.0	0.0	5	13/11/2020 13:05
0.883676290512085	0.533060371875763	0.891252875328064	0.0	5	13/11/2020 13:05
0.914481639862061	0.260692089796066	0.847991645336151	0.0	5	13/11/2020 13:05
0.833407402038574	0.0	0.742047846317291	0.054393358528614	5	13/11/2020 13:05
0.896543085575104	0.0	0.61359304189682	0.109695225954056	5	13/11/2020 13:05
1.0	0.169787093997002	0.530932486057282	0.383009076118469	5	13/11/2020 13:05
1.0	0.276439160108566	0.632933080196381	0.508713066577911	5	13/11/2020 13:05
1.0	0.302419394254684	0.926472425460815	0.883821129798889	5	13/11/2020 13:05
0.987082600593567	0.719690561294556	1.0	1.0	5	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	1.0	1.0	5	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	1.0	1.0	5	13/11/2020 13:05
0.935210287570953	1.0	1.0	1.0	5	13/11/2020 13:05

0.859243154525757	1.0	1.0	0.96025949716568	5	13/11/2020 13:05
0.656795024871826	0.89702045917511	0.893377542495728	0.879722058773041	5	13/11/2020 13:05
0.405591905117035	0.97996985912323	0.766492068767548	0.668773591518402	5	13/11/2020 13:05
0.120430871844292	0.772641003131866	0.604972660541534	0.511662900447845	5	13/11/2020 13:05
0.0	0.833535969257355	0.402606457471848	0.246425747871399	5	13/11/2020 13:05
0.0	0.401265144348145	0.321172147989273	0.147352546453476	5	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.203109607100487	0.0760694593191147	5	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.185087159276009	0.0427234694361687	5	13/11/2020 13:05
0.0514331497251987	0.0	0.170803248882294	0.00683675659820437	5	13/11/2020 13:05
0.0919163003563881	0.0	0.172856941819191	0.0	5	13/11/2020 13:05
0.132154569029808	0.0	0.165585905313492	0.0	6	13/11/2020 13:05
0.188320010900497	0.0	0.134677335619926	0.0	6	13/11/2020 13:05
0.212394237518311	0.0437064617872238	0.128696635365486	0.0241945683956146	6	13/11/2020 13:05
0.213505744934082	0.0388982072472572	0.128949105739594	0.0195271968841553	6	13/11/2020 13:05
0.309547960758209	0.177801832556725	0.0481368042528629	0.0	6	13/11/2020 13:05
0.373644441366196	0.649657189846039	0.0398149900138378	0.0811686217784882	6	13/11/2020 13:05
0.440147489309311	0.789858400821686	0.0968268066644669	0.187442347407341	6	13/11/2020 13:05
0.529578745365143	0.974003851413727	0.192584037780762	0.318363517522812	6	13/11/2020 13:05
0.652335822582245	1.0	0.248646780848503	0.364262312650681	6	13/11/2020 13:05
0.730369687080383	1.0	0.380168348550797	0.539361655712128	6	13/11/2020 13:05
0.817021906375885	1.0	0.453188836574554	0.546234428882599	6	13/11/2020 13:05
0.933634340763092	0.995673060417175	0.502267897129059	0.569317519664764	6	13/11/2020 13:05
1.0	0.816779971122742	0.381965786218643	0.483689248561859	6	13/11/2020 13:05
0.963641464710236	0.737561583518982	0.372682929039001	0.516898036003113	6	13/11/2020 13:05
0.969158113002777	0.568422675132751	0.26809960603714	0.32071179151535	7	13/11/2020 13:05
0.934116244316101	0.447985827922821	0.23341765999794	0.285445779561996	7	13/11/2020 13:05
0.925563216209412	0.434372752904892	0.243525072932243	0.44024869799614	7	13/11/2020 13:05
0.93779182434082	0.422032028436661	0.203633412718773	0.616454243659973	7	13/11/2020 13:05
0.980797231197357	0.493794292211533	0.173236459493637	0.797447443008423	7	13/11/2020 13:05
0.96529233455658	0.668742477893829	0.17196150124073	1.0	7	13/11/2020 13:05
0.957257091999054	0.833130478858948	0.17459924519062	1.0	7	13/11/2020 13:05

1.0	1.0	0.17080283164978	1.0	7	13/11/2020 13:05
0.931799054145813	1.0	0.16848611831665	0.91203784942627	7	13/11/2020 13:05
0.908226728439331	0.999276340007782	0.0964635238051415	0.696554005146027	7	13/11/2020 13:05
0.863320827484131	0.809183716773987	0.0651426985859871	0.44424906373024	7	13/11/2020 13:05
0.847266018390656	0.564547598361969	0.060710396617651	0.289637982845306	7	13/11/2020 13:05
0.863215565681458	0.544104754924774	0.0214534383267164	0.0	7	13/11/2020 13:05
0.875665545463562	0.562596440315247	0.0109552331268787	0.0	7	13/11/2020 13:05
0.912471115589142	0.452143013477325	0.0	0.0	7	13/11/2020 13:05
0.979124665260315	0.486698538064957	0.0470329262316227	0.25038093328476	7	13/11/2020 13:05
0.977540194988251	0.665175139904022	0.0998547151684761	0.655626714229584	7	13/11/2020 13:05
1.0	0.754663646221161	0.221779227256775	1.0	7	13/11/2020 13:05
1.0	0.934351921081543	0.291165679693222	1.0	7	13/11/2020 13:05
0.988442957401276	0.934876441955566	0.395825117826462	1.0	7	13/11/2020 13:05
0.999949276447296	1.0	0.433835953474045	0.948093712329865	7	13/11/2020 13:05
0.946698486804962	0.950208842754364	0.439721792936325	0.888040602207184	7	13/11/2020 13:05
0.86470091342926	0.987235724925995	0.46365487575531	0.659937262535095	7	13/11/2020 13:05
0.730102241039276	0.955044448375702	0.450170397758484	0.581980228424072	7	13/11/2020 13:05
0.596587896347046	0.873375654220581	0.361609727144241	0.340415745973587	7	13/11/2020 13:05
0.45746985077858	0.868871092796326	0.288240432739258	0.211098194122314	7	13/11/2020 13:05
0.32935094833374	0.785591840744019	0.222402900457382	0.189092263579369	7	13/11/2020 13:05
0.300412178039551	0.69683438539505	0.101850390434265	0.201293215155601	7	13/11/2020 13:05
0.263175964355469	0.726835310459137	0.115180745720863	0.19406670331955	7	13/11/2020 13:05
0.296763449907303	0.412554532289505	0.151106283068657	0.219241678714752	7	13/11/2020 13:05
0.260578840970993	0.74202686548233	0.182915166020393	0.218785762786865	7	13/11/2020 13:05
0.250578224658966	0.579784035682678	0.147894024848938	0.235483422875404	7	13/11/2020 13:05
0.283539682626724	0.666467130184174	0.0871369391679764	0.178156599402428	7	13/11/2020 13:05
0.35527515411377	0.329133242368698	0.0	0.0931131467223167	7	13/11/2020 13:05
0.32483235001564	0.0194229297339916	0.0	0.0	8	13/11/2020 13:05
0.31239241361618	0.497433304786682	0.0	0.0	8	13/11/2020 13:05
0.382993072271347	0.993062257766724	0.0486950129270554	0.0	8	13/11/2020 13:05
0.416784733533859	1.0	0.0888151153922081	0.0	8	13/11/2020 13:05

