

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

PROYECTO DE TITULACIÓN:

“Diseño e implementación de una interfaz cerebro – computador bajo el paradigma de potenciales evocados visuales de estado estacionario (SSVEP) como herramienta de control en un sistema domótico”

Autores: Mora Mora Sandra Yajaira y Parrales Mariño Camila Andrea

Director del Proyecto: Ing. Danny Rodrigo De La Cruz. PhD



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.- INTRODUCCIÓN

2.- OBJETIVOS

3.- FUNDAMENTO TEÓRICO

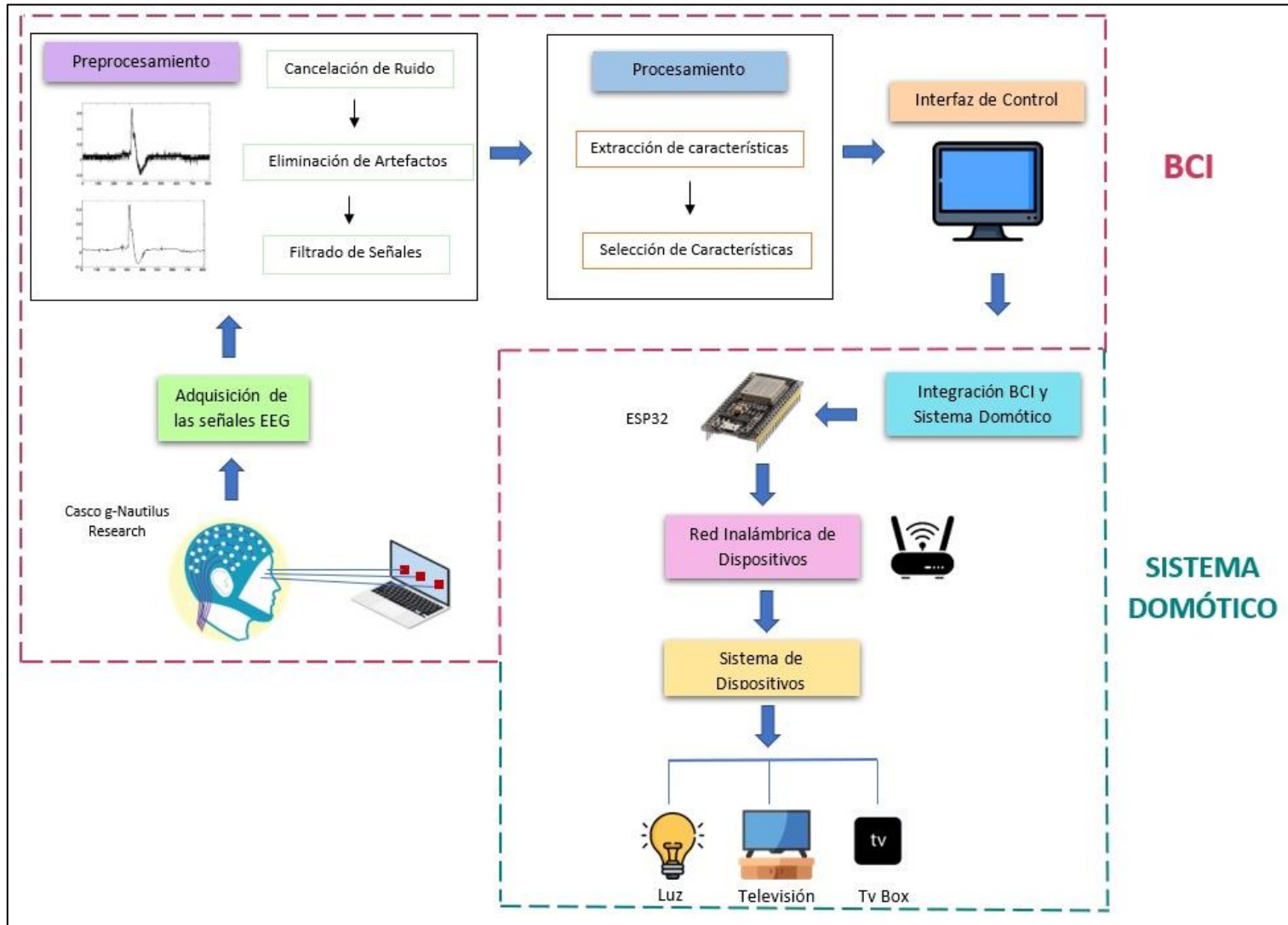
4.- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.- CONCLUSIONES , RECOMENDACIONES







Objetivo General

Diseñar e implementar una interfaz cerebro computador (BCI) bajo el paradigma de potenciales evocados visuales de estado estacionario (SSVEP) como herramienta de control en un sistema domótico.

