



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL POR MEDIO DE SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS PARA CONTROLAR UNA MANO BIÓNICA Y LA MANIPULACIÓN DE OBJETOS EN EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”

Autores:

López López, Oswaldo Ricardo
Mera Otoyá, Germán David

Director:

Msc. Andrés Marcelo Gordón Garcés



CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

RESUMEN

GENERALIDADES

OBJETIVOS

MARCO TEÓRICO

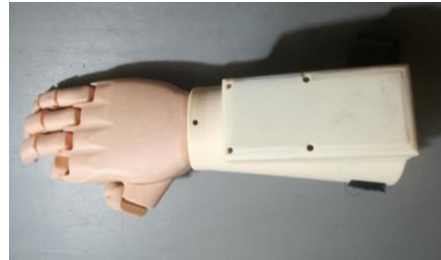
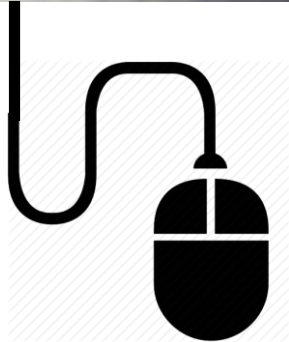
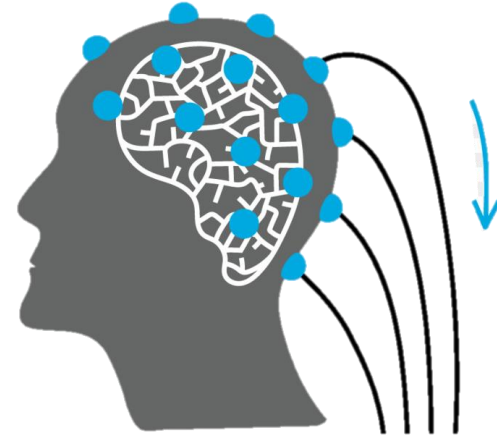
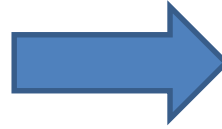
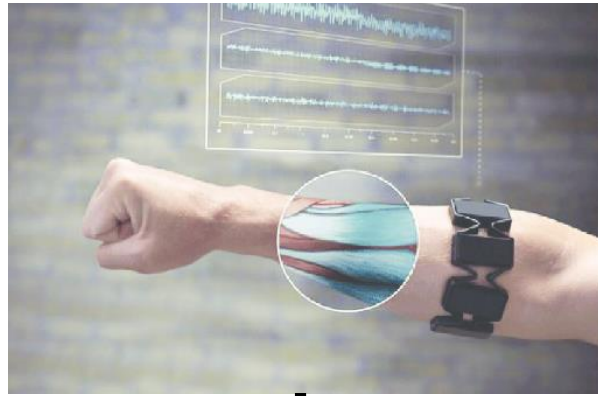
DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

PRUEBAS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESUMEN



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una discapacidad generada por la amputación de miembros superiores principalmente las manos, impide a una persona realizar sus actividades diarias adecuadamente influyendo en la parte psicológica, siendo esta realidad que miles de personas experimentan en el Ecuador.

El problema que surge al obtener una prótesis que simule y ejecute los movimientos de una mano real se debe a que su precio es muy alto, lo cual dificulta la obtención por parte de personas con limitados recursos económicos que sufren de discapacidad motriz por amputación de mano o carencia congénita.



ANTECEDENTES

Tema: Diseño y construcción de un prototipo de mano robótica con arquitectura antropomórfica controlado mediante ondas cerebrales.

Institución: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE LATACUNGA

Autores: Escobar Sailema, Edison Roberto

Zurita Arboleda, David Alejandro

Carrera: Ingeniería en Mecatrónica.

Año: 2017

Tema: Investigación de la metodología para el diseño e implementación de un prototipo de prótesis de mano biónica controlada automáticamente para manipulación de objetos.

Institución: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE LATACUNGA.

Autores: Pinto García, Katherine Johana

López Hidalgo, David Fabrizzio

Carrera: Ingeniería Mecatrónica.

Año: 2017

JUSTIFICACIÓN

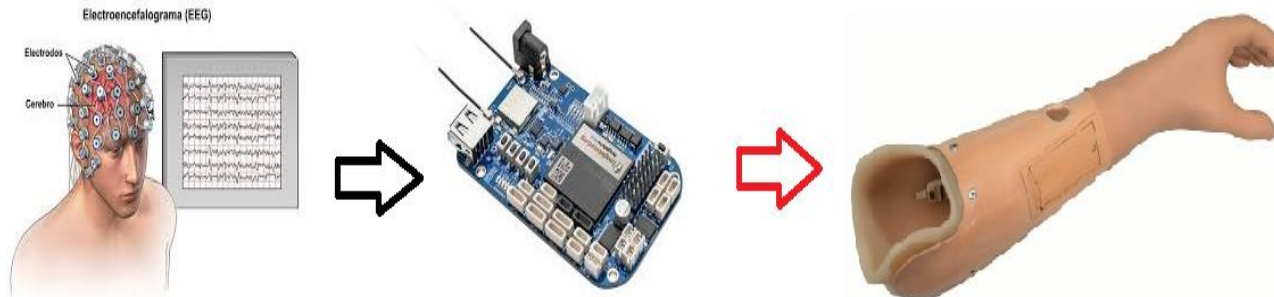
La investigación del funcionamiento de este casco abrirá un gran campo de acción debido a que este podría aplicarse en otros proyectos para personas con discapacidades o carencia congénita, incluso se podría utilizar en personas con paraplejia, en vista de que no presentan actividad muscular, pero la mayoría de las veces su actividad cerebral se mantiene intacta.

El casco que mide ondas cerebrales es de gran utilidad para controlar una prótesis biónica debido a que permite amplias opciones para manipular objetos, es decir las señales que se reciben y así mismo las combinaciones dan la oportunidad de programar el controlador con un alto número de movimientos consiguiendo simular una mano real.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar y construir un controlador de una prótesis de mano biónica para manipulación de objetos a través de un casco que se encarga de la percepción de señales electroencefalográficas que emite el cerebro.



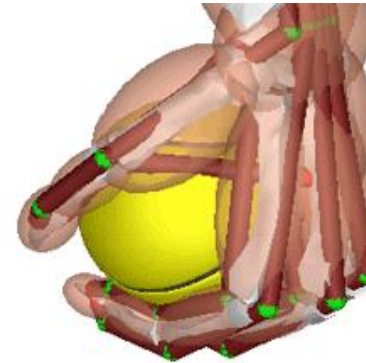
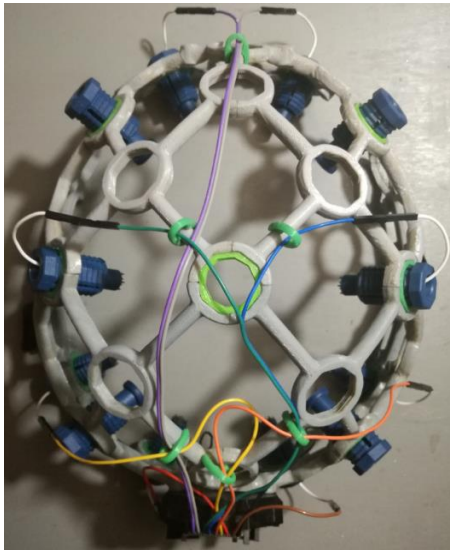
OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar comparativamente el funcionamiento de los controladores para determinar cuál es el más óptimo trabajando con señales electroencefalográficas en un sistema automático e inteligente.
- ✓ Determinar las características principales de la mano en la que se va a implementar el controlador y como estas pueden afectar el control.
- ✓ Diseñar un casco capaz de adaptarse a la morfología del cráneo de personas adultas, para que porte los electrodos encargados de la captación de señales para su posterior construcción y percepción de señales electroencefalográficas.
- ✓ Diseñar el controlador de la mano biónica que permitirá la manipulación de los objetos.
- ✓ Realizar pruebas de funcionamiento del controlador e identificar fallas y posibles correcciones para la correcta implementación final del sistema.

HIPÓTESIS

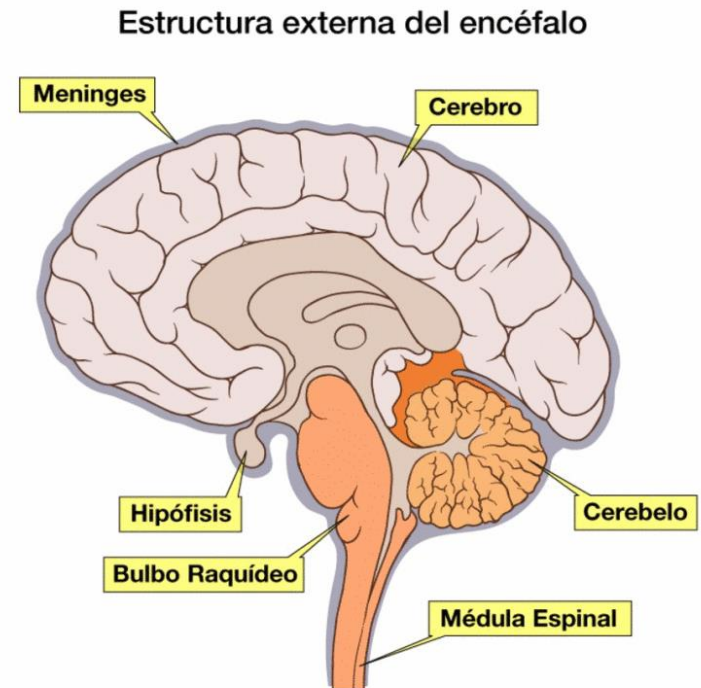
¿El diseño e implementación de un controlador mediante señales encefalográficas en la prótesis de mano biónica permitirá la manipulación de objetos?



MARCO TEÓRICO

ESTUDIO Y ANATOMÍA DEL ENCÉFALO

El encéfalo, contenido en el cráneo, es la parte más voluminosa del sistema nervioso central (SNC), que continúa en la médula espinal, contenida en la columna vertebral, y en los nervios sensitivos y motores que llevan, respectivamente, información sensorial al encéfalo y el control de la musculatura del esqueleto.

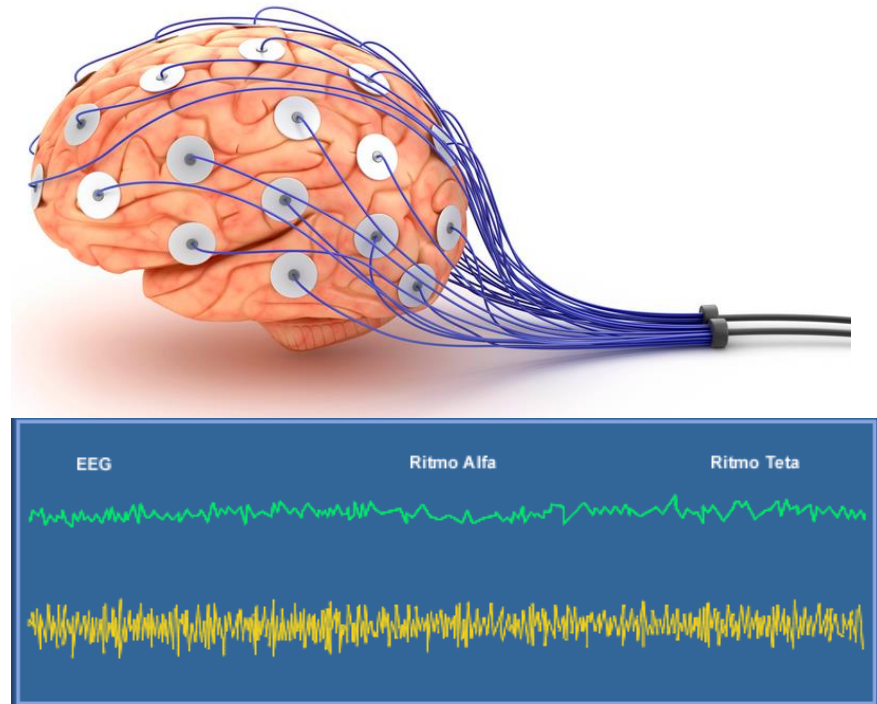


MARCO TEÓRICO

SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS (EEG)

Es la actividad eléctrica cerebral registrada mediante electrodos ubicados en el cuero cabelludo.

El EEG proviene de la suma espacial del campo generado por potenciales postsinápticos que ocurren en forma sincronizada en poblaciones neuronales con distribución espacial uniforme



MARCO TEÓRICO

SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS (EEG)

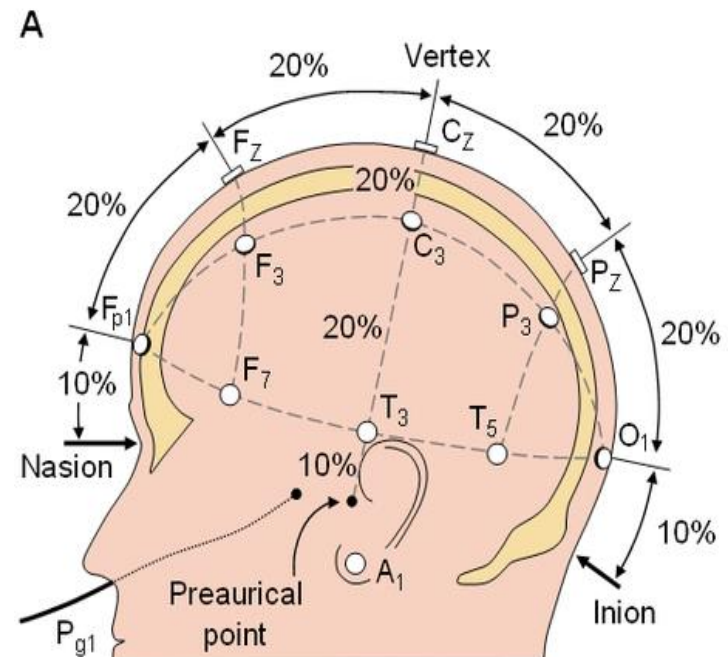
En el ámbito de las aplicaciones clínicas del EEG, los patrones de señal que se manifiestan ante eventos o comportamientos específicos del cerebro toman la denominación de ritmos.