0.275661140680313	1.0	0.20849896967411	0.0	8	13/11/2020 13:05
0.117807537317276	1.0	0.263470441102982	0.0	8	13/11/2020 13:05
0.085826188325882	1.0	0.311867356300354	0.0508201494812965	8	13/11/2020 13:05
0.123775914311409	1.0	0.405208617448807	0.131254881620407	8	13/11/2020 13:05
0.126895472407341	0.949411153793335	0.405227959156036	0.165548384189606	8	13/11/2020 13:05
0.153098449110985	0.879247009754181	0.291768461465836	0.174092188477516	8	13/11/2020 13:05
0.222221091389656	0.942924499511719	0.265062361955643	0.215865850448608	8	13/11/2020 13:05
0.384215205907822	0.855206370353699	0.261433094739914	0.219307988882065	8	13/11/2020 13:05
0.346022307872772	0.893309772014618	0.17166955769062	0.195405066013336	8	13/11/2020 13:05
0.346749246120453	0.707064986228943	0.136344999074936	0.118594944477081	8	13/11/2020 13:05
0.562123656272888	0.659825086593628	0.18823316693306	0.242043852806091	8	13/11/2020 13:05
0.671828985214233	0.680657148361206	0.457273066043854	0.444897830486298	8	13/11/2020 13:05
1.0	0.800977349281311	0.668761014938355	0.604492902755737	8	13/11/2020 13:05
1.0	0.931175112724304	0.988534092903137	0.637073218822479	8	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	1.0	0.645015239715576	8	13/11/2020 13:05
0.995068192481995	0.901126325130463	1.0	0.674765050411224	8	13/11/2020 13:05
0.913010954856873	0.751917600631714	0.842341840267181	0.350404620170593	8	13/11/2020 13:05
0.90155440568924	0.732692718505859	0.743277311325073	0.233780816197395	8	13/11/2020 13:05
0.742032706737518	0.305269956588745	0.797284603118897	0.323881268501282	8	13/11/2020 13:05
0.752081751823425	0.38453608751297	0.707657754421234	0.512616157531738	8	13/11/2020 13:05
0.820456862449646	0.244335293769836	0.860794246196747	0.867236137390137	8	13/11/2020 13:05
1.0	0.927576959133148	0.975418150424957	1.0	8	13/11/2020 13:05
1.0	0.828622877597809	1.0	1.0	8	13/11/2020 13:05
1.0	0.78693288564682	1.0	0.986587405204773	8	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.975357472896576	0.976428389549255	8	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.870646476745606	0.64572274684906	8	13/11/2020 13:05
0.918037712574005	1.0	0.733381748199463	0.397575259208679	8	13/11/2020 13:05
0.734580338001251	0.842669129371643	0.584027409553528	0.251681268215179	8	13/11/2020 13:05
0.449157804250717	0.0	0.0965526029467583	0.119755238294601	8	13/11/2020 13:05
0.34306675195694	0.0	0.0	0.0873044654726982	9	13/11/2020 13:05
0.190914243459702	0.0	0.0	0.0252125412225723	9	13/11/2020 13:05

0.104511223733425	0.0	0.0140575543045998	0.076612614095211	9	13/11/2020 13:05
0.145427078008652	0.0	0.0364832058548927	0.0452449470758438	9	13/11/2020 13:05
0.204165458679199	0.0	0.0901218578219414	0.130739450454712	9	13/11/2020 13:05
0.214644342660904	0.264601737260818	0.130718767642975	0.130708858370781	9	13/11/2020 13:05
0.162691220641136	0.311401873826981	0.141019448637962	0.163732752203941	9	13/11/2020 13:05
0.144910722970963	0.392484366893768	0.178786635398865	0.167653411626816	9	13/11/2020 13:05
0.20668451488018	0.470587253570557	0.18826387822628	0.263362377882004	9	13/11/2020 13:05
0.201871290802956	0.496089965105057	0.157961308956146	0.204203650355339	9	13/11/2020 13:05
0.120700009167194	0.536861956119537	0.071433924138546	0.157202064990997	9	13/11/2020 13:05
0.17889615893364	0.728542387485504	0.12066288292408	0.0	9	13/11/2020 13:05
0.23369950056076	1.0	0.210275694727898	0.159727841615677	9	13/11/2020 13:05
0.203570500016212	1.0	0.22948157787323	0.256613820791244	9	13/11/2020 13:05
0.148844435811043	1.0	0.183786198496819	0.264116913080215	9	13/11/2020 13:05
0.15252910554409	1.0	0.215043947100639	0.25657731294632	9	13/11/2020 13:05
0.202909275889397	0.913808405399323	0.238782241940498	0.396913230419159	9	13/11/2020 13:05
0.0	0.999549388885498	0.16707843542099	0.616261780261993	9	13/11/2020 13:05
0.0	0.999612152576447	0.0929442048072815	0.645293176174164	9	13/11/2020 13:05
0.0	0.910287857055664	0.0	0.443359196186066	10	13/11/2020 13:05
0.0	1.0	0.0	0.199717134237289	10	13/11/2020 13:05
0.0	0.820569515228272	0.033339474350214	0.245119377970695	10	13/11/2020 13:05
0.0	0.832608699798584	0.0954875722527504	0.0271652322262526	10	13/11/2020 13:05
0.485843420028687	0.888296067714691	0.266072988510132	0.259119659662247	10	13/11/2020 13:05
0.684411942958832	0.851152956485748	0.26113423705101	0.361931949853897	10	13/11/2020 13:05
0.936148166656494	1.0	0.226126998662949	0.509347140789032	10	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.278792589902878	0.596010446548462	10	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.287444204092026	0.622650921344757	10	13/11/2020 13:05
1.0	0.980937540531158	0.246346578001976	0.493628442287445	10	13/11/2020 13:05
0.880114138126373	0.889228641986847	0.164934203028679	0.374192237854004	10	13/11/2020 13:05
0.834891796112061	0.836887776851654	0.0294636897742748	0.0	10	13/11/2020 13:05
0.818310916423798	0.791505932807922	0.0850013196468353	0.0	10	13/11/2020 13:05
0.786039650440216	0.819688320159912	0.0797442570328712	0.0	10	13/11/2020 13:05

0.844055354595184	0.863282561302185	0.0	0.0	10	13/11/2020 13:05
1.0	0.840711534023285	0.0	0.384775042533875	10	13/11/2020 13:05
1.0	0.930590689182282	0.115885183215141	0.725344657897949	10	13/11/2020 13:05
1.0	0.869043052196503	0.727976322174072	1.0	10	13/11/2020 13:05
1.0	0.924711108207703	0.916298866271973	0.982840299606323	10	13/11/2020 13:05
1.0	0.811837375164032	0.991532623767853	0.992508709430695	10	13/11/2020 13:05
0.925605535507202	0.799922943115234	1.0	0.992522120475769	10	13/11/2020 13:05
0.788291215896606	0.568306624889374	0.920013844966888	0.770401895046234	10	13/11/2020 13:05
0.603405594825745	0.32559522986412	0.775815904140472	0.496454447507858	10	13/11/2020 13:05
0.429096251726151	0.249427646398544	0.610368847846985	0.266050606966019	10	13/11/2020 13:05
0.217849537730217	0.0	0.256037026643753	0.0	10	13/11/2020 13:05
0.0834928378462791	0.0	0.1161944642663	0.0491699352860451	11	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.117481514811516	0.0434565581381321	11	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.220580473542213	0.172650665044785	11	13/11/2020 13:05
0.0286773238331079	0.0	0.31997138261795	0.210940927267075	11	13/11/2020 13:05
0.060238741338253	0.130530491471291	0.471025705337524	0.221466600894928	11	13/11/2020 13:05
0.058239821344614	0.337110340595245	0.567554593086243	0.262506306171417	11	13/11/2020 13:05
0.0427699685096741	0.464739978313446	0.440986335277557	0.157883584499359	11	13/11/2020 13:05
0.087399423122406	0.564964711666107	0.335633307695389	0.0661183074116707	11	13/11/2020 13:05
0.183061242103577	0.646404802799225	0.237326249480247	0.178087145090103	11	13/11/2020 13:05
0.299838006496429	0.836484730243683	0.28340208530426	0.23364332318306	11	13/11/2020 13:05
0.485612481832504	0.97500479221344	0.298579066991806	0.6081782579422	11	13/11/2020 13:05
0.725098252296448	1.0	0.270622998476028	0.955393433570862	11	13/11/2020 13:05
0.866274178028107	1.0	0.133563295006752	1.0	11	13/11/2020 13:05
0.962740361690521	1.0	0.254400104284286	1.0	11	13/11/2020 13:05
0.786559879779816	0.813485443592072	0.335082203149796	0.96788227558136	11	13/11/2020 13:05
0.588649392127991	0.751175224781036	0.138549908995628	0.708606839179993	11	13/11/2020 13:05
0.402469247579575	0.739757180213928	0.0	0.350898534059525	11	13/11/2020 13:05
0.251909196376801	0.744958400726318	0.0	0.0893474519252777	12	13/11/2020 13:05
0.132311701774597	0.731555700302124	0.0	0.0	12	13/11/2020 13:05
0.0744902491569519	0.809089004993439	0.0	0.0	12	13/11/2020 13:05