Objetivos Específicos

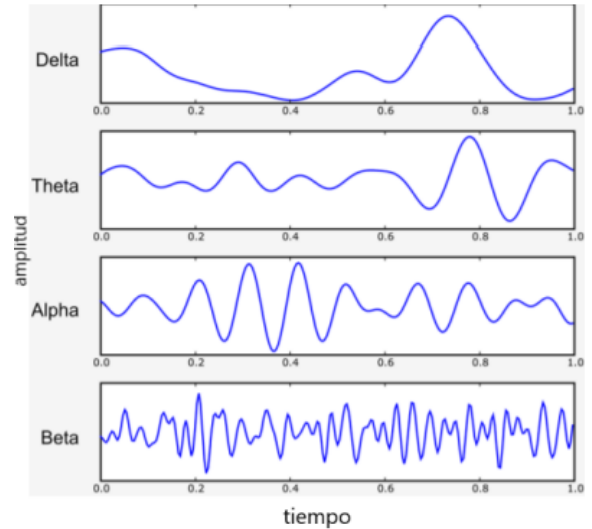
- Investigar sobre el uso de las BCIs bajo el paradigma SSVEP.
- Desarrollar una BCI para el control domótico mediante el paradigma SSVEP.
- Implementar un sistema domótico mediante actuadores electrónicos para la interacción con la BCI.
- Integrar la BCI y el sistema domótico para el manejo de los diferentes dispositivos de control.
- Realizar pruebas de funcionamiento para evaluar el desempeño de la BCI en el sistema domótico.



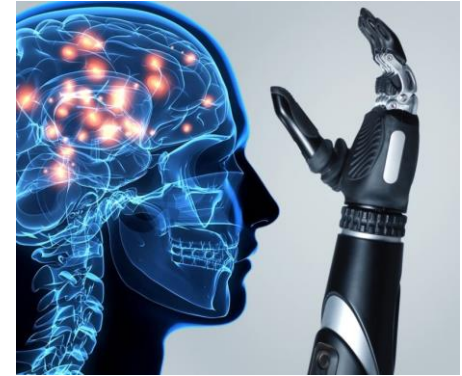
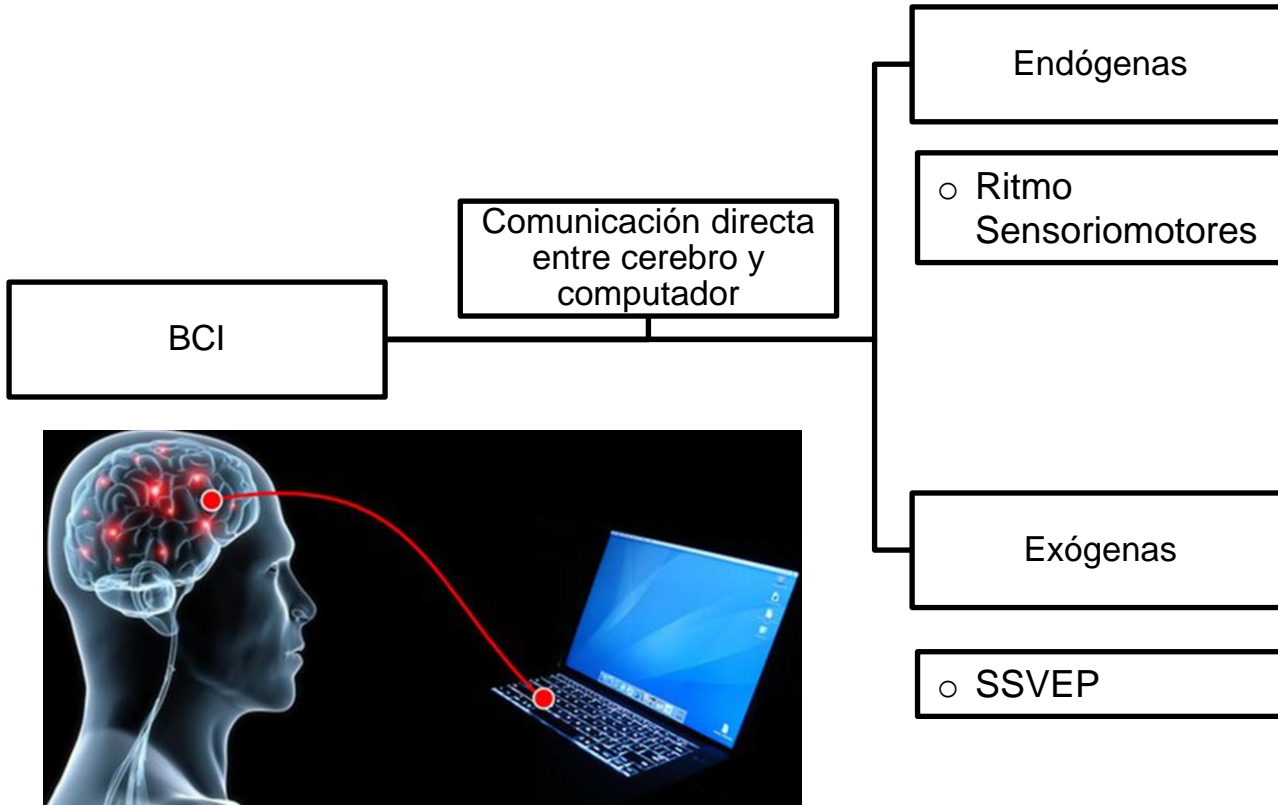
Tomada de la actividad cerebral, mediante electrodos colocados en una persona