Banda Espectral	Rango [Hz]	Descripción	Región
Delta (δ)	0 – 3.5	En niños, en adultos en sueño profundo o con patologías.	Adultos: frontal; Niños: occipital
Theta (θ)	4 – 7.5	Durante estrés emocional (decepción y frustración).	Parietal y temporal
Alfa (α)	8 – 13.5	Estados de relajación, aumentan al cerrar los ojos.	Occipital, en menor medida en parietal y frontal.
Beta (β)	14 – 30	Actividades mentales intensas.	Parietal y frontal.
Mu (μ)	8 – 12	Movimientos o planeación de los mismos.	Fronto - central

MARCO TEÓRICO

SISTEMA INTERNACIONAL 10-20 PARA LA COLOCACIÓN DE LOS ELECTRODOS

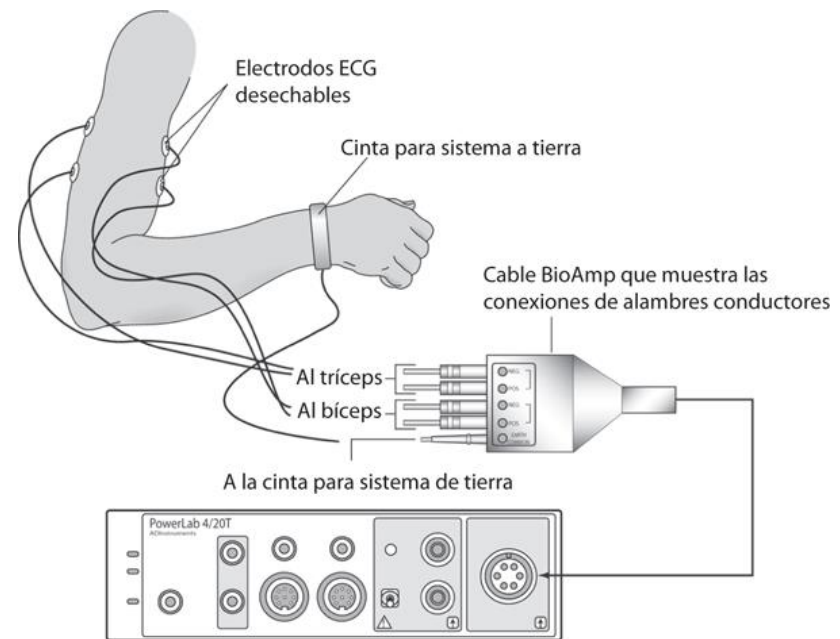
Sistema Internacional 10-20 para la colocación de los electrodos extracraneales. Las letras señalan el área (Fp, prefrontal; F, frontal; C, central; P, parietal; T, temporal y O, occipital), mientras que los números designan el hemisferio (pares del derecho, nones del izquierdo) y los electrodos de la línea media se señalan con una "z"; por lo que Fz se encuentra frontalmente en la línea media.



MARCO TEÓRICO

SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS (EMG)

Las señales electromiográficas (EMG) se han convertido en una herramienta muy importante en el reconocimiento de patrones, control de dispositivos, rehabilitación, entre otras áreas debido a la facilidad con la que se pueden adquirir de forma no invasiva y sin peligro para el individuo. Esta señal suministra información en tiempo y en frecuencia acerca de la actividad neuromuscular presente en el músculo activo correspondiente a la suma de la actividad de un número mayor de unidades motoras más pequeñas.



MARCO TEÓRICO

FUNCIONES DE LA MANO

Los movimientos de la mano se pueden catalogar en movimientos prensiles (como empujar o alzar cosas sin sujetarlas) y no prensiles (alcanzan movimientos específicos de la mano).



Prensión en gancho

Prensión de fuerza a mano llena



Prensión de fuerza esférica

DISEÑO Y SELECCIÓN

En este apartado se establece el diseño y la estructura analizando cuales son las mejores opciones de los componentes para que el prototipo sea resistente y la distribución de los electrodos sea la más adecuada obteniendo así una mejor recepción de señales electroencefalográficas.

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

Para este prototipo se necesita muestrear varios canales de EEG con una distribución establecida de acuerdo a la norma internacional 10-20 para electroencefalografía, en un casco EEG cómodo, ajustable y compatible con código abierto para su programación. Además, se debe considerar que el casco debería ser inalámbrico con respecto a la transmisión de señales.

DISEÑO Y SELECCIÓN

ESTRUCTURA Y MATERIAL

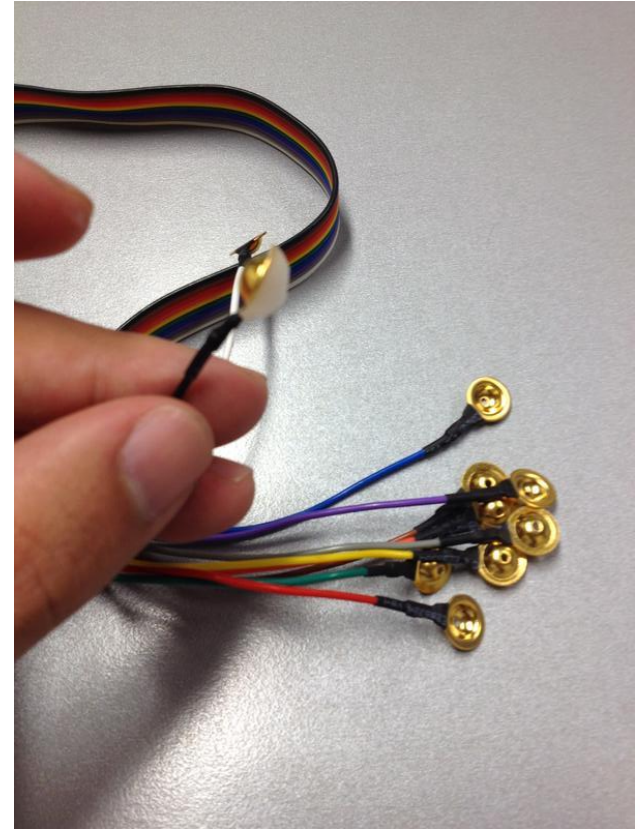
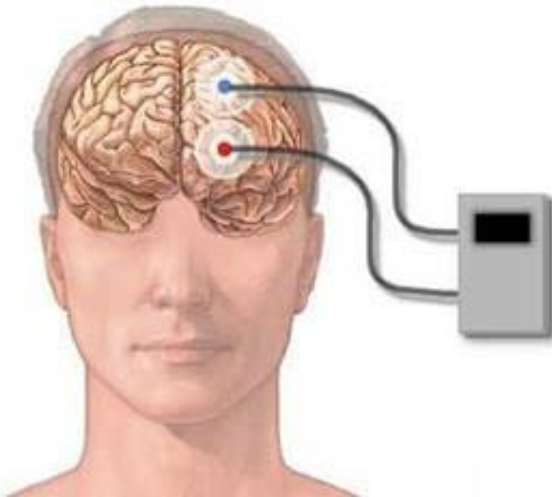
Esta parte es fundamental ya que de esta depende el diseño del prototipo que hará las lecturas EEG, llegando a la conclusión que es un casco impreso lo que se requiere para la investigación por su fiabilidad en la lectura de las señales. Al ser una estructura rígida la percepción de ruido debido al movimiento de los electrodos será menos con relación a las demás opciones. El material será PLA porque es muy resistente y liviano.



DISEÑO Y SELECCIÓN

ELECTRODOS

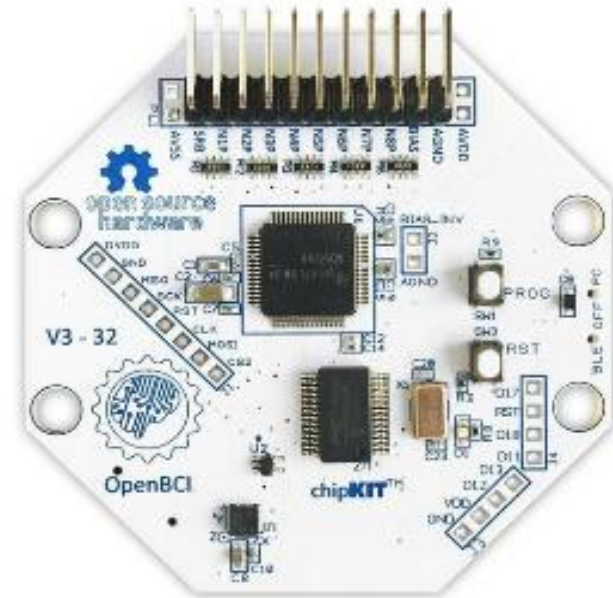
Se define que los electrodos de Open BCI son la mejor opción. Estos presentan una calidad alta, así como el mejor tiempo de respuesta entre las opciones. El tiempo de respuesta junto con la precisión son características fundamentales para el sistema.



DISEÑO Y SELECCIÓN

TARJETA RECEPTORA DE CANALES

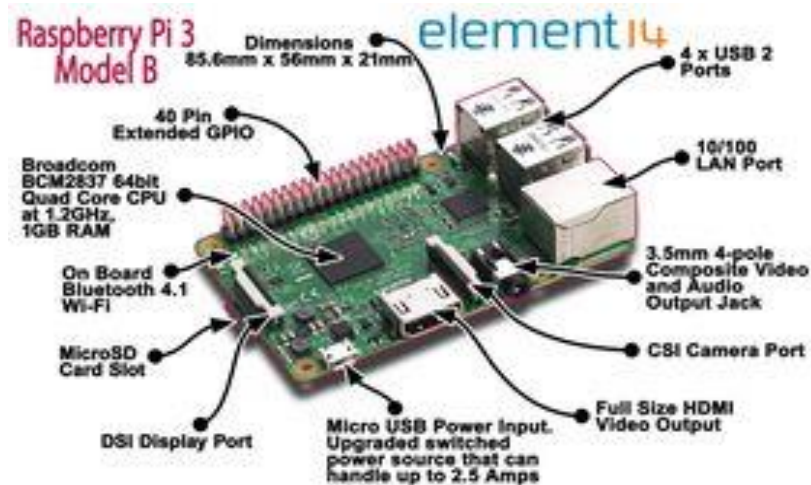
La mejor opción para recibir las señales de los electrodos es la Cyton Biosensing debido a que es de la misma marca que los electrodos seleccionados y dispone de una mayor número de canales, los mismos que pueden ser utilizados en modificaciones posteriores.



DISEÑO Y SELECCIÓN

TARJETA DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES

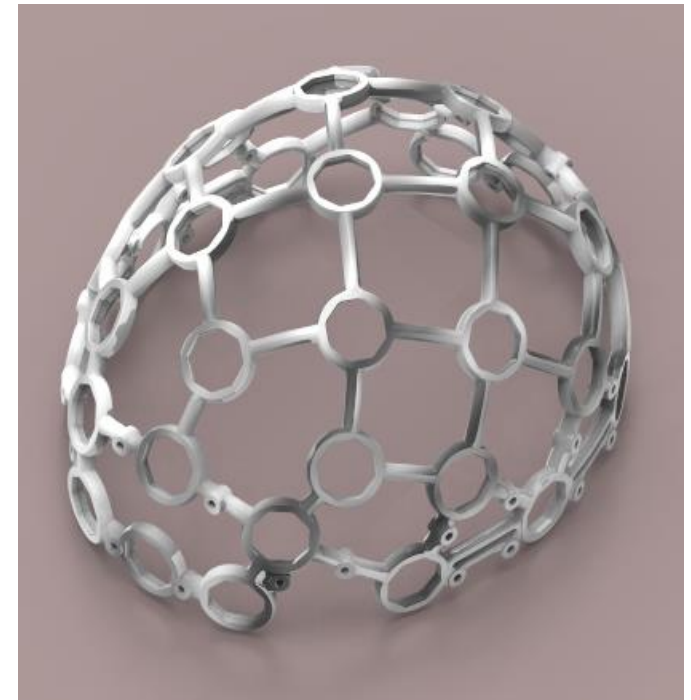
Se usará la Raspberry Pi 3 B+ porque el procesador que incorpora permite recibir de mejor manera las señales. Permite la utilización del entorno de programación Python y una gran cantidad de puertos de propósito general que facilitan a la prótesis realizar las respectivas acciones configuradas.