0.355651825666428	1.0	0.115787573158741	0.149132370948792	12	13/11/2020 13:05
0.576536476612091	1.0	0.295116871595383	0.373815804719925	12	13/11/2020 13:05
0.629258573055267	0.968081772327423	0.238348722457886	0.45428791642189	12	13/11/2020 13:05
0.843053877353668	1.0	0.110427513718605	0.514064788818359	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.972558856010437	0.344029396772385	0.503950715065002	12	13/11/2020 13:05
0.996771454811096	1.0	0.516126394271851	0.528237700462341	12	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.489648371934891	0.460788547992706	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.956655085086823	0.495367079973221	0.404718786478043	12	13/11/2020 13:05
0.894421935081482	0.968391835689545	0.250705242156982	0.0468855910003185	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.985059082508087	0.217812702059746	0.0889201611280441	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.958304047584534	0.0	0.492714285850525	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.967380940914154	0.0	0.891226887702942	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.967041611671448	0.159956425428391	1.0	12	13/11/2020 13:05
0.980138778686523	1.0	0.639540374279022	1.0	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.949734091758728	1.0	1.0	12	13/11/2020 13:05
1.0	0.936758041381836	1.0	1.0	12	13/11/2020 13:05
0.985002934932709	0.914527773857117	1.0	1.0	12	13/11/2020 13:05
0.953115940093994	0.913505017757416	1.0	0.994942307472229	12	13/11/2020 13:05
0.838746786117554	0.809473991394043	0.970276415348053	0.814675748348236	12	13/11/2020 13:05
0.687179565429688	0.625960290431976	0.810915052890778	0.645773828029633	12	13/11/2020 13:05
0.457741588354111	0.490996807813644	0.702715337276459	0.505031704902649	12	13/11/2020 13:05
0.0	0.0538298040628433	0.265852987766266	0.217956900596619	12	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.0773512870073319	0.0864434093236923	12	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.0	0.0	12	13/11/2020 13:05
0.0	0.0387214682996273	0.0	0.0	12	13/11/2020 13:05
0.070191316306591	0.212072029709816	0.0209818966686726	0.0	12	13/11/2020 13:05
0.145891711115837	0.367051661014557	0.0922877639532089	0.0	12	13/11/2020 13:05
0.259854942560196	0.677046775817871	0.342021584510803	0.0	13	13/11/2020 13:05
0.341418981552124	0.874603509902954	0.55640059709549	0.0389981344342232	13	13/11/2020 13:05
0.358894288539886	1.0	0.842474281787872	0.0760833621025085	13	13/11/2020 13:05
0.358322530984879	1.0	0.870839059352875	0.120776757597923	13	13/11/2020 13:05
0.43569028377533	1.0	0.889751076698303	0.144014969468117	13	13/11/2020 13:05

0.448541402816772	1.0	0.884982407093048	0.157770097255707	13	13/11/2020 13:05
0.647706687450409	1.0	0.838746547698975	0.156327024102211	13	13/11/2020 13:05
0.765392482280731	1.0	0.791904330253601	0.0987662151455879	13	13/11/2020 13:05
0.832865059375763	1.0	0.642638623714447	0.0760478153824806	13	13/11/2020 13:05
0.921146273612976	1.0	0.639641523361206	0.0227668862789869	13	13/11/2020 13:05
0.809693455696106	0.906500041484833	0.667779743671417	0.0	13	13/11/2020 13:05
0.878070175647736	0.852080404758453	0.547057390213013	0.0	13	13/11/2020 13:05
0.733101367950439	0.747268974781036	0.375998586416244	0.0115788104012609	13	13/11/2020 13:05
0.577499568462372	0.785064339637756	0.221895009279251	0.0252946075052023	13	13/11/2020 13:05
0.62918096780777	0.79922741651535	0.218032598495483	0.0588823854923248	13	13/11/2020 13:05
0.603682637214661	0.735282063484192	0.274770021438599	0.0749843195080757	13	13/11/2020 13:05
0.724006116390228	0.69872659444809	0.709448397159576	0.188761949539185	13	13/11/2020 13:05
0.85324764251709	0.659120142459869	1.0	0.270615845918655	13	13/11/2020 13:05
0.927710950374603	0.738869190216064	1.0	0.411038637161255	13	13/11/2020 13:05
0.929061591625214	0.666128635406494	0.978307962417603	0.374898791313171	13	13/11/2020 13:05
0.777396857738495	0.316179633140564	0.939987897872925	0.333627730607986	13	13/11/2020 13:05
0.701355695724487	0.0	0.855251610279083	0.252229034900665	13	13/11/2020 13:05
0.581621885299683	0.0	0.516109883785248	0.117428496479988	13	13/11/2020 13:05
0.452734708786011	0.147817209362984	0.278198182582855	0.0150101101025939	13	13/11/2020 13:05
0.588708758354187	0.16508024930954	0.0491242706775665	0.0	13	13/11/2020 13:05
0.70889276266098	0.0466627925634384	0.0	0.0409132279455662	13	13/11/2020 13:05
0.898163497447968	0.390670657157898	0.0	0.0861039236187935	13	13/11/2020 13:05
0.977286100387573	0.721506476402283	0.0227234978228807	0.238536462187767	13	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.194526612758636	0.403931051492691	13	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.411292880773544	0.539630353450775	13	13/11/2020 13:05
0.949112176895142	0.958255231380463	0.979362964630127	0.767343997955322	13	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	1.0	0.739878654479981	13	13/11/2020 13:05
1.0	0.924619495868683	1.0	0.708765745162964	13	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.928177535533905	0.537913739681244	13	13/11/2020 13:05
0.935807049274445	0.938663423061371	0.768585741519928	0.399300456047058	13	13/11/2020 13:05
0.872550249099731	0.888357877731323	0.579603791236877	0.268345266580582	13	13/11/2020 13:05