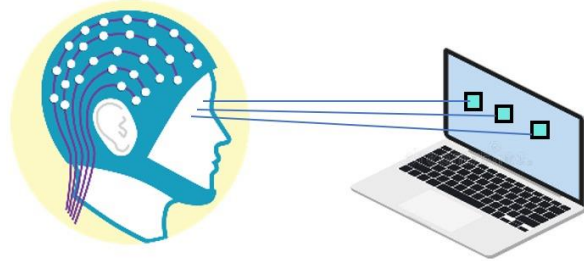


Existen varios tipos de cascos o diademas para la adquisición de señales EEG

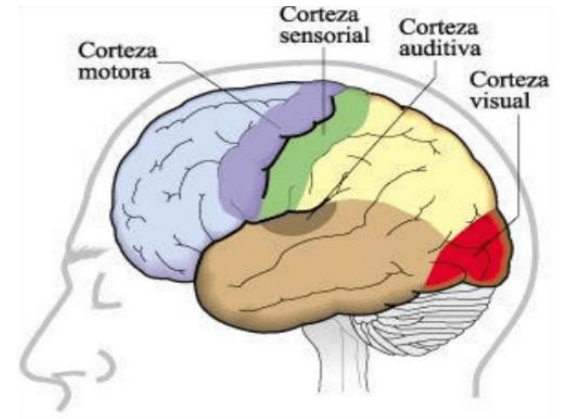


Se clasifican según su banda de frecuencia: delta, theta, alta, beta, gamma





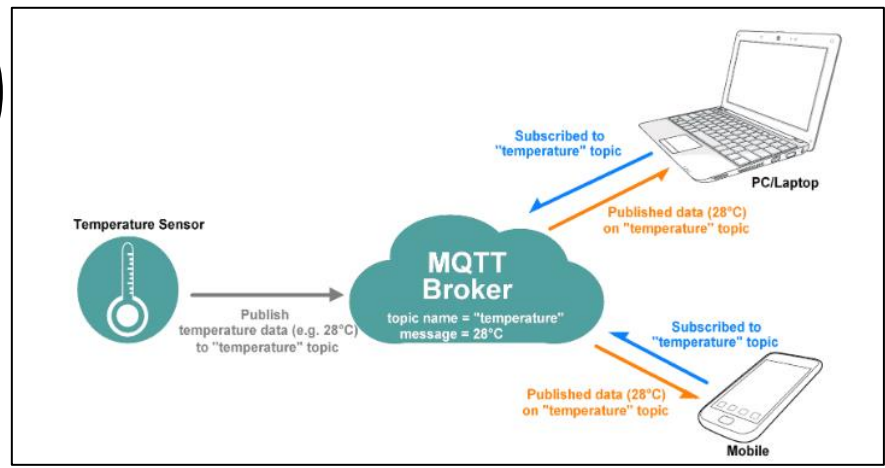
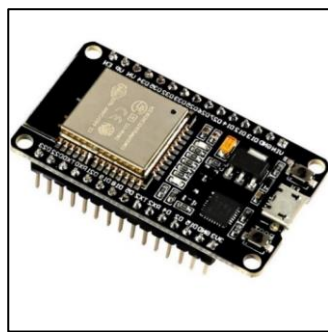
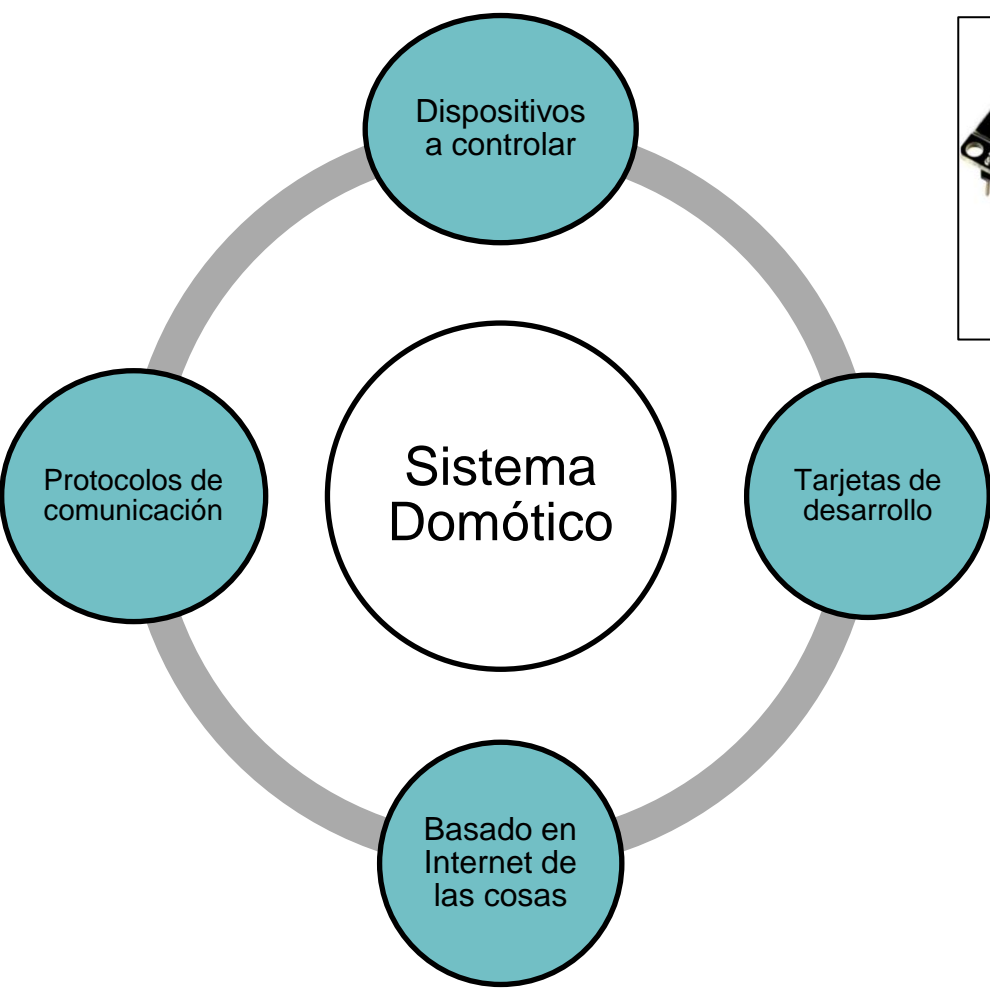
El sistema BCI
recepta y
procesa una
acción del
dispositivo