DISEÑO Y SELECCIÓN

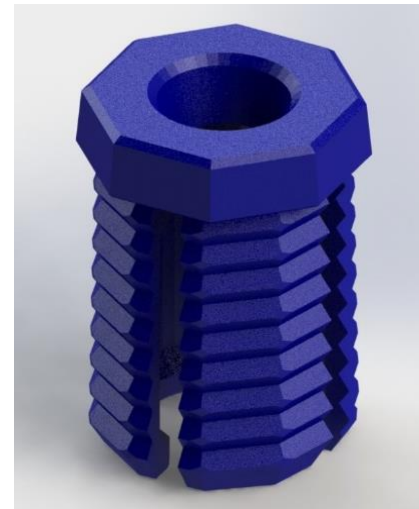
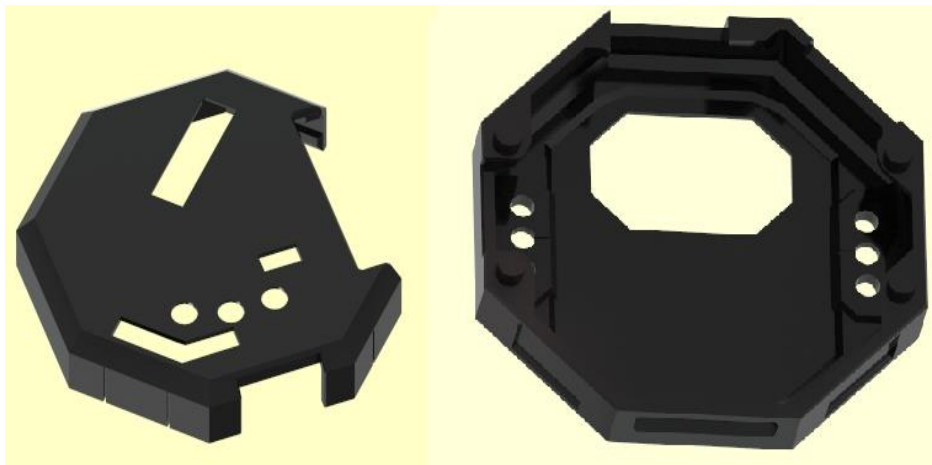
ESTRUCTURA DEL CASCO

Los electrodos seleccionados deben tener una posición estable, por ende, la estructura de soporte también debe ser estable, esta estructura de soporte tendrá un diseño tipo casco con una disposición de acuerdo al sistema internacional 10-20 para electroencefalogramas, lo cual nos permitirá la ubicación de acuerdo a la necesidad y la regulación dependiendo de cada usuario diferente.



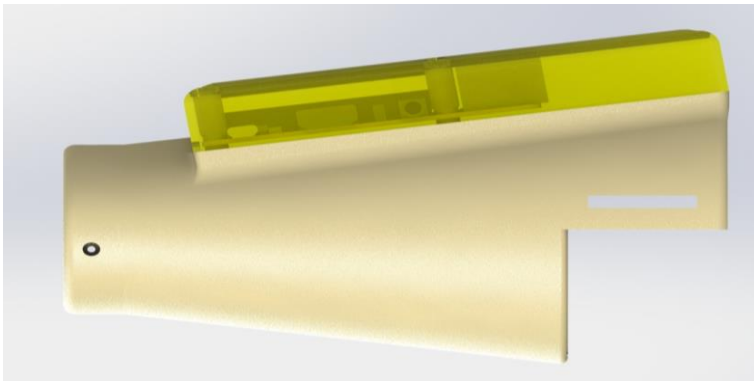
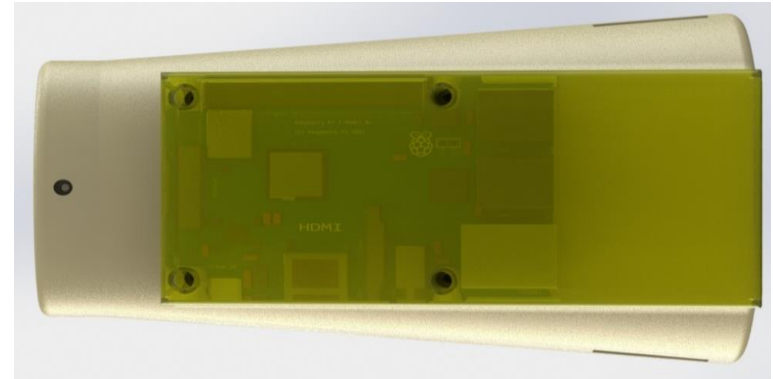
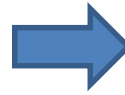
DISEÑO Y SELECCIÓN