0.731463968753815	0.639805674552918	0.182509332895279	0.0150822130963206	13	13/11/2020 13:05
0.584071934223175	0.259799301624298	0.0	0.0	13	13/11/2020 13:05
0.480428606271744	0.0	0.0	0.0	13	13/11/2020 13:05
0.283502906560898	0.0	0.0	0.0316355898976326	13	13/11/2020 13:05
0.17321789264679	0.0	0.0	0.0482141301035881	13	13/11/2020 13:05
0.0143413599580526	0.0	0.0244635287672281	0.0458480343222618	14	13/11/2020 13:05
0.0	0.043396133929491	0.0253409184515476	0.0666242614388466	14	13/11/2020 13:05
0.0	0.308414548635483	0.226684838533401	0.290059119462967	14	13/11/2020 13:05
0.0	0.479668706655502	0.433165490627289	0.486570954322815	14	13/11/2020 13:05
0.199504002928734	0.661240696907043	0.519286453723908	0.530463755130768	14	13/11/2020 13:05
0.356570899486542	0.806289196014404	0.556010186672211	0.660400807857513	14	13/11/2020 13:05
0.511723756790161	0.976254224777222	0.649465978145599	0.902047395706177	14	13/11/2020 13:05
0.629062652587891	0.998142957687378	0.882138431072235	1.0	14	13/11/2020 13:05
0.635951697826386	1.0	0.846954047679901	1.0	14	13/11/2020 13:05
0.634428858757019	1.0	0.842285931110382	1.0	14	13/11/2020 13:05
0.630721628665924	1.0	0.832007348537445	0.97180163860321	14	13/11/2020 13:05
0.500286817550659	0.982609927654266	0.842438042163849	1.0	14	13/11/2020 13:05
0.456743210554123	0.956509411334991	0.891134083271027	0.89981210231781	14	13/11/2020 13:05
0.449655532836914	0.956304788589478	0.846787571907043	0.857844829559326	14	13/11/2020 13:05
0.492834091186523	0.951563060283661	0.635496377944946	0.584459841251373	14	13/11/2020 13:05
0.451920241117477	0.872702062129974	0.526830554008484	0.383154630661011	14	13/11/2020 13:05
0.371875315904617	0.908948540687561	0.49141788482666	0.318964123725891	14	13/11/2020 13:05
0.443099141120911	0.920451462268829	0.512604713439941	0.303088545799255	14	13/11/2020 13:05
0.400078654289246	0.911650657653809	0.42283821105957	0.295309543609619	14	13/11/2020 13:05
0.511809587478638	0.919997990131378	0.362534016370773	0.363038927316666	14	13/11/2020 13:05
0.725644767284393	0.95174252986908	0.39992019534111	0.40243798494339	14	13/11/2020 13:05
0.859467029571533	0.966032981872559	0.400082051753998	0.416279882192612	14	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.419517278671265	0.400994122028351	14	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.428800463676453	0.413958519697189	14	13/11/2020 13:05
0.947427034378052	0.960040867328644	0.444969952106476	0.338641911745071	14	13/11/2020 13:05
0.717998743057251	0.931662261486053	0.421413093805313	0.275397479534149	14	13/11/2020 13:05

0.673186540603638	0.862894117832184	0.432371020317078	0.221617117524147	14	13/11/2020 13:05
0.37944158911705	0.776792407035828	0.376395702362061	0.282227665185928	14	13/11/2020 13:05
0.318294316530228	0.794886827468872	0.370854675769806	0.360730171203613	14	13/11/2020 13:05
0.362026244401932	0.769735455513001	0.414445608854294	0.329936742782593	14	13/11/2020 13:05
0.429145097732544	0.82860678434372	0.302448600530624	0.357043951749802	14	13/11/2020 13:05
0.804165780544281	0.908099114894867	0.312968164682388	0.324905008077621	14	13/11/2020 13:05
0.896354734897614	1.0	0.363771021366119	0.293675780296326	14	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.438700973987579	0.274559378623962	14	13/11/2020 13:05
1.0	0.961005210876465	0.434295922517777	0.228545099496841	14	13/11/2020 13:05
0.966757237911224	0.947983980178833	0.411964654922485	0.308143675327301	14	13/11/2020 13:05
0.899687767028809	0.962517023086548	0.304148554801941	0.230506867170334	14	13/11/2020 13:05
0.82535183429718	0.845308005809784	0.300185561180115	0.185744300484657	14	13/11/2020 13:05
0.470968812704086	0.569389402866364	0.140508100390434	0.12691143155098	14	13/11/2020 13:05
0.297412544488907	0.33051934838295	0.0804705768823624	0.0423175618052483	14	13/11/2020 13:05
0.123972050845623	0.19365356862545	0.0	0.0	14	13/11/2020 13:05
0.081864669919014	0.0897913575172424	0.00258356565609574	0.0	15	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.00220736698247492	0.0116078900173306	15	13/11/2020 13:05
0.0	0.0	0.00734095182269812	0.0213472675532103	15	13/11/2020 13:05
0.0	0.00846742000430822	0.100412018597126	0.0359979905188084	15	13/11/2020 13:05
0.0	0.184376835823059	0.251523494720459	0.0604159347712994	15	13/11/2020 13:05
0.0	0.360073059797287	0.55728030204773	0.0714796259999275	15	13/11/2020 13:05
0.126189514994621	0.446023374795914	0.66832423210144	0.127586379647255	15	13/11/2020 13:05
0.393663763999939	0.579570829868317	0.763278067111969	0.12553408741951	15	13/11/2020 13:05
0.505473732948303	0.719205021858215	0.944421112537384	0.146672308444977	15	13/11/2020 13:05
0.583938956260681	0.963225066661835	1.0	0.392858982086182	15	13/11/2020 13:05
0.893356740474701	0.900145530700684	1.0	0.793573796749115	15	13/11/2020 13:05
0.884788870811462	0.897869408130646	0.984723329544067	1.0	15	13/11/2020 13:05
1.0	0.939881980419159	0.970021843910217	1.0	15	13/11/2020 13:05
0.836992144584656	0.883570432662964	0.966547727584839	1.0	15	13/11/2020 13:05
0.828871786594391	0.885651826858521	0.867978811264038	0.934784114360809	15	13/11/2020 13:05
0.822139799594879	1.0	0.638022363185883	0.789283812046051	15	13/11/2020 13:05