Provocados por
un estímulo
externo

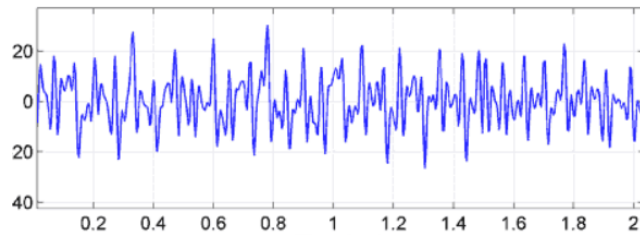
Paradigma
SSVEP

Mayor amplitud
en el córtex
cerebral



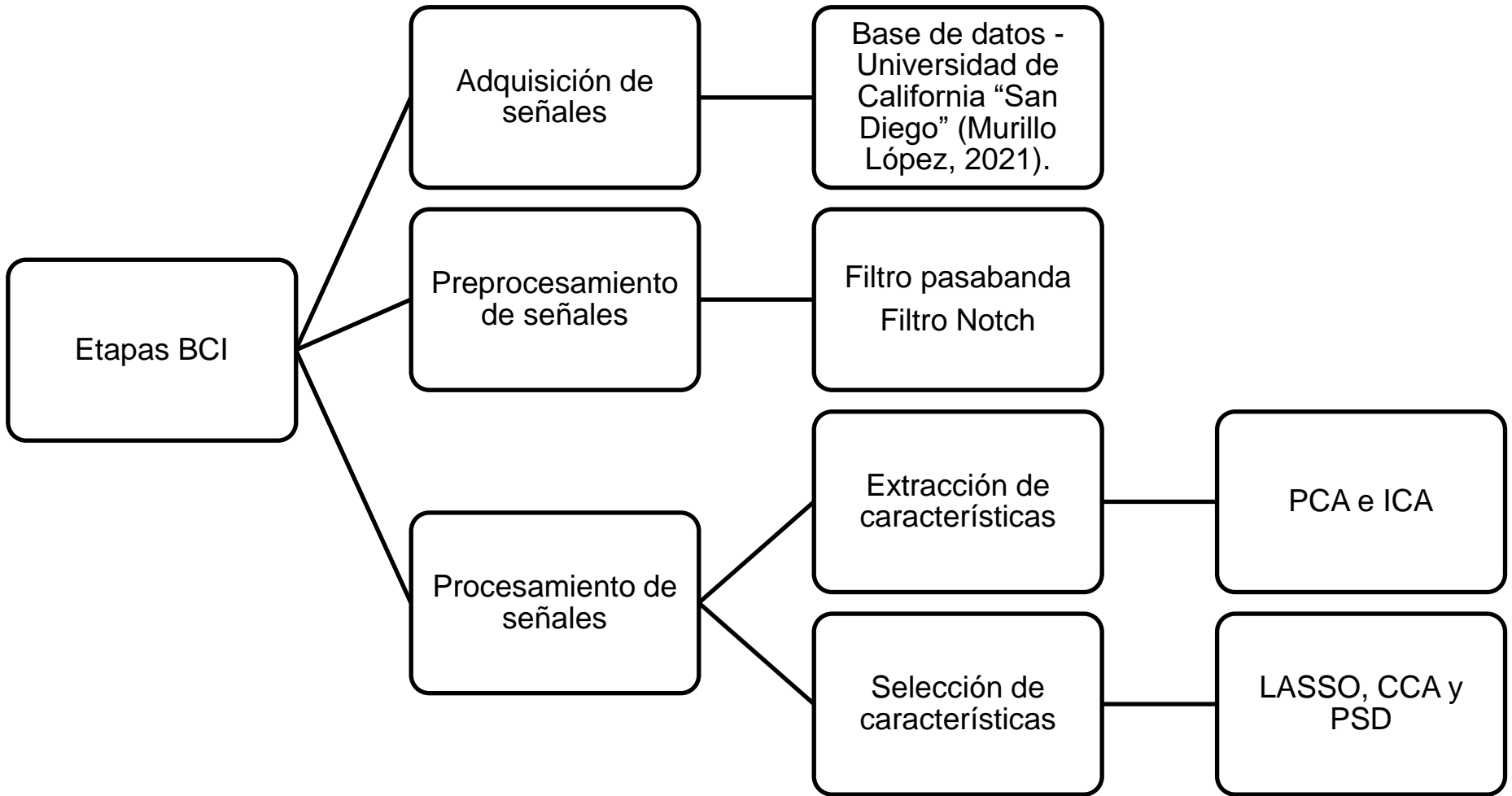
Diseño BCI

Pruebas Offline



Pruebas Online

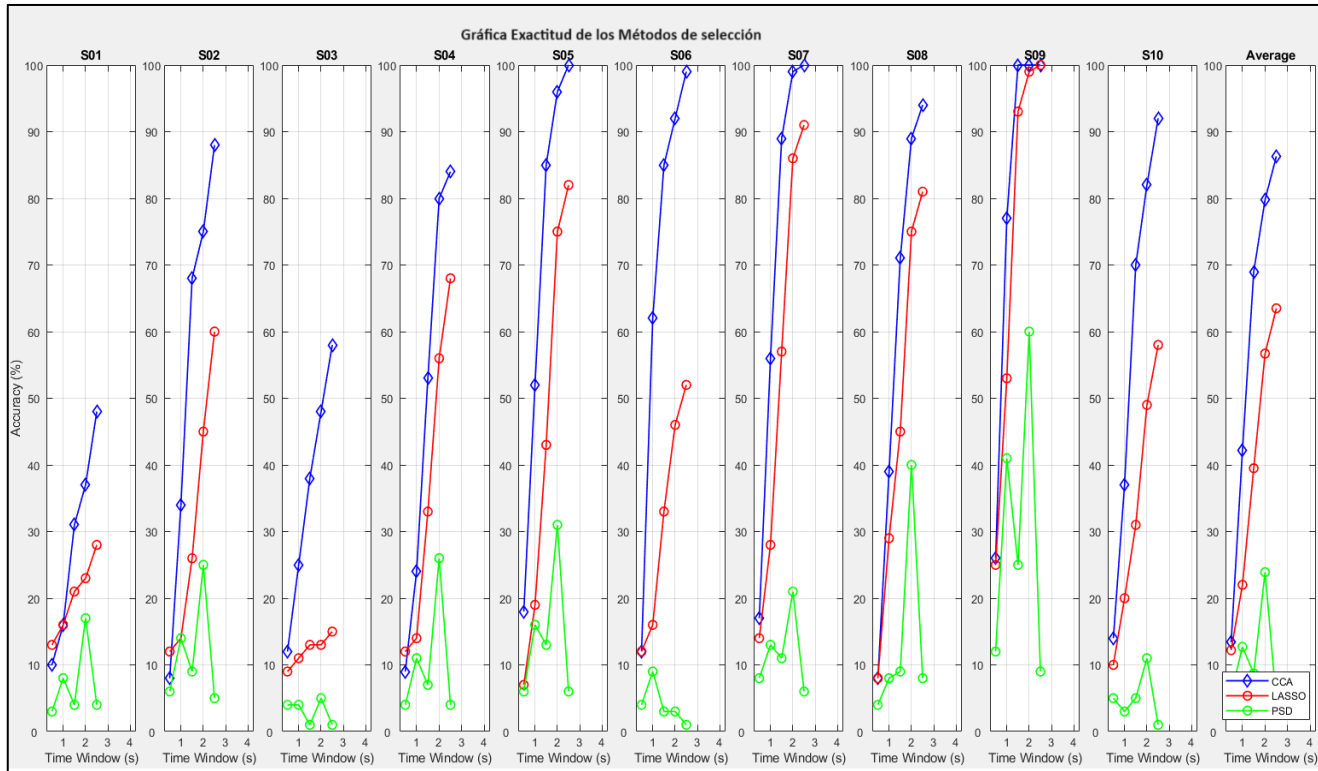




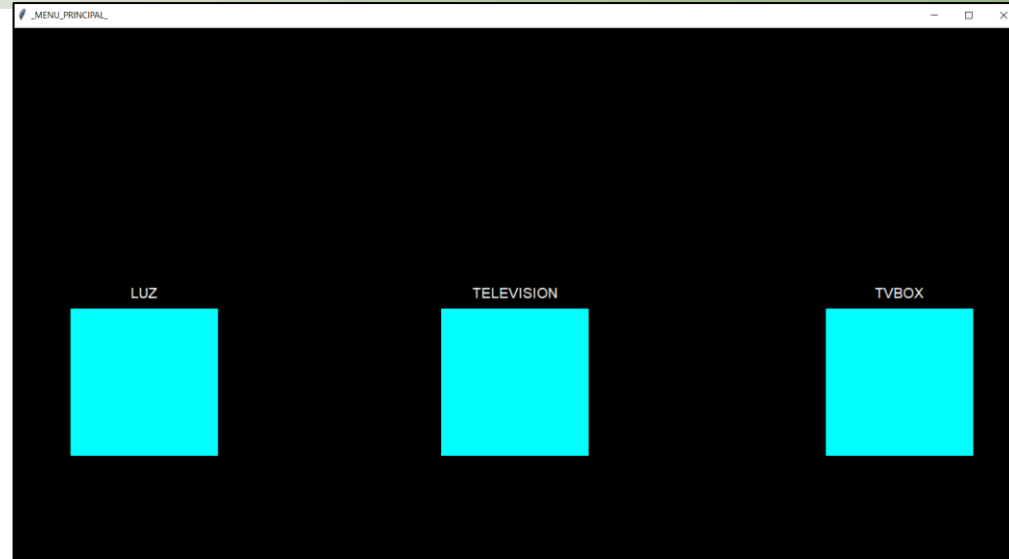
Exactitud			
Sujeto de Prueba	CCA	LASSO	PSD
SO1	48	28	17
SO2	88	60	25
SO3	58	15	5
SO4	84	68	26
SO5	100	82	31
SO6	99	52	3
SO7	100	91	21
SO8	92	58	40
SO9	100	100	60
SO10	92	58	11



Sujeto Base de Datos	Extracción	selección	Accuracy/Exactitud (%)	ITR (bit/min)
S09	PCA	CCA	74.80	44.09
	ICA	CCA	64.80	31.33
	PCA	LASSO	68.80	37.58
	ICA	LASSO	67.40	35.54
	PCA	PSD	15.00	0.70
	ICA	PSD	13.70	0.52



Interfaz
"Menú
Principal"