ESTRUCTURA DEL CASCO



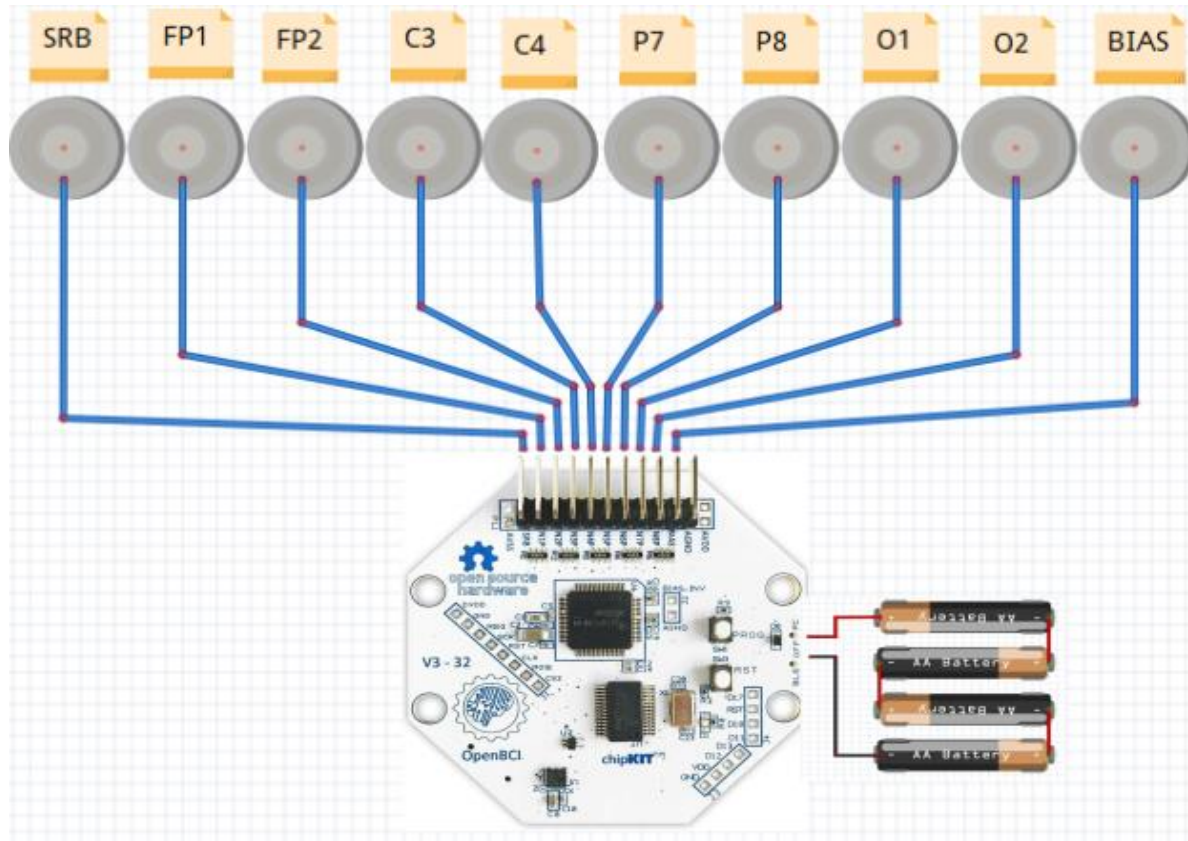
DISEÑO Y SELECCIÓN

REDISEÑO DE LA PRÓTESIS



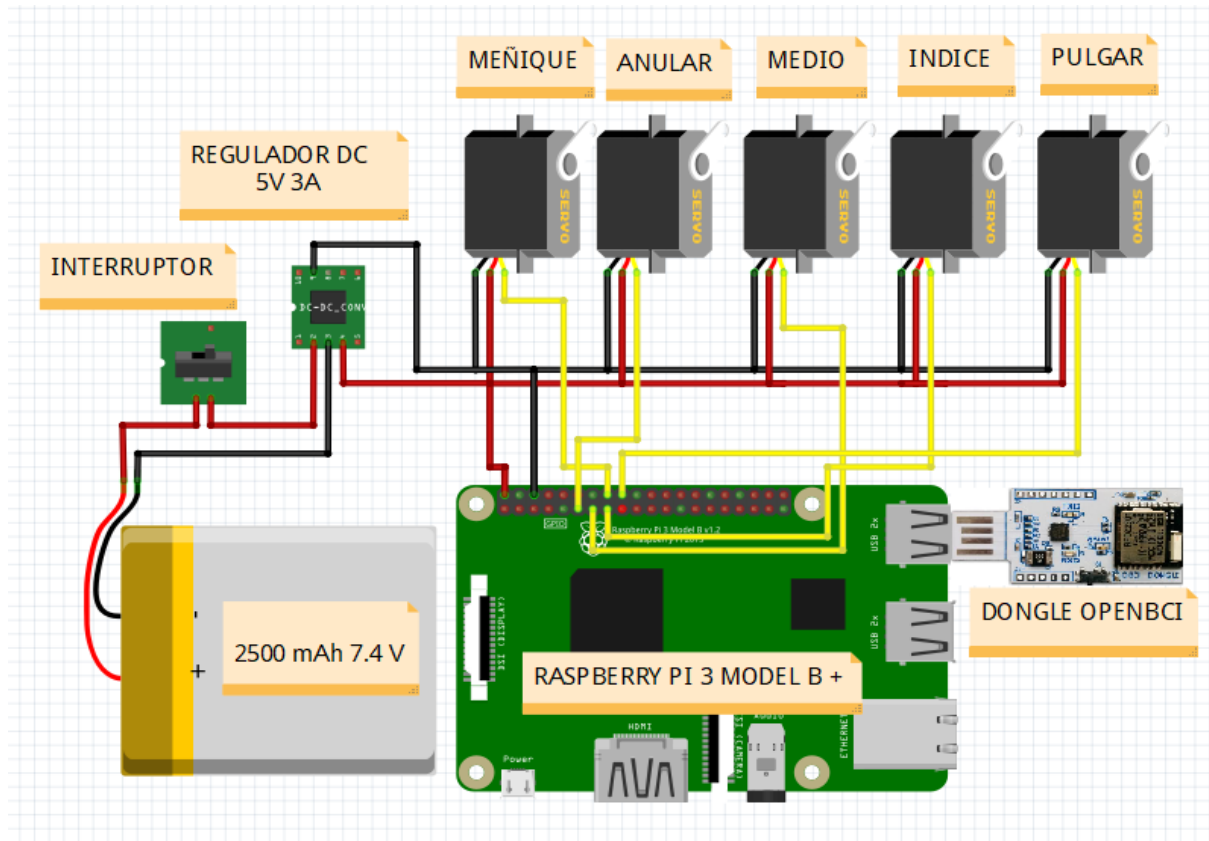
DISEÑO Y SELECCIÓN

CONEXIÓN ENTRE ELECTRODOS Y CYTON



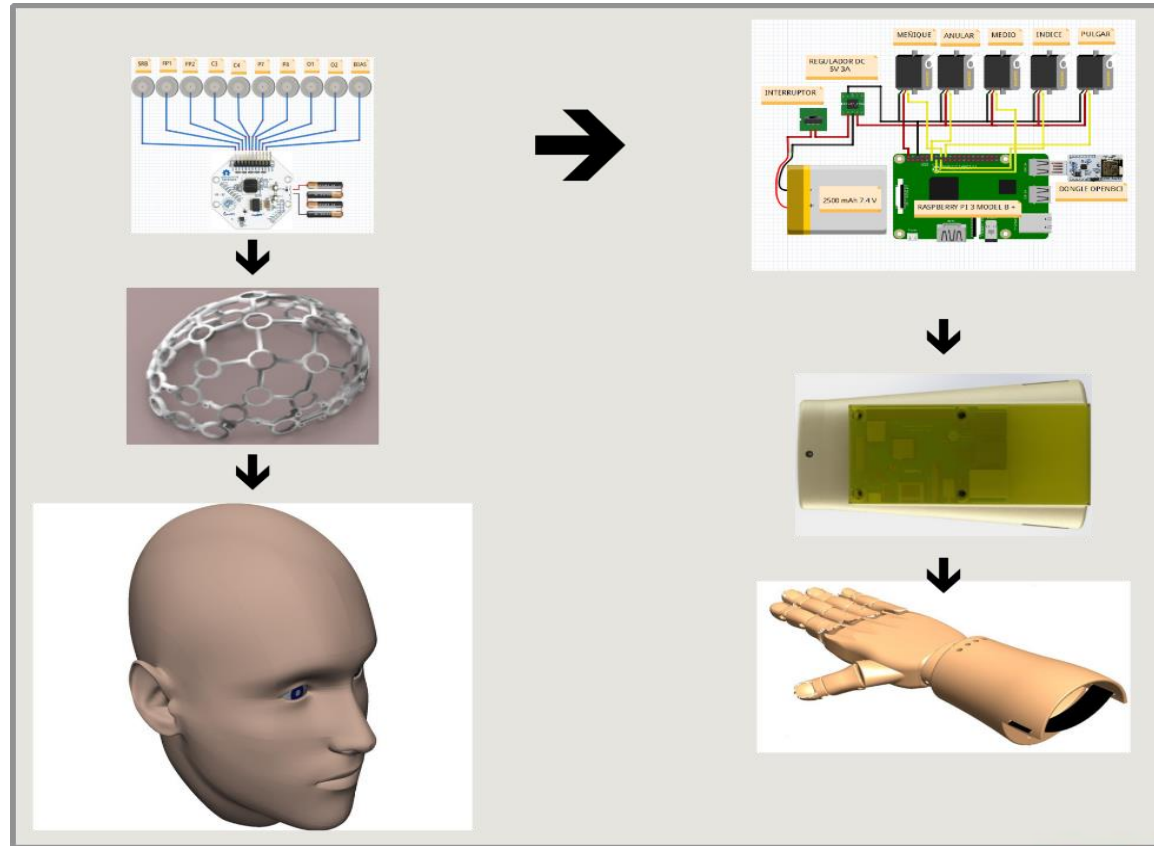
DISEÑO Y SELECCIÓN

DIAGRAMA DE CONEXIÓN EN LA PROTESIS



DISEÑO Y SELECCIÓN

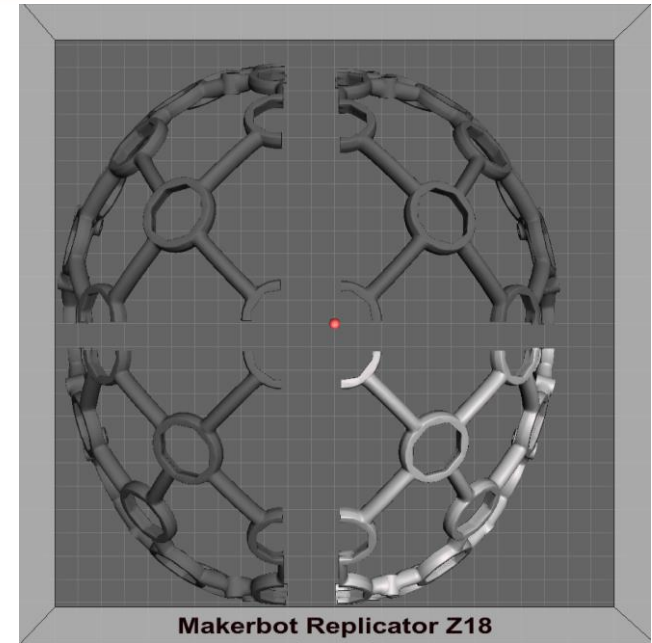
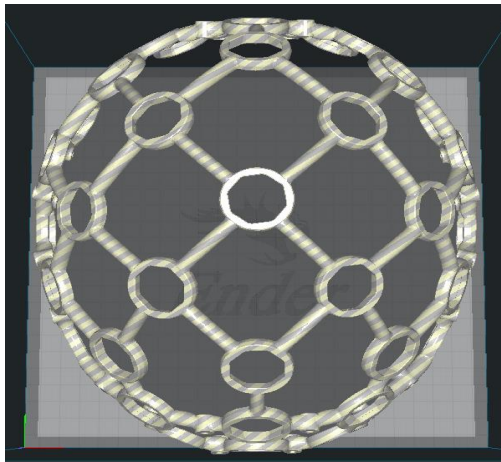
ESQUEMA FINAL DEL SISTEMA



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

IMPRESIÓN Y ENSAMBLAJE DEL CASCO

De acuerdo al tamaño de la cabeza de un adulto el casco tendrá unas dimensiones de 260 cm de profundidad, 221 cm de ancho y 135 cm de altura.



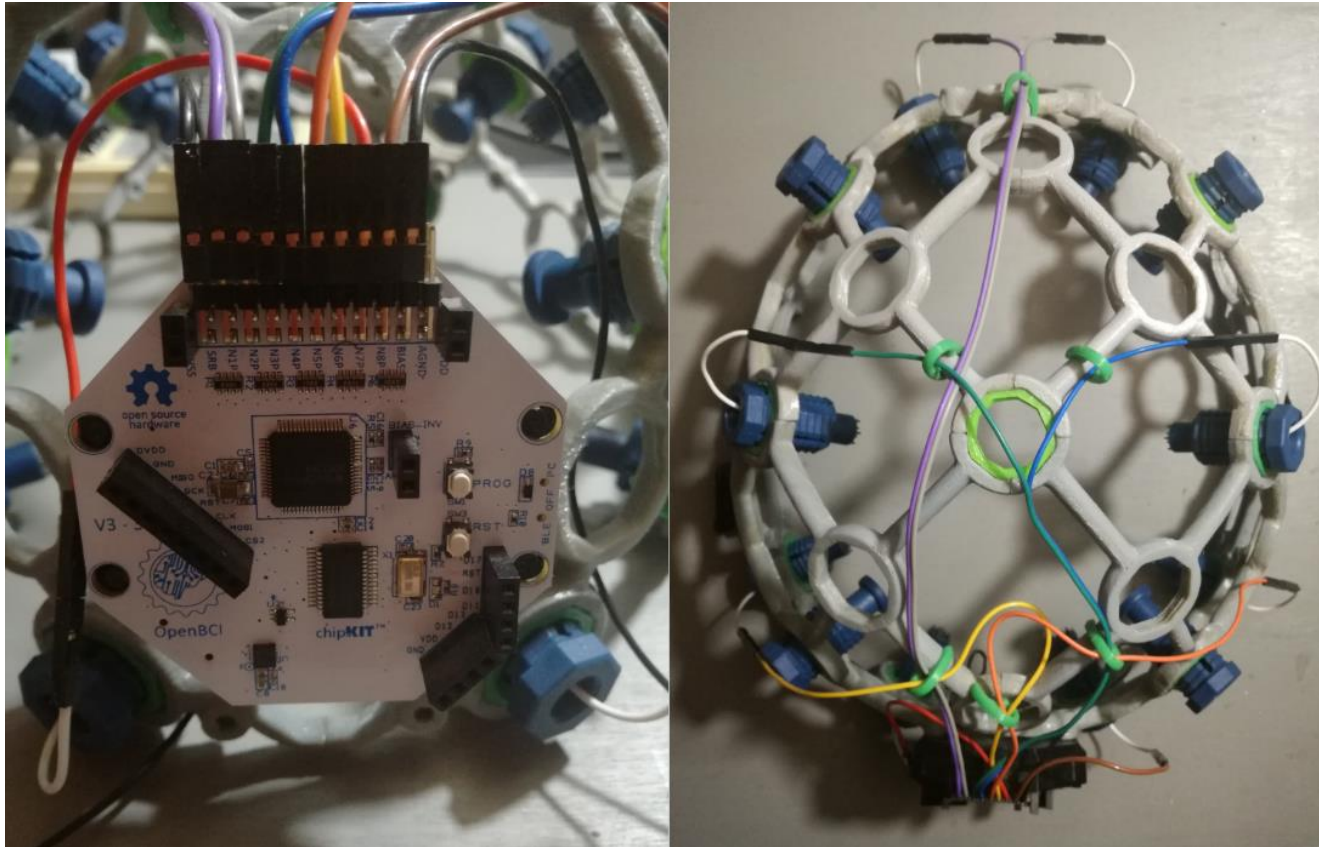
Para la impresión del casco y debido a sus dimensiones fue necesario dividir el modelo en 4 secciones que luego de ser impresas deberán ser unidas para obtener la forma definitiva.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA IMPRESIÓN Y ENSAMBLAJE DEL CASCO



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

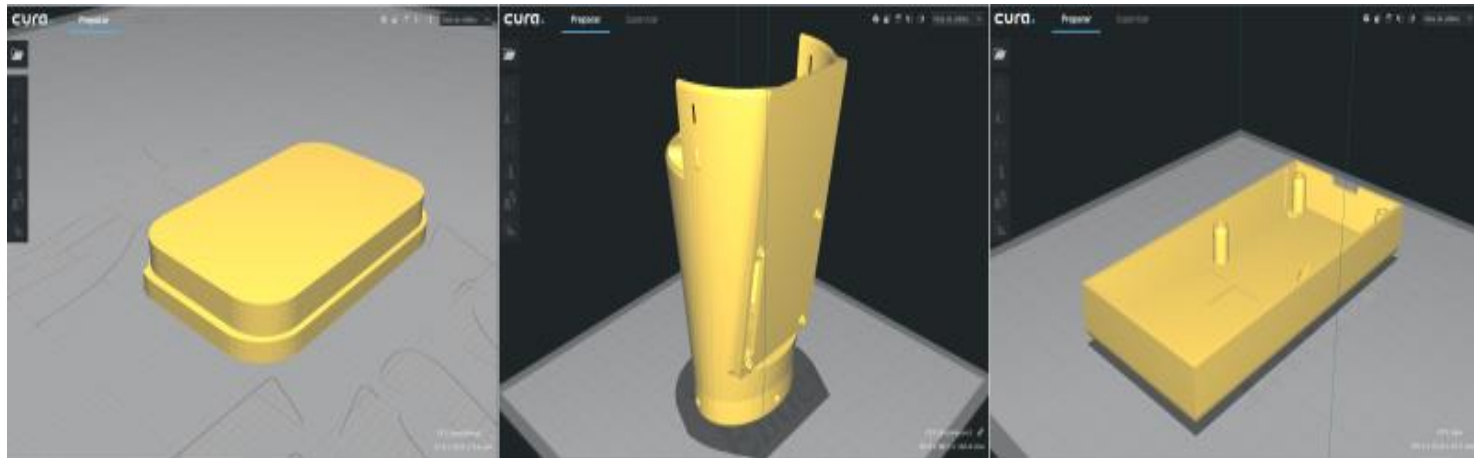
IMPRESIÓN Y ENSAMBLAJE DEL CASCO



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

IMPRESIÓN Y ENSAMBLAJE DEL ANTEBRAZO

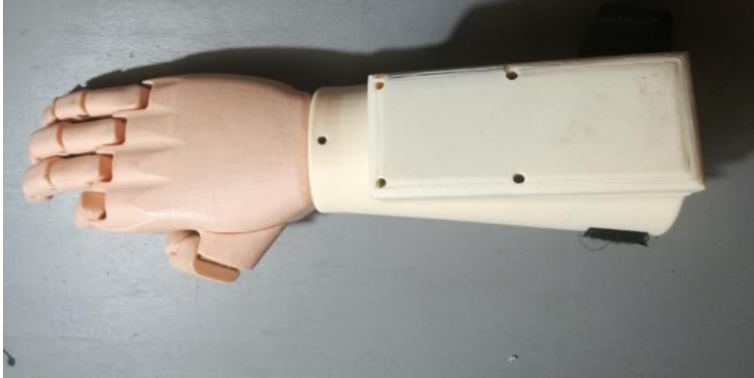
El diseño del antebrazo presenta tres partes que deben ser impresas por separado, estas son la estructura general del brazo, la tapa para la parte electrónica y la tapa para la batería.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

IMPRESIÓN Y ENSAMBLAJE DEL ANTEBRAZO

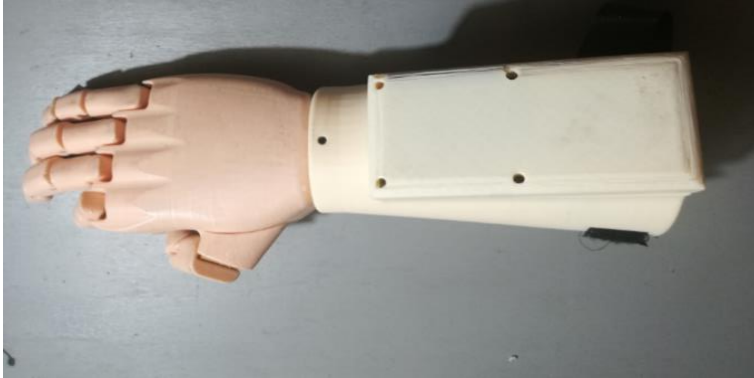
La parte del antebrazo es la encargada de conectarse con la mano, albergar la batería tipo lipo y la tarjeta raspberry pi 3. Posee una abertura que permite la instalación de un Switch para el encendido y apagado del sistema.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

IMPRESIÓN Y ENSAMBLAJE DEL ANTEBRAZO

La parte del antebrazo es la encargada de conectarse con la mano, albergar la batería tipo lipo y la tarjeta raspberry pi 3. Posee una abertura que permite la instalación de un Switch para el encendido y apagado del sistema.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DESARROLLO DEL CONTROLADOR

En base al análisis realizado en el capítulo anterior, se utilizó una Raspberry Pi 3 Model B+, la cual utiliza el sistema operativo Raspbian, una versión de Debian específica para Raspberry y que permite implementar el algoritmo en el lenguaje de programación Python

Para poder instalar Raspbian es necesario una tarjeta microSD de clase 10 para un mejor rendimiento, y la imagen del sistema operativo proporcionada por la página oficial de raspberry

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA


DESARROLLO DEL CONTROLADOR

En base al análisis realizado en el capítulo anterior, se utilizó una Raspberry Pi 3 Model B+, la cual utiliza el sistema operativo Raspbian, una versión de Debian específica para Raspberry y que permite implementar el algoritmo en el lenguaje de programación Python

Para poder instalar Raspbian es necesario una tarjeta microSD de clase 10 para un mejor rendimiento, y la imagen del sistema operativo proporcionada por la página oficial de raspberry