0.790068089962006	1.0	0.452451378107071	0.581551253795624	16	13/11/2020 13:05
0.67326557636261	1.0	0.394177973270416	0.4961778819561	16	13/11/2020 13:05
0.761285245418549	0.977194547653198	0.284376710653305	0.349718362092972	16	13/11/2020 13:05
0.723142147064209	0.99262136220932	0.24598091840744	0.269567936658859	16	13/11/2020 13:05
0.831748962402344	0.95177960395813	0.318731397390366	0.295324444770813	16	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.717334568500519	0.294274628162384	16	13/11/2020 13:05
1.0	0.989978075027466	1.0	0.240089327096939	16	13/11/2020 13:05
1.0	0.913093626499176	1.0	0.237736254930496	16	13/11/2020 13:05
0.848008692264557	0.912714302539825	1.0	0.25981792807579	16	13/11/2020 13:05
0.655743598937988	0.80608993768692	0.964387774467468	0.22845147550106	16	13/11/2020 13:05
0.409175604581833	0.815320014953613	0.78919529914856	0.274507492780685	16	13/11/2020 13:05
0.27143120765686	0.797237277030945	0.671129465103149	0.385578274726868	16	13/11/2020 13:05
0.20089790225029	0.852346956729889	0.534291744232178	0.63041365146637	16	13/11/2020 13:05
0.357097625732422	0.821068823337555	0.460529088973999	0.79410195350647	16	13/11/2020 13:05
0.567789614200592	0.913245499134064	0.534397721290588	0.790246784687042	16	13/11/2020 13:05
0.864846110343933	0.990172386169434	0.547846794128418	0.88282710313797	16	13/11/2020 13:05
1.0	1.0	0.72628527879715	0.950889468193054	16	13/11/2020 13:05
1.0	0.882676184177399	0.820536017417908	1.0	16	13/11/2020 13:05
0.888083577156067	0.858870089054108	0.679596364498138	0.914929151535034	16	13/11/2020 13:05
0.748179733753204	0.786199688911438	0.611629545688629	0.961068570613861	16	13/11/2020 13:05
0.488269358873367	0.700978219509125	0.44562903046608	0.854372143745422	16	13/11/2020 13:05
0.215789690613747	0.63610452413559	0.368760824203491	0.793460428714752	16	13/11/2020 13:05
0.0	0.586021542549133	0.109044313430786	0.609837114810944	16	13/11/2020 13:05
0.0	0.715602040290833	0.0234607271850109	0.47255352139473	16	13/11/2020 13:05
0.0	0.661417722702026	0.0	0.355044990777969	16	13/11/2020 13:05
0.0	0.580488383769989	0.0	0.187487363815308	16	13/11/2020 13:05
0.0	0.400083422660828	0.0	0.208029240369797	16	13/11/2020 13:05
0.0	0.172310426831245	0.0	0.221190482378006	16	13/11/2020 13:05
0.00674136215820909	0.171050399541855	0.0392461195588112	0.21146596968174	16	13/11/2020 13:05
0.0299972761422396	0.101624667644501	0.0902231559157372	0.187475621700287	16	13/11/2020 13:05
0.202080547809601	0.306273132562637	0.0371343642473221	0.235519498586655	16	13/11/2020 13:05

0.393571048974991	0.772884607315064	0.0714953914284706	0.251933097839355	16	13/11/2020 13:05
0.687915086746216	1.0	0.200255766510963	0.573928713798523	16	13/11/2020 13:05
0.769389152526856	1.0	0.24511507153511	0.709366858005524	16	13/11/2020 13:05
0.881676435470581	1.0	0.28393417596817	0.884344816207886	16	13/11/2020 13:05
0.994086146354675	1.0	0.275650501251221	0.957792580127716	16	13/11/2020 13:05
0.974654257297516	0.845125079154968	0.359054327011108	0.987631499767303	16	13/11/2020 13:05
0.96012145280838	0.892902731895447	0.357008993625641	0.934733390808106	16	13/11/2020 13:05
0.837288379669189	0.76828145980835	0.374291598796844	0.925060391426086	16	13/11/2020 13:05
0.634019434452057	0.508235454559326	0.280122727155685	0.697818458080292	16	13/11/2020 13:06
0.501137495040894	0.210628166794777	0.225044593214989	0.47611665725708	16	13/11/2020 13:06
0.266201138496399	0.0	0.0766625627875328	0.153491586446762	16	13/11/2020 13:06
0.165169730782509	0.0	0.0215011574327946	0.0156093975529075	17	13/11/2020 13:06
0.0126950982958078	0.0	0.0	0.0	17	13/11/2020 13:06
0.0532737784087658	0.0176447927951813	0.0182930193841457	0.00214518536813557	17	13/11/2020 13:06
0.354610115289688	0.19318687915802	0.0119074648246169	0.0880825221538544	17	13/11/2020 13:06
0.801439166069031	0.569353997707367	0.112804606556892	0.449993044137955	17	13/11/2020 13:06
1.0	0.803137063980103	0.143544778227806	0.658419907093048	17	13/11/2020 13:06
1.0	0.999257326126099	0.110065177083015	0.69964987039566	17	13/11/2020 13:06
1.0	1.0	0.104259684681892	0.814497470855713	17	13/11/2020 13:06
0.933100044727325	0.897994458675385	0.063521720468998	0.784214913845062	17	13/11/2020 13:06
0.75288861989975	0.870390236377716	0.0	0.682816803455353	17	13/11/2020 13:06
0.781671583652496	0.89645653963089	0.0	0.436344534158707	17	13/11/2020 13:06
0.81645929813385	0.86240428686142	0.0	0.311567485332489	17	13/11/2020 13:06
0.740635454654694	0.876558125019074	0.0210570394992828	0.163728460669518	18	13/11/2020 13:06
0.938292682170868	0.798710942268372	0.046557042747736	0.148092463612556	18	13/11/2020 13:06
1.0	0.937559723854065	0.0524185225367546	0.208533778786659	18	13/11/2020 13:06
1.0	0.994877338409424	0.168164104223251	0.288704693317413	18	13/11/2020 13:06
1.0	1.0	0.264140665531158	0.439125537872314	18	13/11/2020 13:06
0.917591154575348	1.0	0.241257205605507	0.916848480701447	18	13/11/2020 13:06
0.912181258201599	1.0	0.225834757089615	1.0	18	13/11/2020 13:06
0.904735147953033	0.947460234165192	0.360151380300522	1.0	18	13/11/2020 13:06

0.958211004734039	1.0	0.42786231637001	1.0	18	13/11/2020 13:06
0.980367839336395	0.934621751308441	0.465889722108841	0.961794257164001	18	13/11/2020 13:06
0.868049740791321	0.930227100849152	0.441630244255066	0.850705087184906	18	13/11/2020 13:06
0.62996381521225	0.901389360427856	0.328732848167419	0.697472512722015	18	13/11/2020 13:06
0.540530562400818	0.752025306224823	0.371794909238815	0.347058832645416	18	13/11/2020 13:06
0.30330491065979	0.547124922275543	0.339463621377945	0.0	18	13/11/2020 13:06
0.200346827507019	0.418126404285431	0.257171779870987	0.0	18	13/11/2020 13:06
0.0225212909281254	0.253074735403061	0.196305751800537	0.0	18	13/11/2020 13:06
0.00229561817832291	0.0	0.240137070417404	0.0	18	13/11/2020 13:06
0.0	0.0	0.23379211127758	5.79E+09	18	13/11/2020 13:06
0.00887217465788126	0.0	0.283466905355453	0.0	18	13/11/2020 13:06
0.0	0.0	0.272390782833099	0.00994153507053852	18	13/11/2020 13:06
0.0	0.118910610675812	0.405737787485123	0.0803095251321793	18	13/11/2020 13:06
0.100699596107006	0.16828715801239	0.423826724290848	0.105948947370052	18	13/11/2020 13:06
0.250483125448227	0.34381490945816	0.495314300060272	0.37175977230072	19	13/11/2020 13:06
0.356035739183426	0.639823079109192	0.510256052017212	0.470764875411987	19	13/11/2020 13:06
0.408044338226318	0.878853619098663	0.772777497768402	0.535087287425995	19	13/11/2020 13:06
0.539118826389313	1.0	0.792969286441803	0.729314565658569	19	13/11/2020 13:06
0.81503838300705	0.992648065090179	0.621227383613586	0.784444034099579	19	13/11/2020 13:06
0.836264252662659	0.890744626522064	0.629875063896179	0.933398604393005	19	13/11/2020 13:06
0.766998052597046	0.863072454929352	0.491164863109589	0.821548521518707	19	13/11/2020 13:06
0.705317199230194	0.875454962253571	0.404861569404602	0.800473749637604	19	13/11/2020 13:06
0.68644791841507	0.823686420917511	0.0711326077580452	0.762130439281464	19	13/11/2020 13:06
0.515480875968933	0.843285262584686	0.0	0.704891800880432	19	13/11/2020 13:06
0.378402292728424	0.795802414417267	0.0345758646726608	0.470809072256088	19	13/11/2020 13:06
0.236428558826447	0.967923939228058	0.0117787588387728	0.359650820493698	19	13/11/2020 13:06
0.0294302105903625	0.982430517673492	0.0	0.151825338602066	19	13/11/2020 13:06
0.285965502262115	1.0	0.0	0.16051784157753	19	13/11/2020 13:06
0.61988627910614	0.985593676567078	0.0200417600572109	0.279539227485657	19	13/11/2020 13:06
1.0	0.992785036563873	0.0	0.433149814605713	19	13/11/2020 13:06
1.0	1.0	0.0	0.537265419960022	19	13/11/2020 13:06