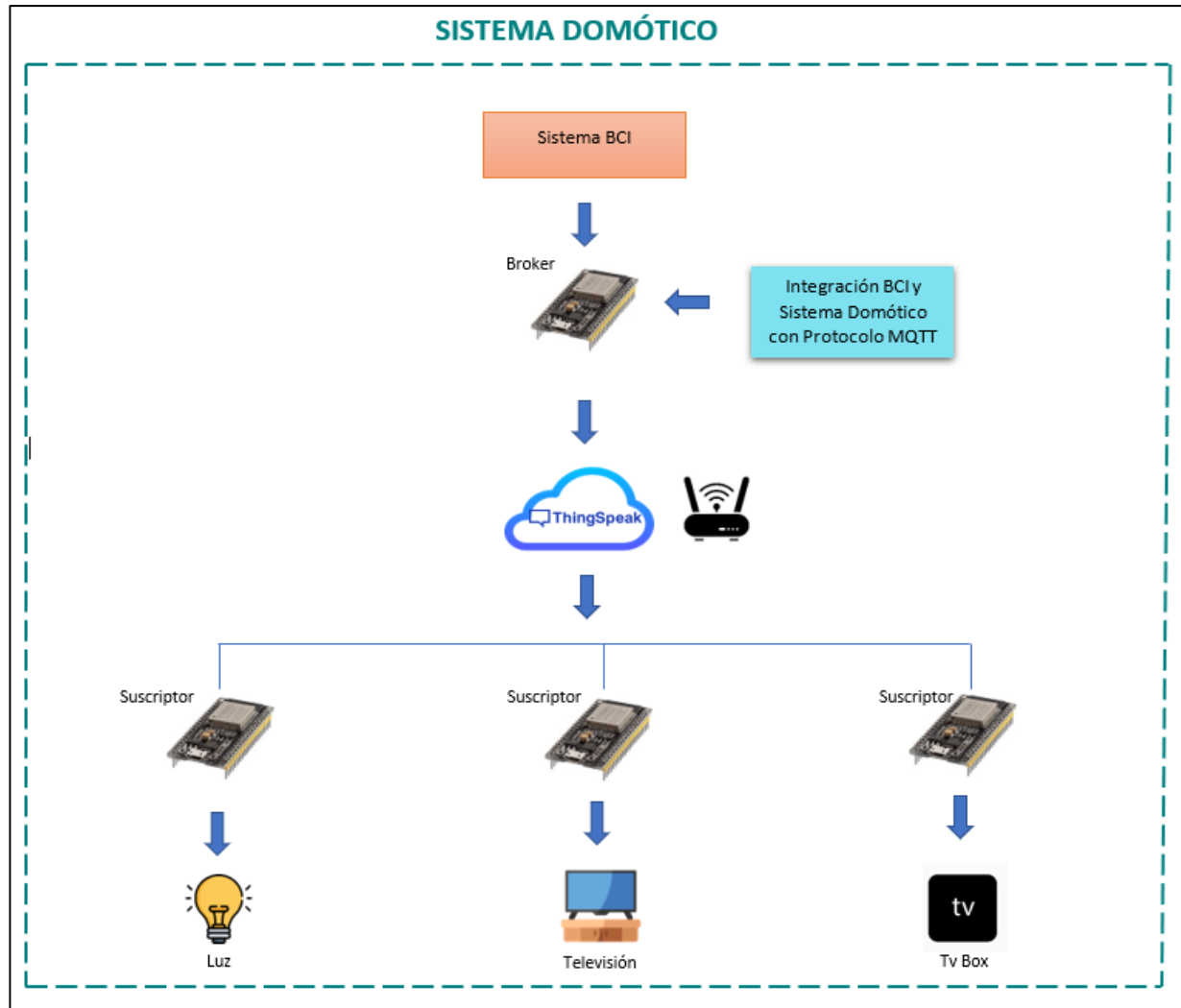


Interfaz
"Menú Luz
Television
Tv Box"



Número de Frecuencias	Exactitud (%) Sujeto 1	Exactitud (%) Sujeto 2
10	12	15
9	17.77	22.22
8	20.25	28.75
7	28.57	37.14
6	43.33	46.66
5	60	62





LUZ

Channel ID: **2323401** Associated License: **41194239**

Author: **mwa0000030470341**
Access: Public