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DESARROLLO DEL CONTROLADOR



Raspbian Stretch with desktop

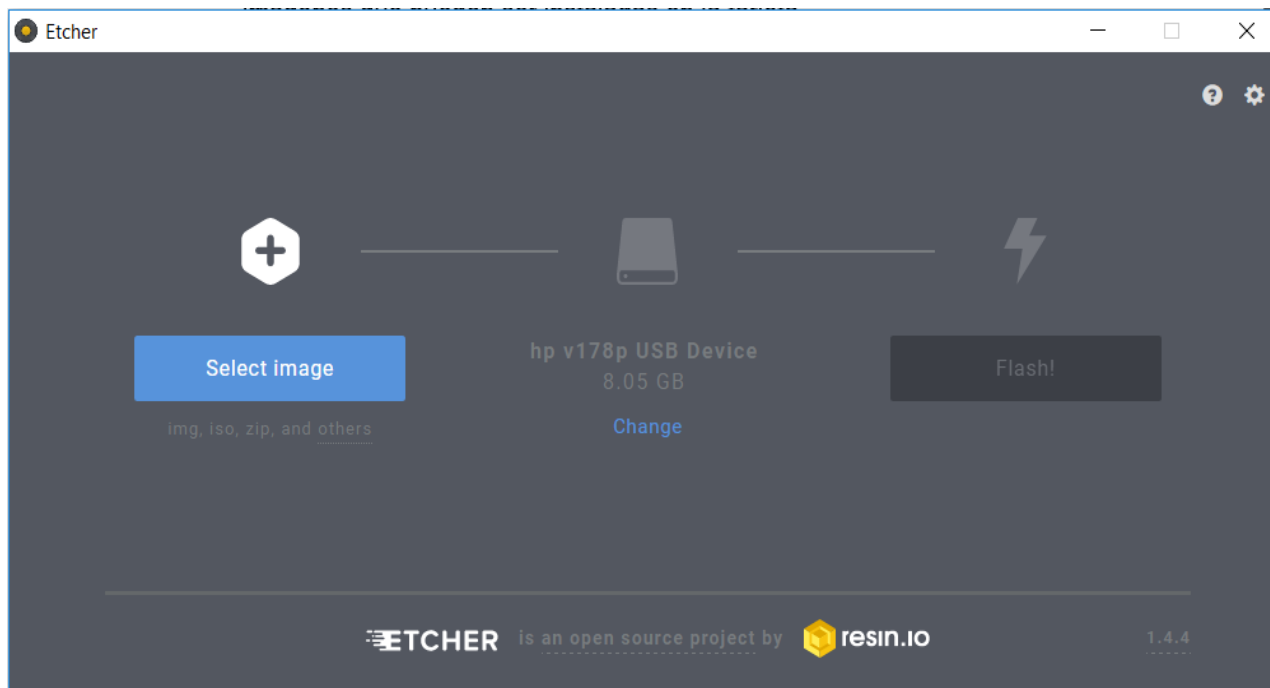
Image with desktop based on Debian Stretch

Version:	November 2018
Release date:	2018-11-13
Kernel version:	4.14
Release notes:	Link

[Download Torrent](#) [Download ZIP](#)

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

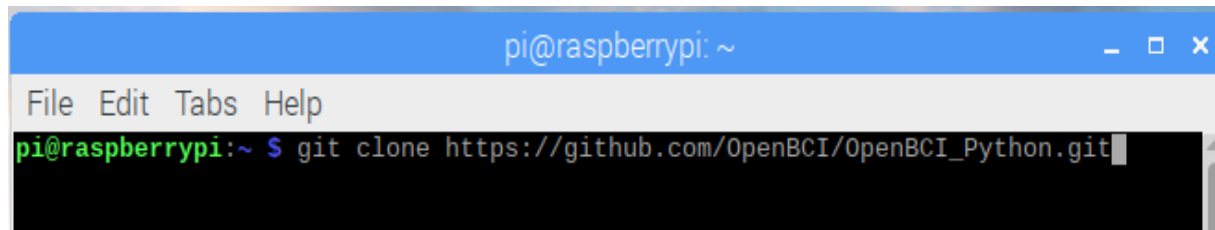
DESARROLLO DEL CONTROLADOR



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DESARROLLO DEL CONTROLADOR

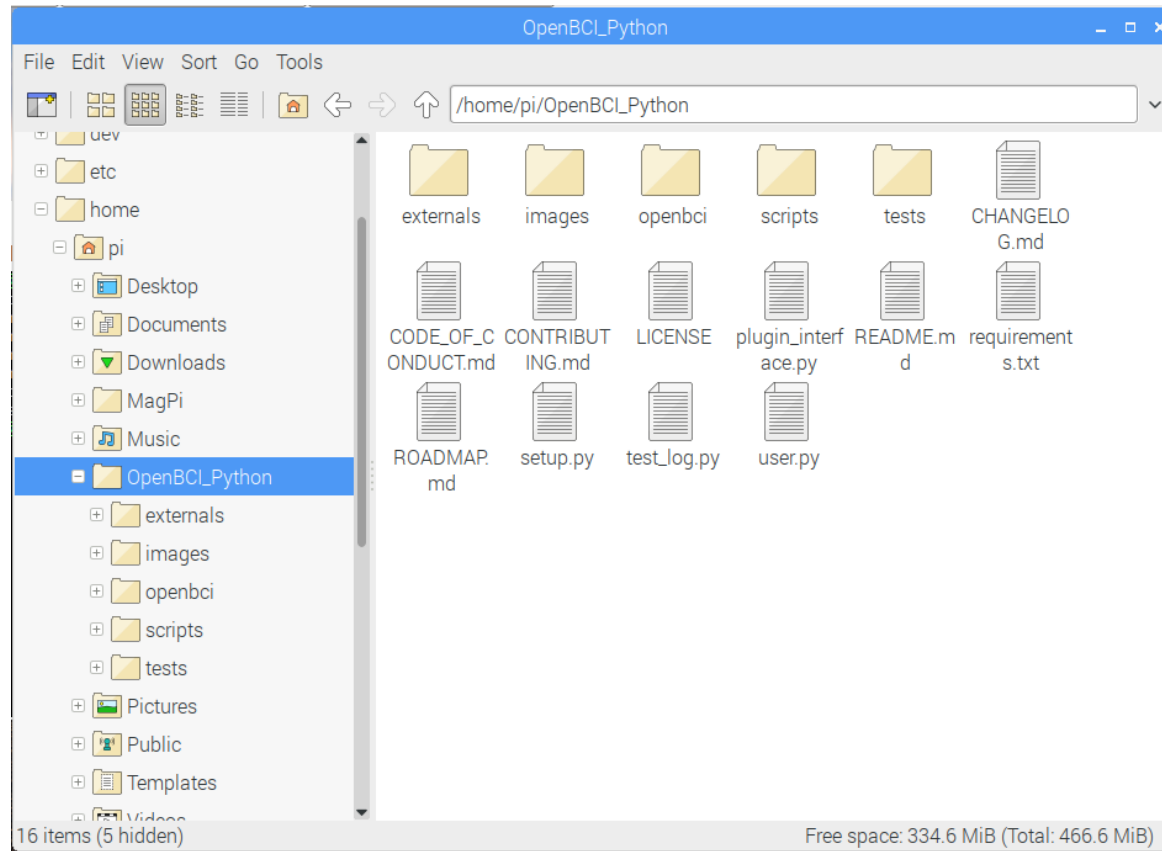
Para esta aplicación se utilizó la versión 2.7 de Python. Existe disponible una biblioteca de software que permite trabajar con Python específicamente en hardware de OpenBCI, esta carpeta se encuentra en su repositorio digital de GitHub



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~ $ git clone https://github.com/OpenBCI/OpenBCI_Python.git
```

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DESARROLLO DEL CONTROLADOR



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

LIBRERÍAS

- Numpy
- Python-osc
- Pyserial
- Requests
- Six
- socketIO-client
- Wheel
- Yapsy
- Xmltodict
- Pylsl

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ADQUISICIÓN DE DATOS

```
import sys; sys.path.append('/home/pi/Desktop/OpenBCI_Python-master')
```

```
from openbci import cyton as bci
```

```
import logging
```

```
import time
```


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ADQUISICIÓN DE DATOS

```
def printData(sample):  
    print("-----")  
    print("%f" %(sample.id))  
    print(sample.channel_data)  
    print(sample.aux_data)  
    print("-----")
```

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ADQUISICIÓN DE DATOS

```
if __name__ == '__main__':  
    port = '/dev/ttyUSB0'  
    baud = 115200  
    logging.basicConfig(filename="pruebas.log",format='%(asctime)s-%(levelname)s :  
%(message)s',level=logging.DEBUG)  
    logging.info('-----captando datos-----')  
    board=bci.OpenBCICyton(port=port,scaled_output=False, log=True)  
        print("iniciando tarjeta")  
    board.ser.write('v')  
    time.sleep(10)  
    board.start_streaming(printData)  
    board.print_bytes_in()
```

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ADQUISICIÓN DE DATOS

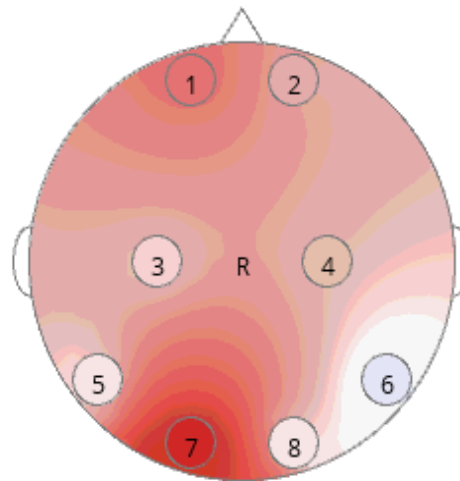
```
pi@raspberrypi:~/Desktop/OpenBCI_Python-master $ sudo python raspy_ser.py
Connecting to V3 at port /dev/ttyUSB0
Serial established...
◆OpenBCI V3 8-16 channel
On Board ADS1299 Device ID: 0x3E
LIS3DH Device ID: 0x33
Firmware: v3.1.1
$$$
iniciando tarjeta
```