0.998444378376007	0.949567317962647	0.0069148619659245	0.556343257427216	19	13/11/2020 13:06
0.992561519145966	1.0	0.0127204833552241	0.561676204204559	19	13/11/2020 13:06
0.877471685409546	0.866157054901123	0.0	0.231723740696907	19	13/11/2020 13:06
0.876707077026367	0.835004329681397	0.0	0.0929174050688744	19	13/11/2020 13:06
0.81002289056778	0.793450236320496	0.0384499430656433	0.0	19	13/11/2020 13:06

Anexo 7. Manual de Usuario

Tema: Procesamiento de señales EMG

Versión 1

Fecha de elaboración 20/05/2021

Propósito

El manual es una guía para realizar el procesamiento de señales EMG durante la marcha humana, en personas que no tengan alguna patología, permitiendo realizar informes de los ciclos de marcha

Conocimientos básicos

- Manejo de ordenador
- Manejo de interfaces
- Dominio en electromiografía

Introducción

El procesamiento de señales EMG durante la marcha humana permite caracterizar las actividades musculares que realiza el proceso de locomoción humana, la herramienta tecnológica brinda parámetros de guía para profundizar el estudio de las señales.

Para su funcionamiento se debe conocer los puntos donde deben ser colocados los electrodos para medir la actividad bioeléctrica y realizar una marcha en una cinta caminadora a una velocidad de 2km/h.

Al finalizar la evaluación se puede visualizar los resultados del procesamiento realizado.

Instalación

Se requiere de dos herramientas para realizar el procesamiento:

Para la herramienta de OpenBCI:

- Copie los archivos de la carpeta OpenBCI GUI del archivo OpenBCI_GUI.zip

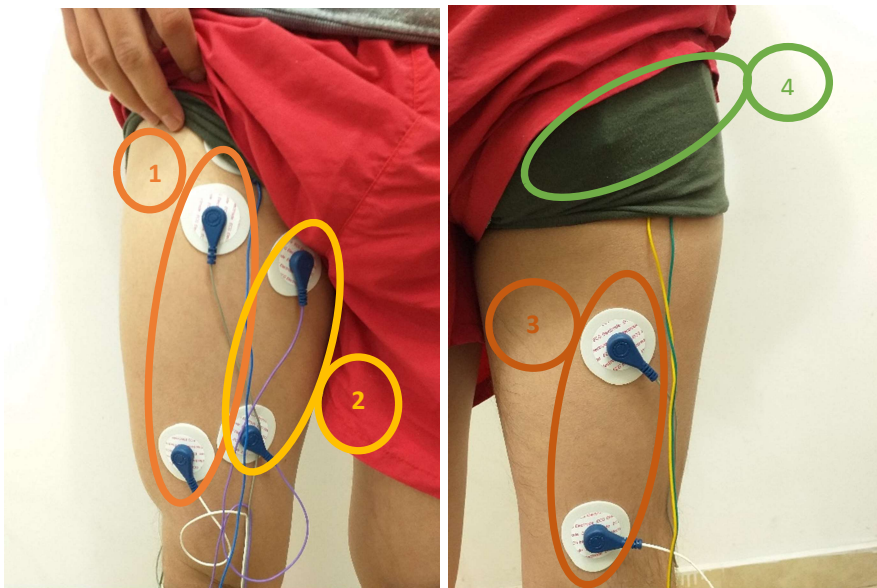
Ejecute el portable “OpenBCI_GUI.exe”

Para la herramienta de procesamiento de señales EMG:

- Copie los archivos de la carpeta Procesamiento del archivo Procesamiento EMG.zip
- Ejecute el portable Procesamiento EMG

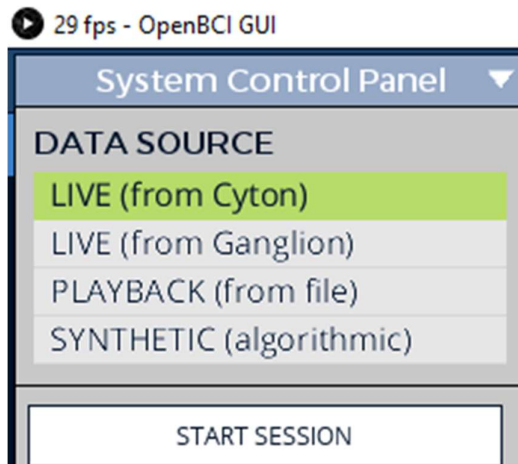
Colocación de electrodos

Los electrodos se colocan en puntos de inervación de los músculos (1) Vasto medial, (2) Aductor Largo, (3) Semitendinoso y (4) Glúteo mayor, cada musculo va conectado a las entradas del equipo en ese orden.

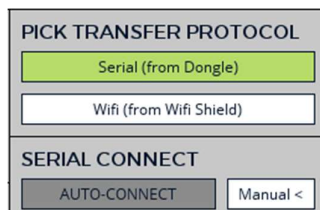


Prerrequisitos para procesamiento de señales EMG

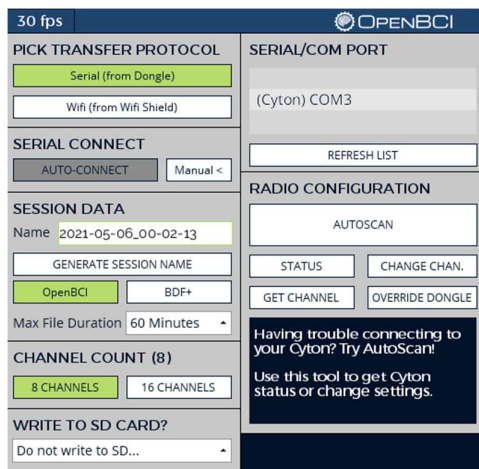
Primer paso. - En la GUI de Open BCI se despliega la pestaña de “System Control Panel” y se escoje la tarjeta de adquisición Cyton (opción marcada en verde)



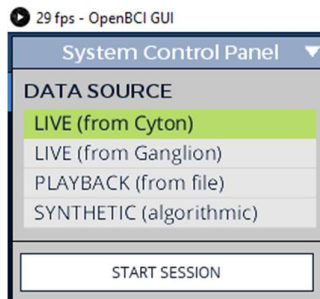
Segundo paso. – Se elige la opción para transmisión por bluetooth (opción en verde)



Tercer paso. - En la opción de conexión se aplasta el botón de manual y se elige el puerto serial donde se encuentra conectado

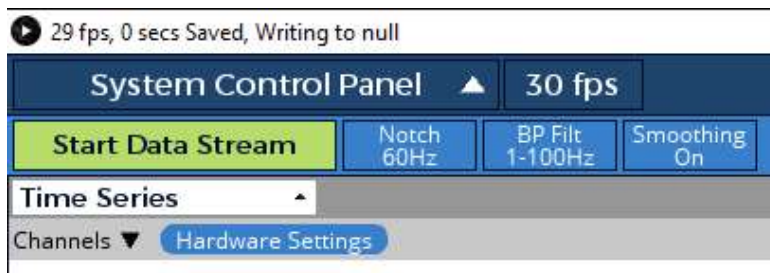


Cuarto paso. – presiona el botón de “Start Session”