[Private View](#) [Public View](#) [Channel Settings](#) [Sharing](#) [API Keys](#) [Data Import / Export](#)

Write API Key

Key

[Generate New Write API Key](#)

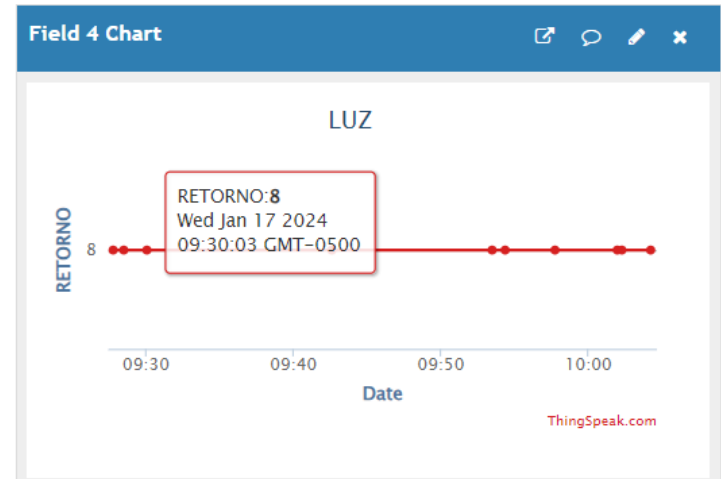
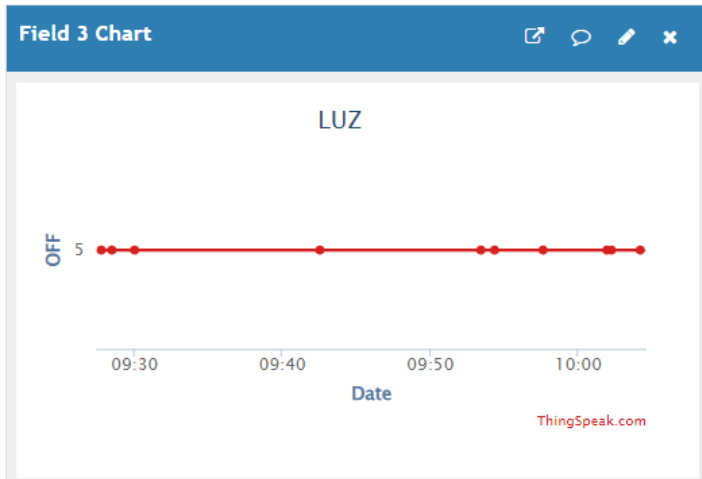
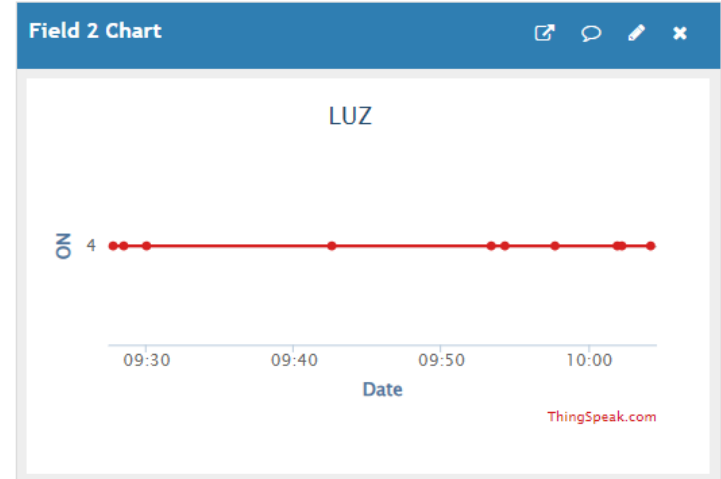
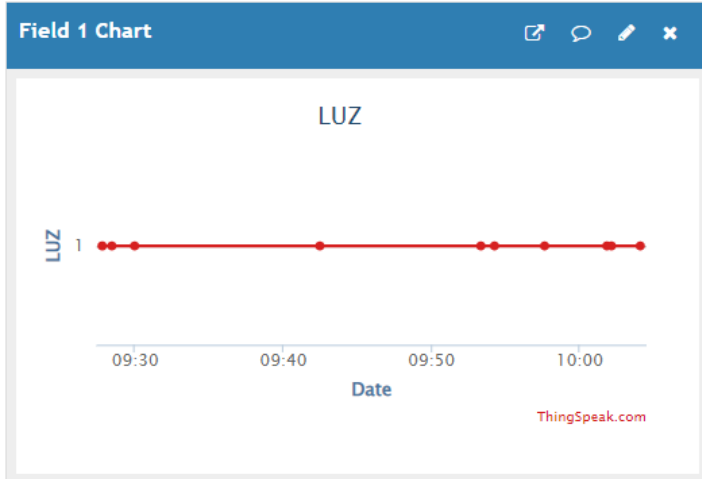
Read API Keys