```
196.000000
[-343791, -353100, -330117, -329492, -4626232, -1923079, -5553397, -7480172]
[0, 0, 0]
-----
197.000000
[-326152, -335164, -326860, -325846, -4617925, -1929324, -5555670, -7489146]
[0, 0, 0]
-----
198.000000
[-300998, -313365, -315879, -317629, -4611848, -1941215, -5563270, -7501772]
[0, 0, 0]
-----
```

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

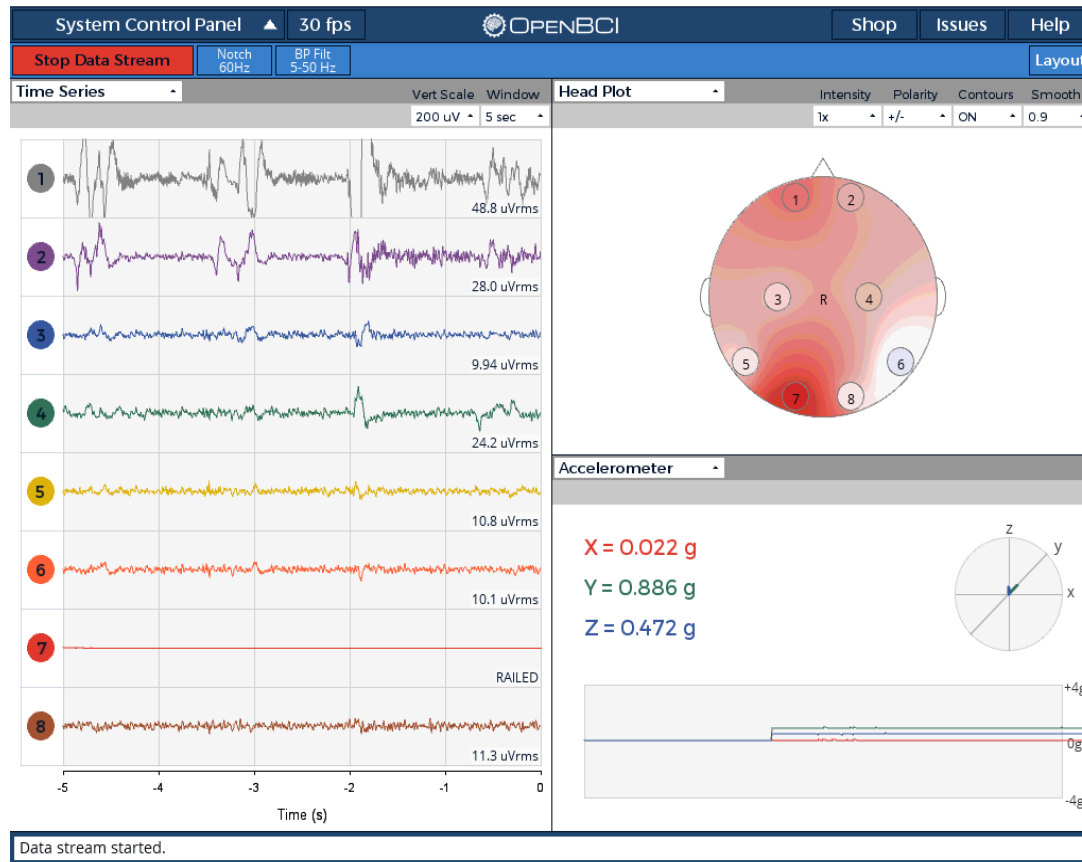
ANÁLISIS DE SEÑALES

Los electrodos implementados son ocho y se encuentran ubicados en las posiciones Fp1, Fp2, C3, C4, P7, P8, O1, O2, de acuerdo al sistema internacional 10 – 20 y son identificados para nuestro sistema como 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 respectivamente.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

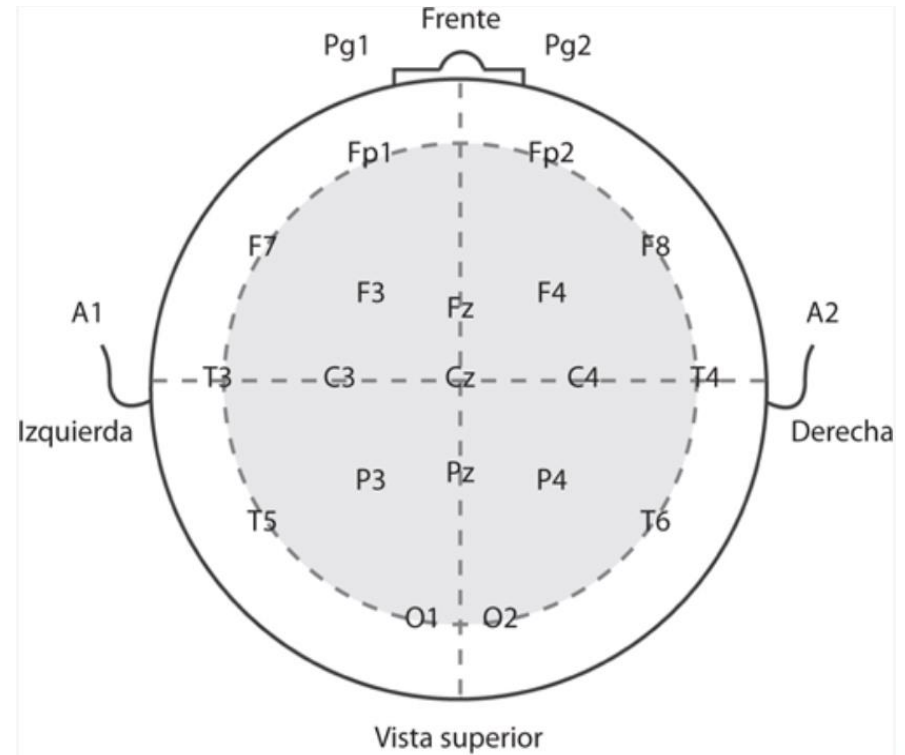
ANÁLISIS DE SEÑALES



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ANÁLISIS DE SEÑALES

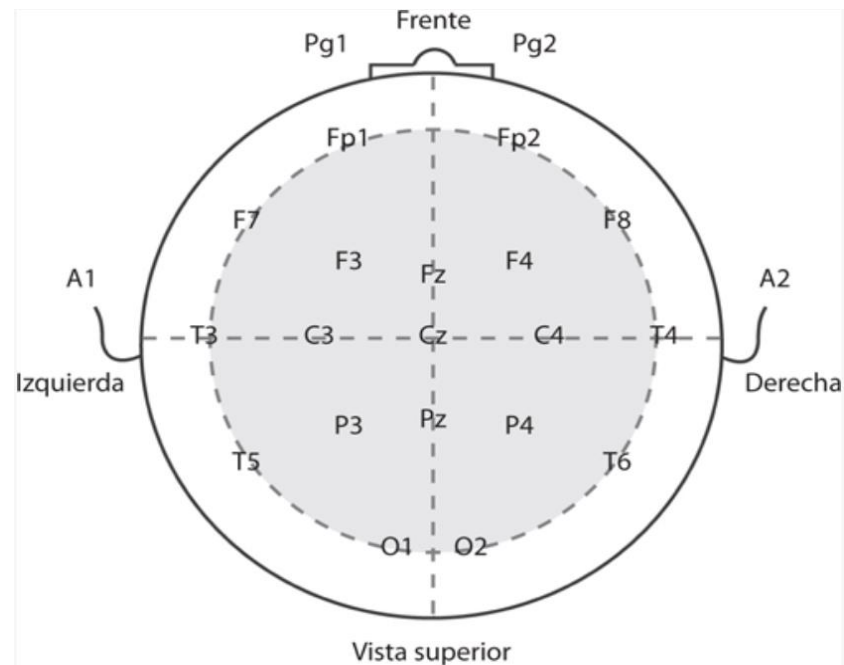
Para analizar los datos las muestras fueron tomadas en los electrodos fp1 y fp2, de los canales uno y dos, en los cuales se registra un mayor nivel de actividad al cerrar o abrir los ojos. Cuando se analiza el dataset guardado en la GUI de OpenBCI, se evidencian las intenciones de pestañeo, sin embargo, existe mucho ruido.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ANÁLISIS DE SEÑALES

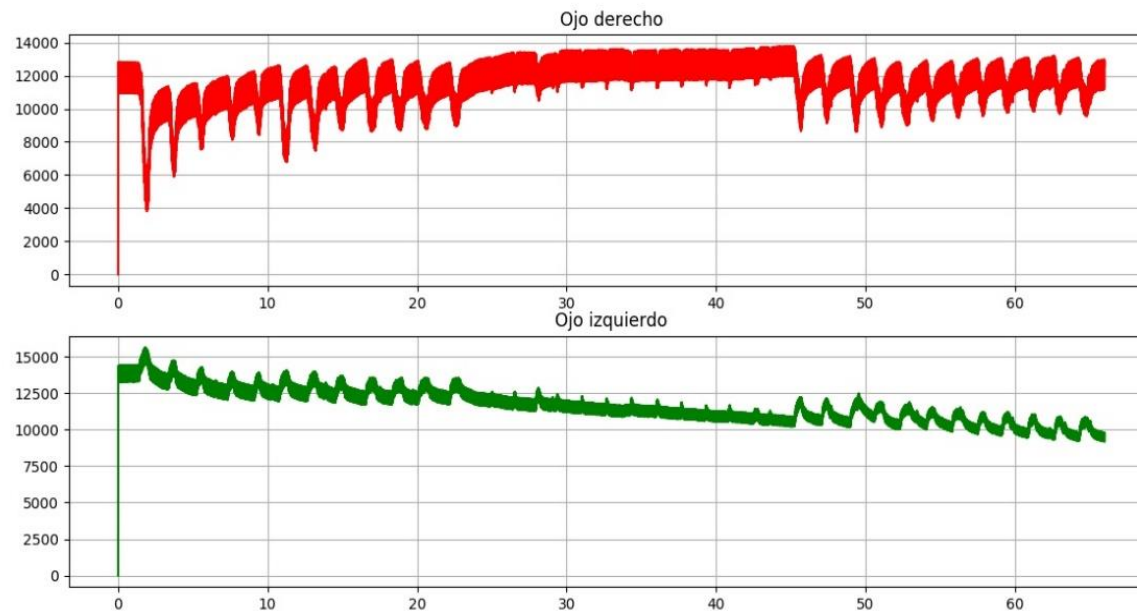
Para analizar los datos las muestras fueron tomadas en los electrodos fp1 y fp2, de los canales uno y dos, en los cuales se registra un mayor nivel de actividad al cerrar o abrir los ojos.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ANÁLISIS DE SEÑALES

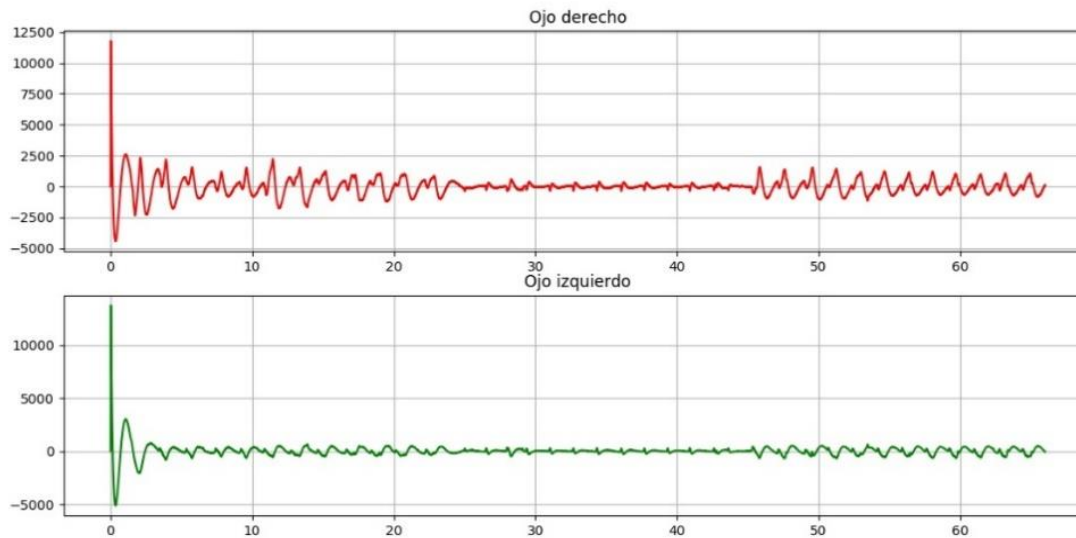
Cuando se analiza el dataset guardado en la GUI de OpenBCI, se evidencian las intenciones de pestañeo, sin embargo, existe mucho ruido.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ANÁLISIS DE SEÑALES

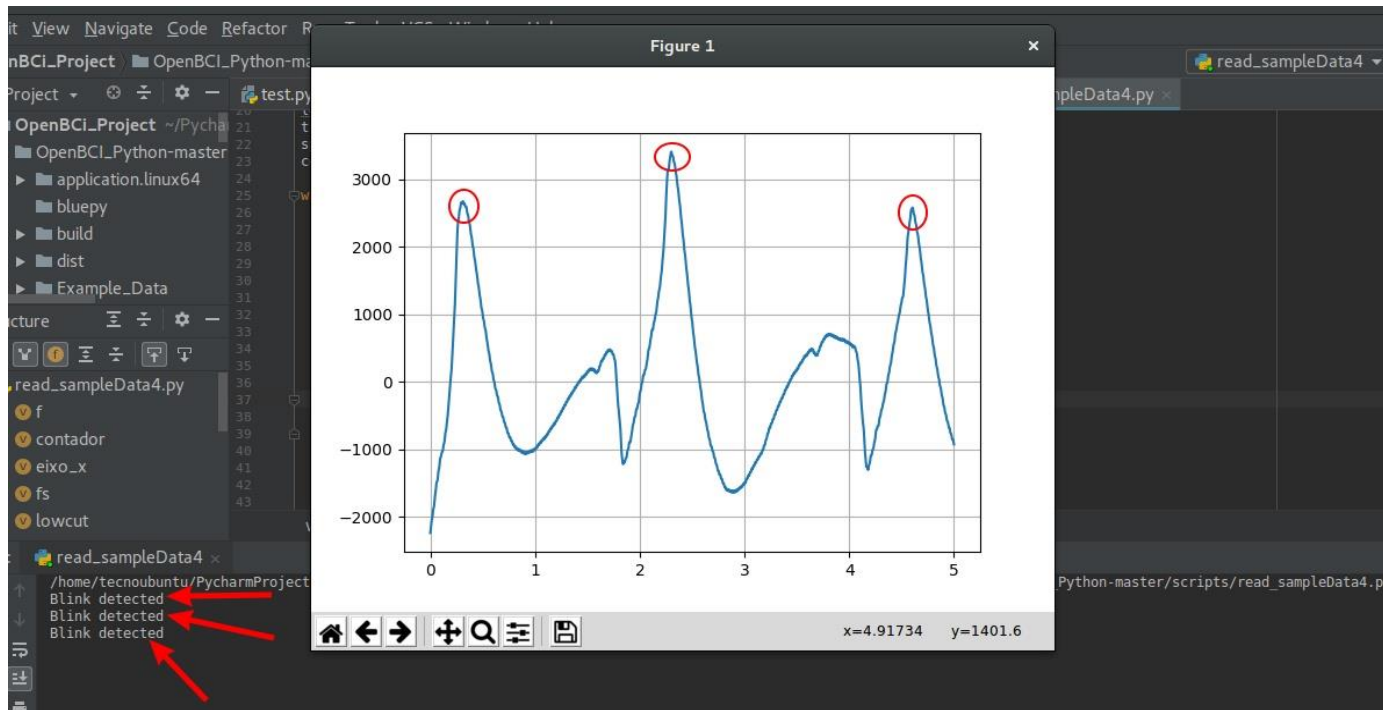
Se procede entonces a realizar un filtrado de las señales para obtener una mejor interpretación y establecer una línea base en cero. De esta manera la forma característica del pestañeo es claramente apreciable.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

ANÁLISIS DE SEÑALES

Identificación de picos en las señales con el pestañeo



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CONTROL DE SERVOMOTORES

Con los valores pico identificados, se probó el nuevo script que permite la identificación del pestañeo en tiempo real.