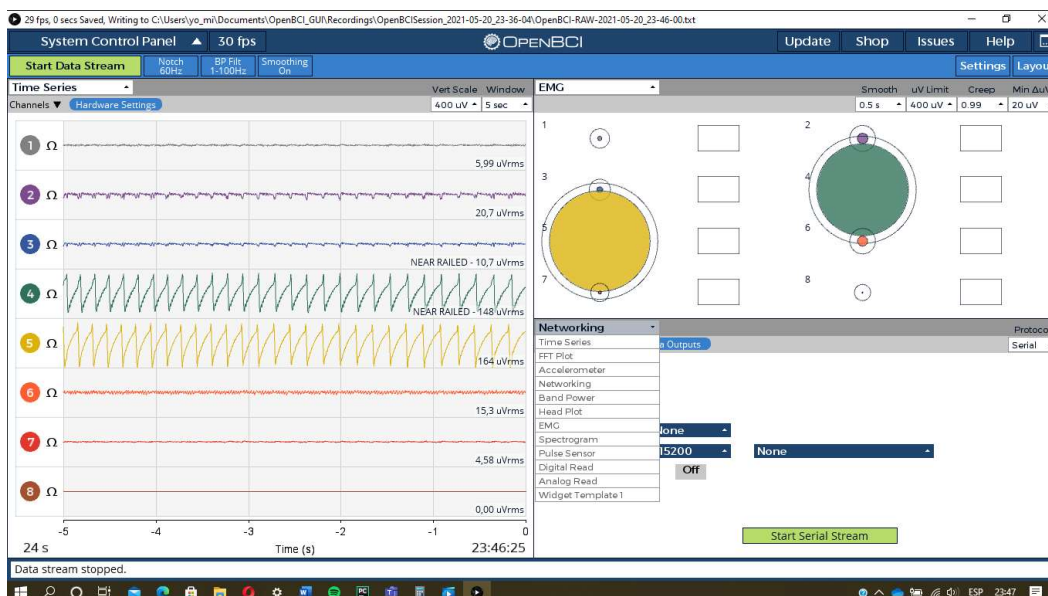


Quinto paso. – Una vez abierta la interfaz se selecciona los filtros necesarios: filtro de notch de 60 hz Bp ,Filt en la frecuencia de 1 a 100 hz y smoothing on.

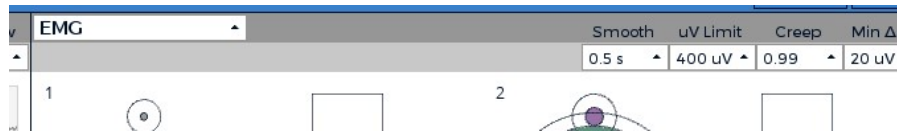
Sexto paso. – Iniciar “Data Stream



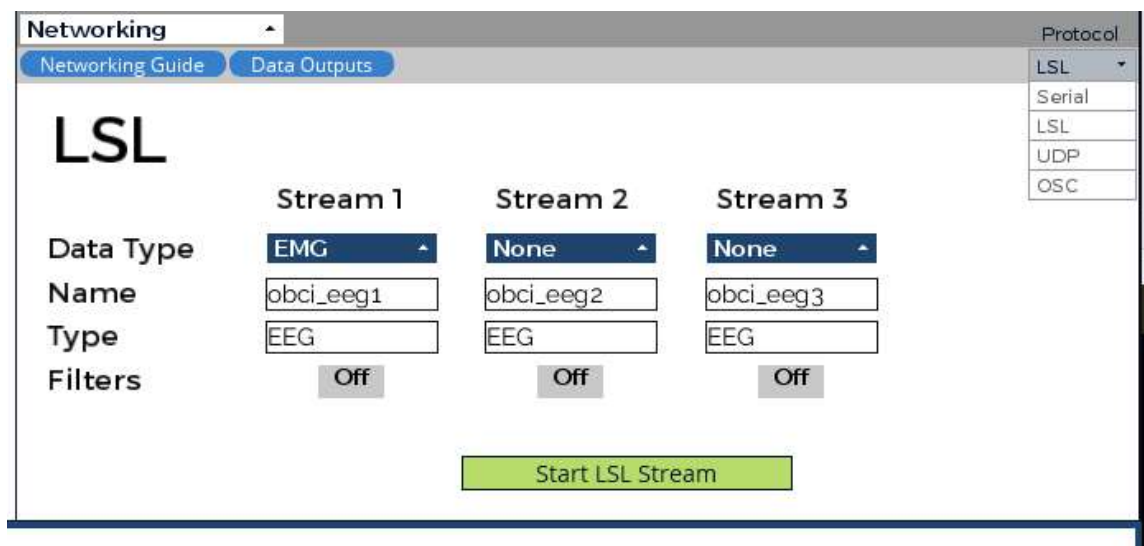
Séptimo paso. – en diferentes widgtes escoger EMG y Networking que se encuentran en los menús desplegables



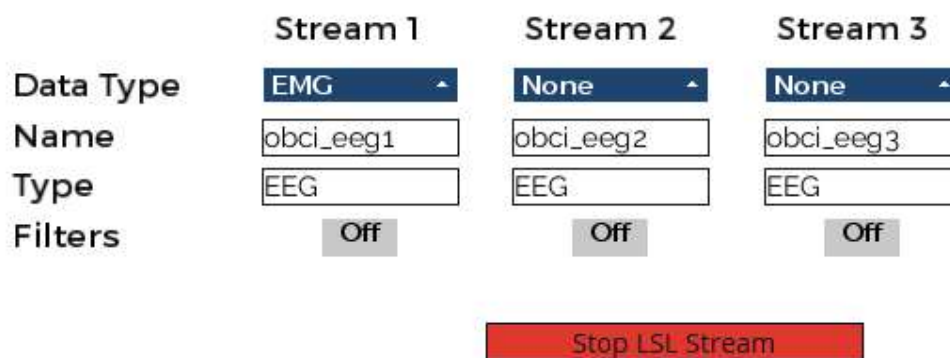
Octavo paso. – En el widget EMG seleccionar uVlimit en 400 uV



Noveno paso. – En el widget Networking elegir el protocolo de comunicación LSL y en “Data Type” elegir la opción EMG



Decimo paso. - Aplastar “Start LSL Stream”

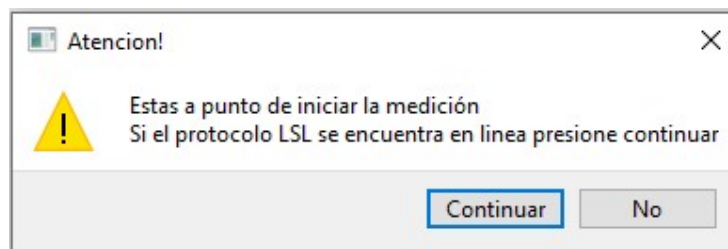


Procesamiento de señales

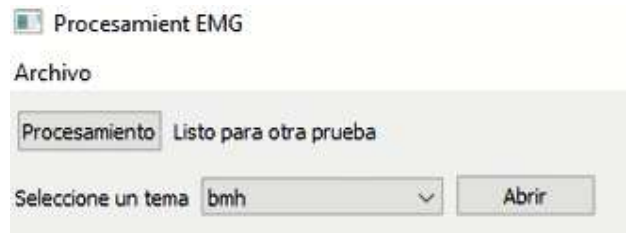
Primer paso. – Se abre la herramienta de procesamiento EMG y se presiona el botón de procesamiento