```
18307.0138104
20747.7060702
23049.5906454
25843.1313952
28871.5347262
31594.5962634
34195.7302348
37145.0746329
40169.2789647
42588.0723321
BLINK                                     DETECTED!!!
-----
44444.774473
46353.3216844
48343.3401389
49825.6588151
50702.3796007
51552.4924859
52601.3461117
```

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CONTROL DE SERVOMOTORES

Una vez probado el detector de pestañeos se establece la lógica de funcionamiento del control. necesario determinar las salidas a utilizarse para mover los servomotores ubicados en la mano y que darán movimiento a cada uno de los dedos.

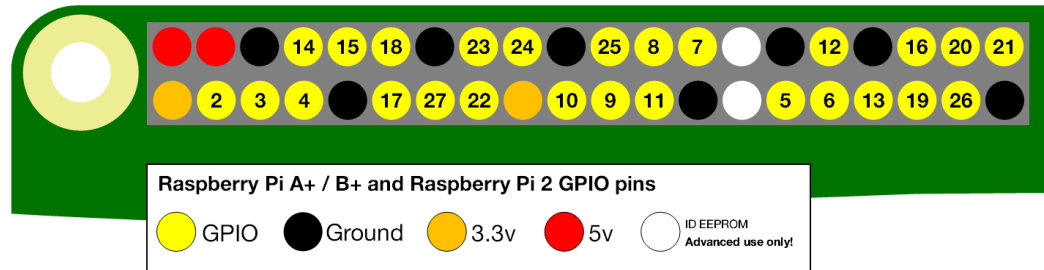
Los movimientos establecidos para la manipulación de objetos son: gancho, pinza y cilindro. A continuación, se detalla la característica de activación de cada uno.

- Gancho: cierre del ojo derecho
- Pinza: cierre del ojo izquierdo
- Cilindro: cierre de ambos ojos
- Apertura: elevación de cejas

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CONTROL DE SERVOMOTORES

Las salidas de activación esta definidas en los puertos GPIO 23, 17, 27, 22 y 24 de la tarjeta raspberry pi.



GPIO	PIN	DEDO
23	16	Meñique
17	11	Anular
27	13	Medio
22	15	Índice
24	18	Pulgar

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CONTROL DE SERVOMOTORES

Para poder utilizar los puertos de salida es necesario declararlos en el programa:

`servoPIN1 = 23`

`servoPIN2 = 17`

`servoPIN3 = 27`

`servoPIN4 = 22`

`servoPIN5 = 24`

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CONTROL DE SERVOMOTORES

Según las especificaciones de los servomotores lineales, la frecuencia con la que trabajan es de 50 Hz, se establece esta frecuencia para la señal PWM generada para su activación.

`p1 = GPIO.PWM(servoPIN1, 50)`

`p2 = GPIO.PWM(servoPIN2, 50)`

`p3 = GPIO.PWM(servoPIN3, 50)`

`p4 = GPIO.PWM(servoPIN4, 50)`

`p5 = GPIO.PWM(servoPIN5, 50)`

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CONTROL DE SERVOMOTORES

El ciclo máximo de trabajo es de 20ms, teniendo que con 1ms los servomotores estarán totalmente extendidos, y con 2ms totalmente retraídos, para poder ingresar estos valores en el código, es necesario ponerlos en valores de porcentaje, dando un valor de 5% para la extensión total y 10 % para la retracción total.

Para la posición inicial del sistema todos los actuadores estarán totalmente extendidos es decir al 5%, pero para evitar ruido es recomendable utilizar un valor inferior, algunos fabricantes recomiendan un valor de cero, pero en nuestro caso un valor de 2.5 % es suficiente.

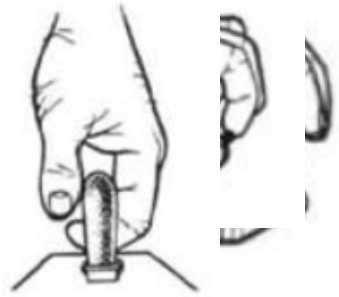
p1.start(2.5)

p2.start(2.5)

p3.start(2.5)

p4.start(2.5)

p5.start(2.5)

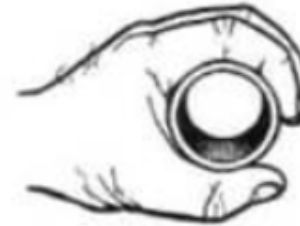


UTILIZACIÓN DEL SISTEMA

TIPOS Y DEDOS QUE INTERVIENEN

Cilindro

- Pulgar
- Índice
- Medio
- Anular
- Meñique



Pinza

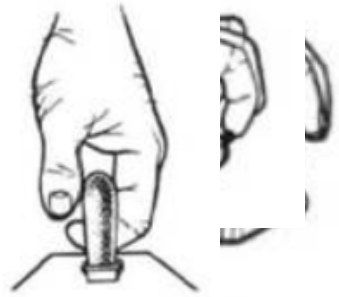
- Pulgar
- Índice



Gancho

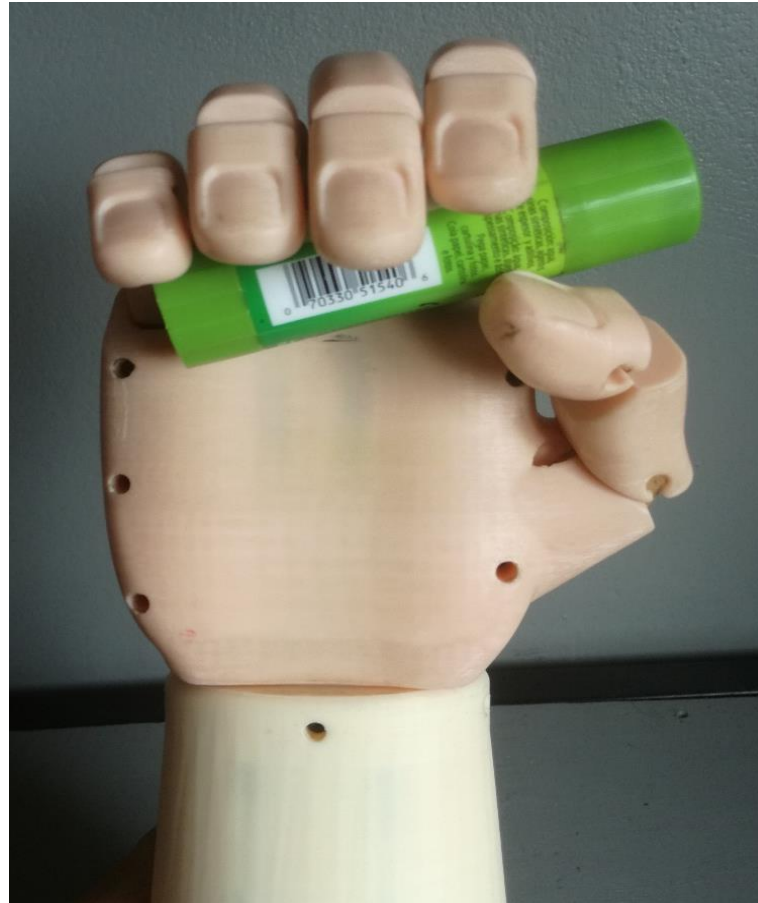
- Índice
- Medio
- Anular
- Meñique

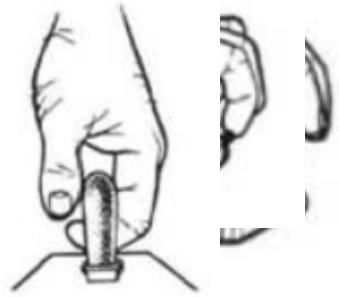




ITACIÓN DEL SISTEMA

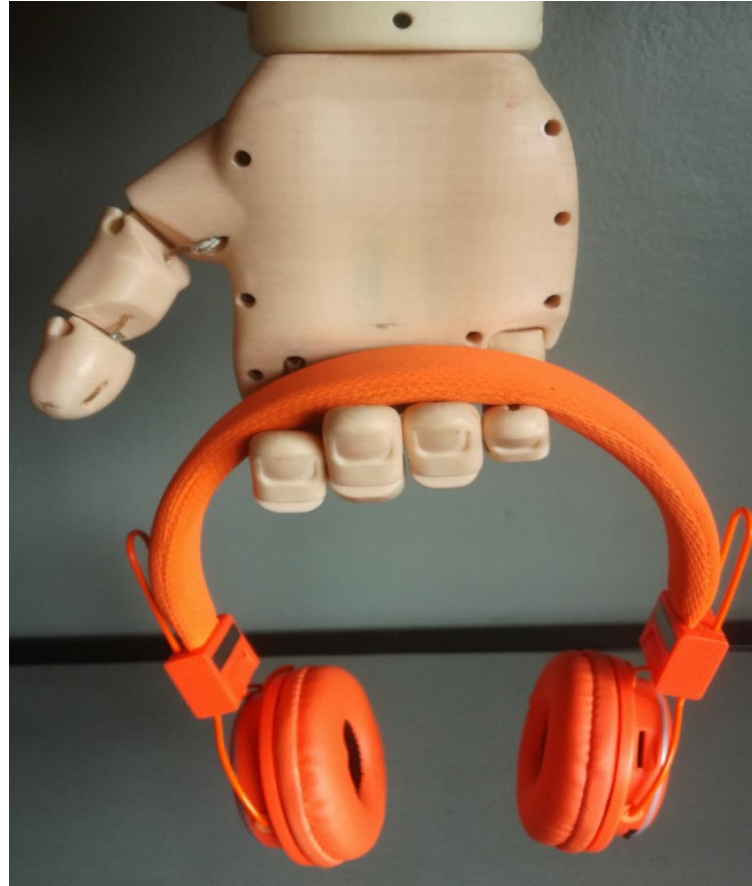
IL CILINDRICO

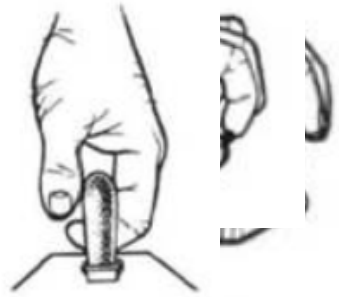




ITACIÓN DEL SISTEMA

EL ENGANCHO

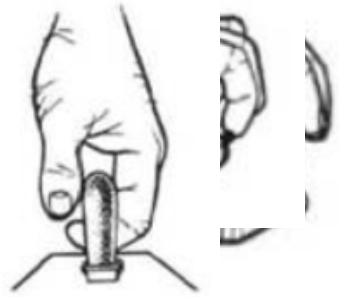




ITACIÓN DEL SISTEMA

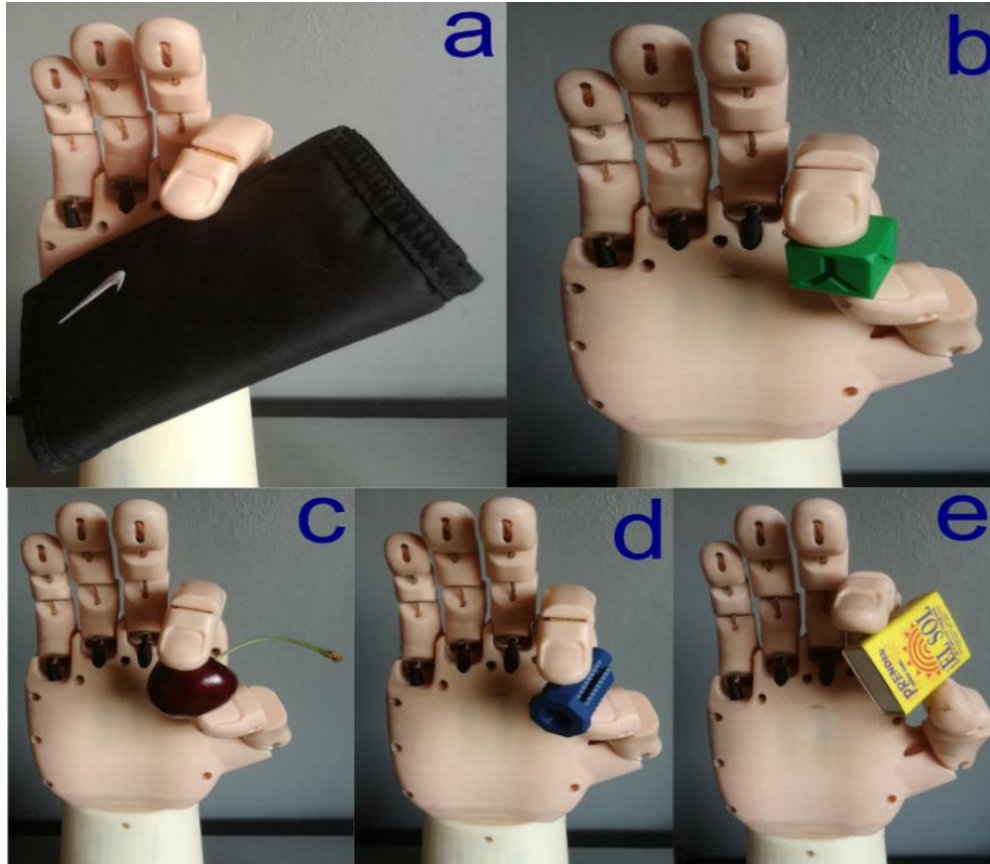
IN EN PINZA

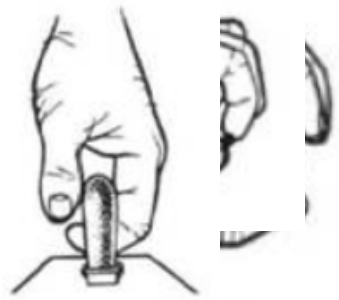




RESULTADOS

BAS DE AGARRE EN PINZA

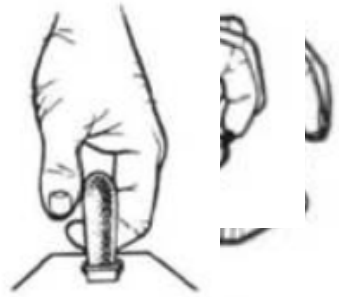




RESULTADOS

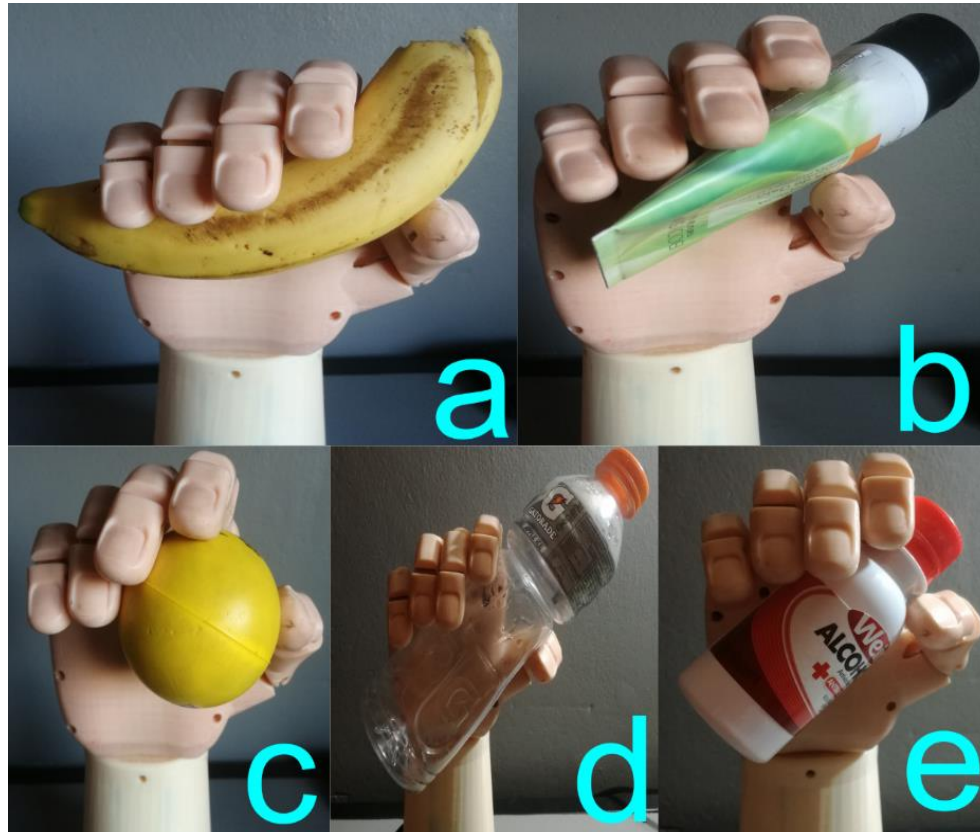
BAS DE AGARRE EN PINZA

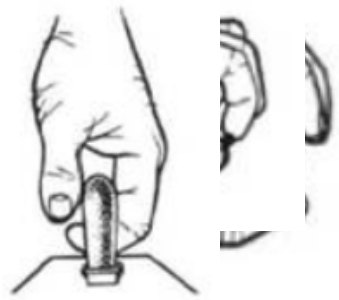
	Objeto	Dimensiones (mm)	Aciertos	Fallos	Total
a	Billetera	90 x 130 x 25	15	0	15
b	Cubo	20 x 20 x 20	15	0	15
c	Cereza	Diámetro = 30	15	0	15
d	Pieza roscada	Diámetro = 18 x 43	11	4	15
e	Caja de fósforos	42 x 12 x 33	15	0	15
f	Sin objeto		15	0	15



RESULTADOS

BAS DE AGARRE DE CILINDRO

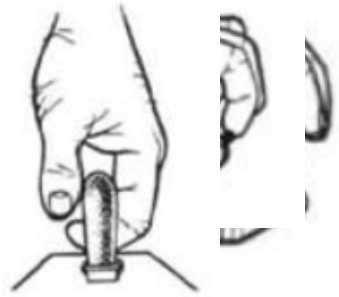




RESULTADOS

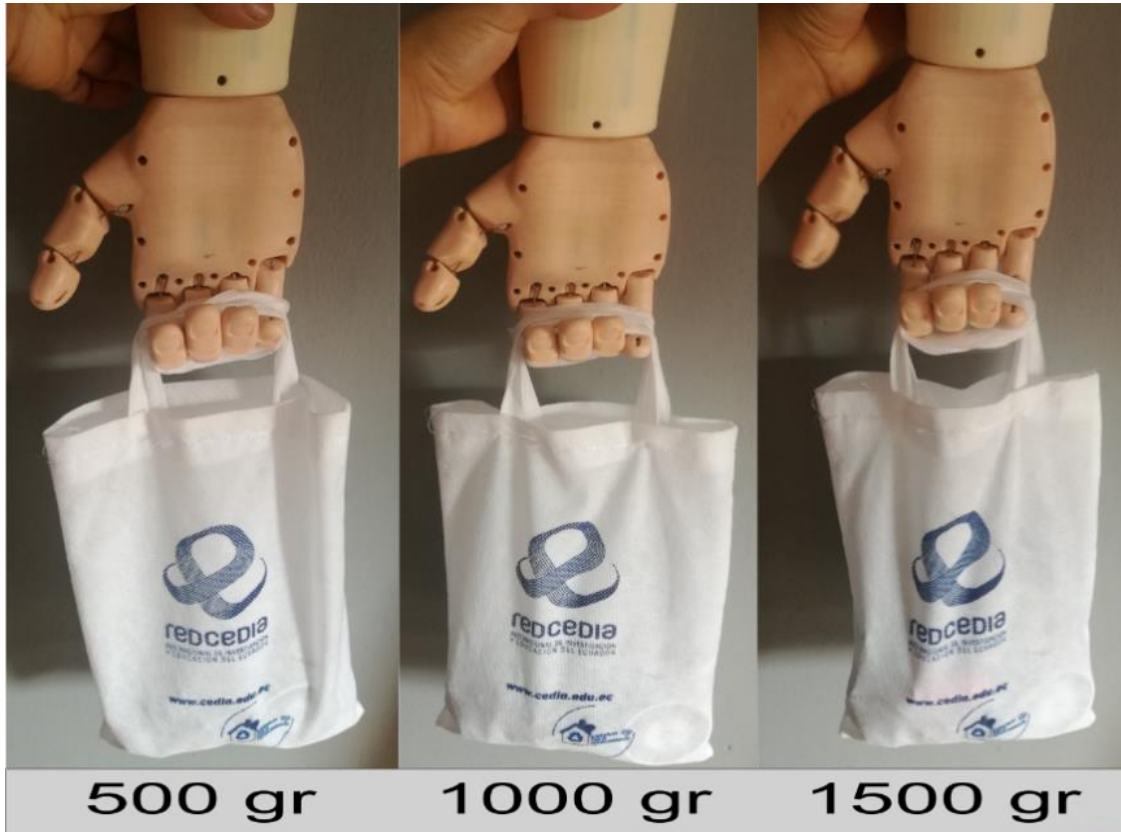
BAS DE AGARRE DE CILINDRO

	Objeto	Dimensiones (mm)	Aciertos	Fallos	Total
a	Banana	Diámetro = 40	14	1	15
b	Tubo de crema	Diámetro = 40 - 50	15	0	15
c	Pelota	Diámetro = 60	15	0	15
d	Botella Gatorade	Diámetro = 50 - 65	13	2	15
e	Botella alcohol	Diámetro = 45	13	2	15
f	Sin objeto		15	0	15



RESULTADOS

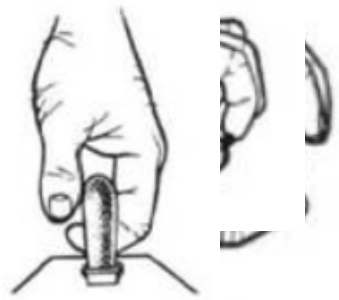
BAS DE AGARRE DE GANCHO



500 gr

1000 gr

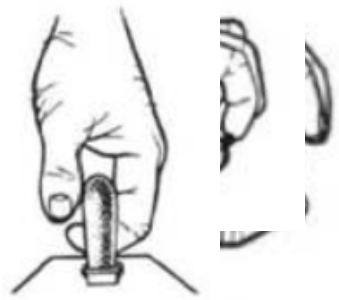
1500 gr



RESULTADOS

BAS DE AGARRE DE GANCHO

Peso	Aciertos	Fallos	Total
0 gramos	15	0	15
500 gramos	14	1	15
1015 gramos	15	0	15
1505 gramos	15	0	15



RESULTADOS

ACION DE LA HIPÓTESIS

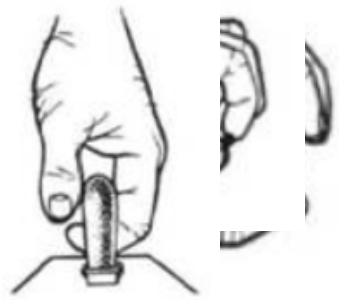
¿El diseño e implementación de un controlador mediante señales encefalográficas en la prótesis de mano biónica permitirá la manipulación de objetos?

Variable Independiente

- Controlador con señales electroencefalográficas

Variable Dependiente

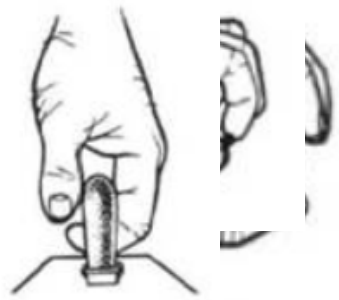
- Manipulación de objetos mediante la mano biónica



RESULTADOS

MANIPULACION DE LA HIPÓTESIS

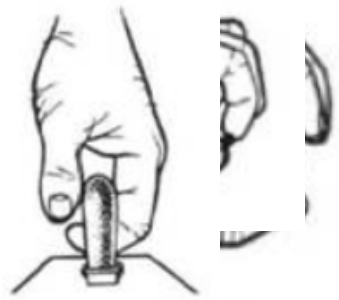
Frecuencia de Valores Observados			
Manipulación de objetos mediante la mano biónica.	Permite la manipulación de objetos		TOTAL
	SI	NO	
Billetera	15	0	15
Cubo	15	0	15
Cereza	15	0	15
Pieza roscada	11	4	15
Caja de fósforos	15	0	15
Sin objeto	15	0	15
Total	86	4	90



RESULTADOS

MANIPULACION DE LA HIPÓTESIS

Frecuencia de Valores Esperados			
Manipulación de objetos mediante la mano biónica.	Permite la manipulación de objetos		TOTAL
	SI	NO	
Billetera	14,33	0,67	15
Cubo	14,33	0,67	15
Cereza	14,33	0,67	15
Pieza roscada	14,33	0,67	15
Caja de fósforos	14,33	0,67	15
Sin objeto	14,33	0,67	15
Total	86	4	90



RESULTADOS

ACION DE LA HIPÓTESIS

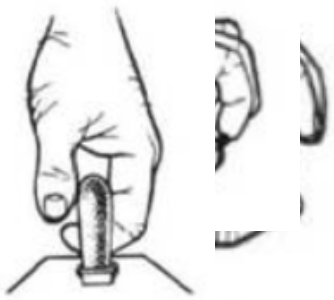
Se procede a calcular el Chi-Cuadrado mediante la ecuación siguiente:

$$x^2 \text{ calculado} = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

$$\begin{aligned} x^2 \text{ calculado} &= \frac{(15 - 14,33)^2}{14,33} + \frac{(0 - 0,67)^2}{0,67} + \frac{(15 - 14,33)^2}{14,33} + \frac{(0 - 0,67)^2}{0,67} \\ &+ \frac{(15 - 14,33)^2}{14,33} + \frac{(0 - 0,67)^2}{0,67} + \frac{(11 - 14,33)^2}{14,33} + \frac{(4 - 0,67)^2}{0,67} \\ &+ \frac{(15 - 14,33)^2}{14,33} + \frac{(0 - 0,67)^2}{0,67} + \frac{(15 - 14,33)^2}{14,33} + \frac{(0 - 0,67)^2}{0,67} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x^2 \text{ calculado} &= 0,031 + 0,67 + 0,031 + 0,67 + 0,031 + 0,67 + 0,774 + 16,551 + 0,031 \\ &+ 0,67 + 0,031 + 0,67 \end{aligned}$$

$$x^2 \text{ calculado} = 20,83$$



RESULTADOS

ACION DE LA HIPÓTESIS

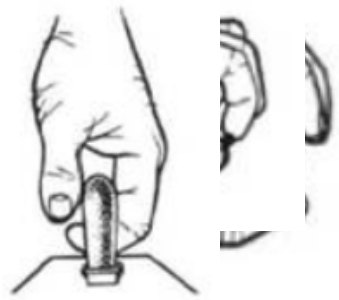
Se procede a calcular el número de grados de libertad (n) mediante la ecuación siguiente:

$$n = (\text{número de filas} - 1) * (\text{número de columnas} - 1)$$

$$n = (6 - 1) * (2 - 1)$$

$$n = 5$$

Elegimos un valor de significancia de $p=0,001$ para un alto rendimiento del sistema, finalmente buscamos el Chi-Cuadrado crítico ($x^2_{crítico}$) en la tabla 18 de acuerdo con los datos de n y p :



RESULTADOS

RECHAZO DE LA HIPÓTESIS

Grados de libertad	Probabilidad									
	0.95	0.90	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.001
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	20,52

$$x^2_{\text{calculado}} > x^2_{\text{crítico}}$$

$$20,83 > 20,52$$

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los análisis realizados sobre los componentes a utilizar se logró determinar un controlador óptimo que permite el tratamiento y la aplicación de las señales electroencefalográficas, para una correcta manipulación de objetos.
- El casco presentado en este proyecto es capaz de adaptarse a varios tamaños y morfologías de cráneos de personas adultas, gracias a la regulación que presenta y a su construcción en base al sistema internacional 10 – 20 para señales encefalográficas.
- Se rediseñó la estructura mecánica de la prótesis biónica para la implementación de un prototipo más ergonómico y funcional cumpliendo con la norma DIN 33402
- Se determinó la utilización solo de 4 de los 8 electrodos para los movimientos, debido a que la utilización de los restantes no aporta una información significativa que pueda mejorar más el control, sin embargo, su aplicación aumenta la carga al procesador y esto puede reducir el rendimiento del mismo.

CONCLUSIONES

- Se implementó el nuevo sistema que permite el control de la mano para la manipulación de objetos, el cual se puede instalar en cualquier tipo de prótesis para las personas con discapacidades motoras en alguna de sus extremidades.
- Las pruebas de funcionamiento para los distintos tipos de agarres y tamaños fueron satisfactorias, llevándose a cabo en varios usuarios siendo calibrado para cada uno de ellos, debido a que el tamaño de la cabeza hace que las posiciones donde deben ir ubicados los electrodos varia minuciosamente.
- El dispositivo receptor de señales permite su utilización a persona con distrofia muscular o amputación de la totalidad del miembro superior.
- El prototipo desarrollado tiene un mejor desempeño reduciendo el tiempo que tarda en cambiar el tipo de agarre, con relación al trabajo anterior que necesitaba entrar a un modo por cada movimiento.

RECOMENDACIONES

- Para lograr un control adecuado y la manipulación de objetos es recomendable la practica con el sistema libre, para evitar el daño de algún objeto debido a alguna caída.
- Se recomienda la concentración para controlar el sistema, el filtro de señales electroencefalográficas permite que los movimientos se den solo cuando el usuario se encuentra enfocado.
- Es indispensable la calibración personalizada para cada usuario, esta debe hacerse tomando en cuenta los valores generados por la actividad presentada por la persona
- Debido al diseño original y a las modificaciones necesarias para su nuevo funcionamiento, el sistema no es apto para usarse en condiciones fuertes de agua o polvo.
- Se recomienda manipular objetos de plásticos ya que estos pueden ser deformados por la presión de la prótesis de mano sin sufrir ningún tipo de daño permanente como ruptura.

Gracias!