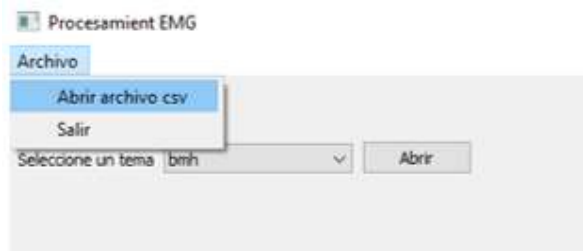
Segundo paso. – aparecerá una advertencia para indicar al usuario que debe estar la conexión LSL en stream, para realizar el procesamiento se aplasta la opción continuar, en caso de no tener el protocolo o aplastar no, solo saldrá una indicación de que el stream debe estar conectado antes de realizar el procesamiento



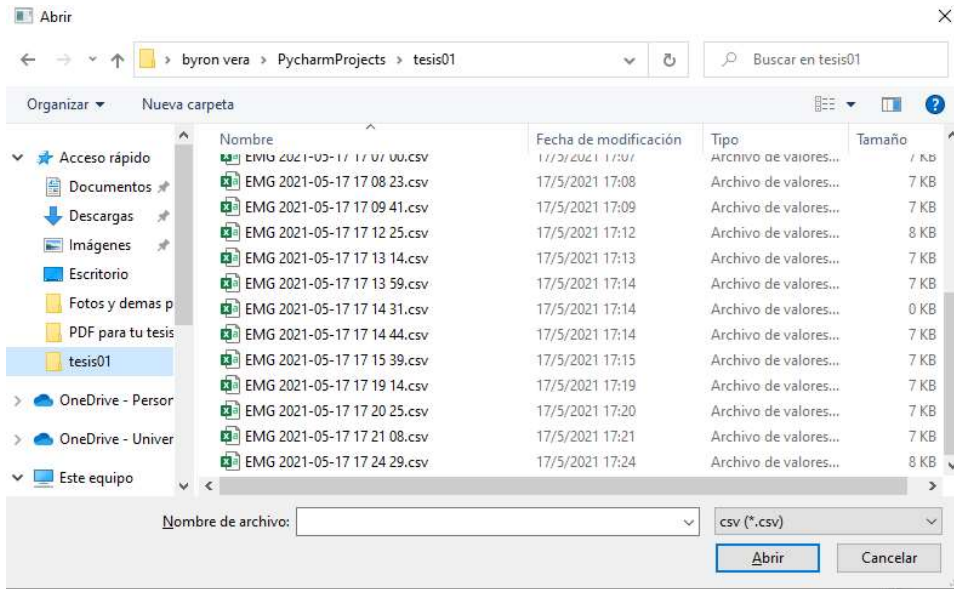
Tercer paso. – Una vez concluya el procesamiento saldrá un aviso al lado del botón de que es posible realizar otra prueba



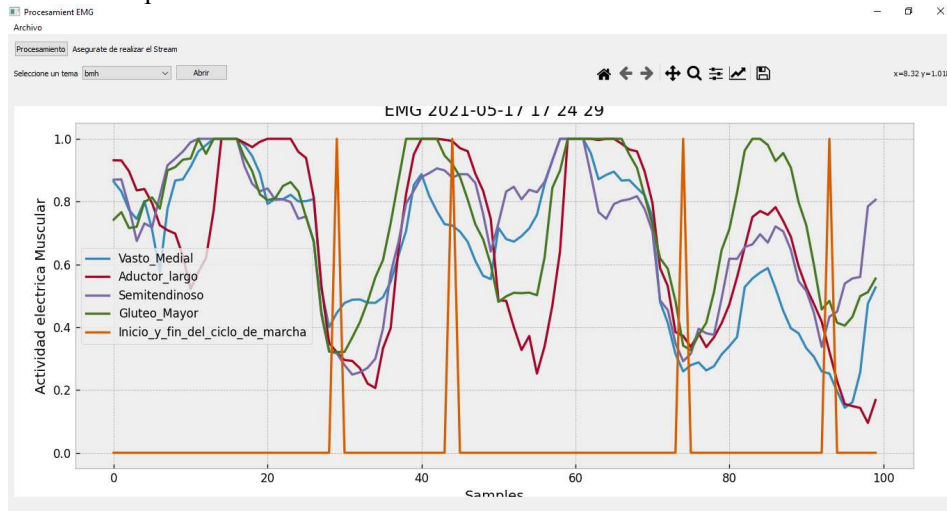
Cuarto paso. – Se selecciona archivo y abrir archivo csv.



Quinto paso, en la dirección del programa se crearán listas de extencion.csv con el nombre de la hora y fecha en la que se hizo la prueba, también se puede omitir el procesamiento descrito en los anteriores pasos y revisar sesiones anteriores.







Sexto paso. - visualizar el procesamiento realizado

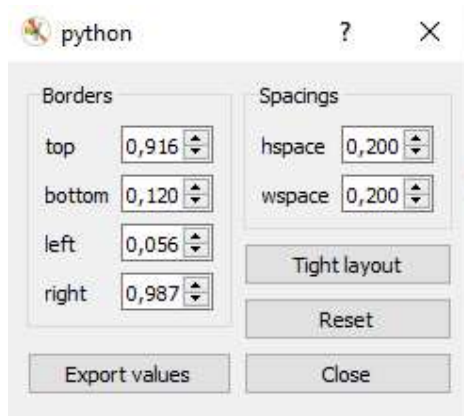



Guía de barra de herramientas

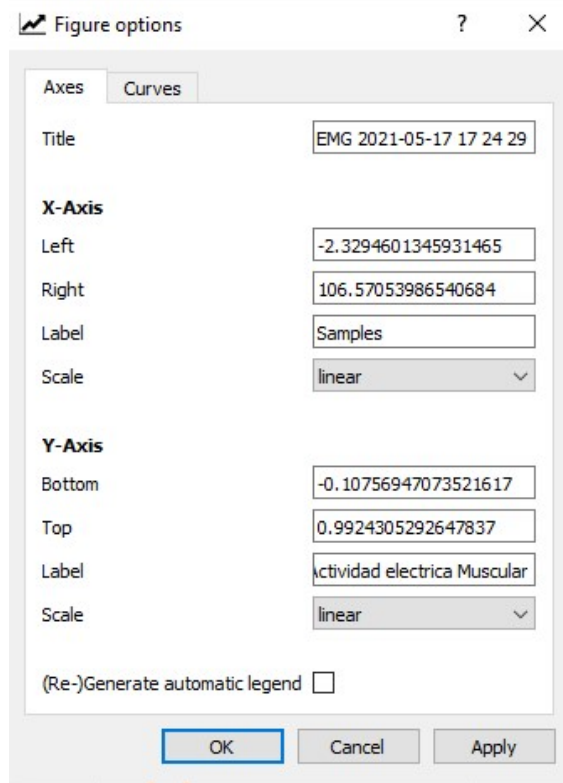



En la barra de herramientas se encuentran algunas opciones como icono  para realizar un acercamiento a alguna sección, para movilizarse entre las señales existe el botón , los botones de navegación sirven para realizar retrocesos en el acercamiento, o si se quiere regresar a la vista general de las señales existe un botón de home .

Para ajustar las señales visualizadas se presiona el botón  el cual abrirá una ventana con opciones para ajustar la presentación de las imágenes, los cuales sirven para ajustar la visualización de los datos a la resolución de pantalla.



El botón  permitirá abrir una ventana para modificar el modo de presentación de los datos en pantalla, lo cual facilita el aislar una señal para visualizar o comparar con otra



El botón  permite guardar la imagen que se genera con los datos que se encuentran en visualización