Key

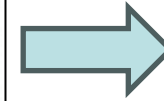
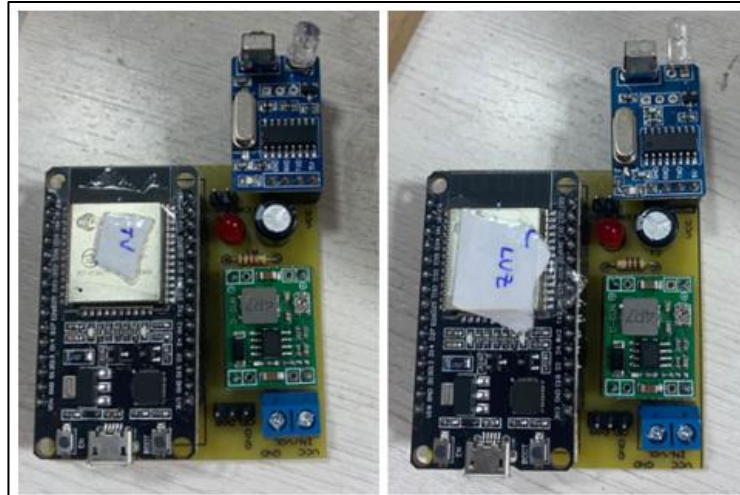
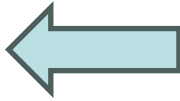
Note

[Save Note](#) [Delete API Key](#)

Name	Created	Updated
LUZ Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2023-10-30	2024-01-04 00:20
TV Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2023-12-21	2023-12-22 03:15
TVBOX Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2023-12-21	2023-12-22 03:15

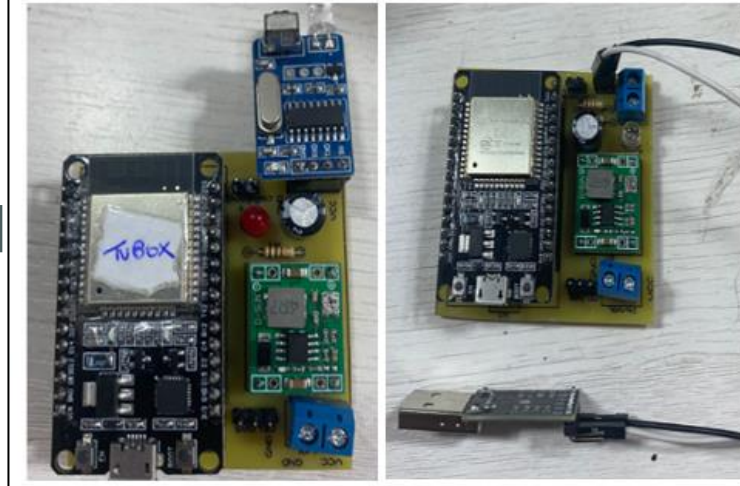
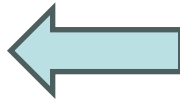


Suscriptor
Televisión



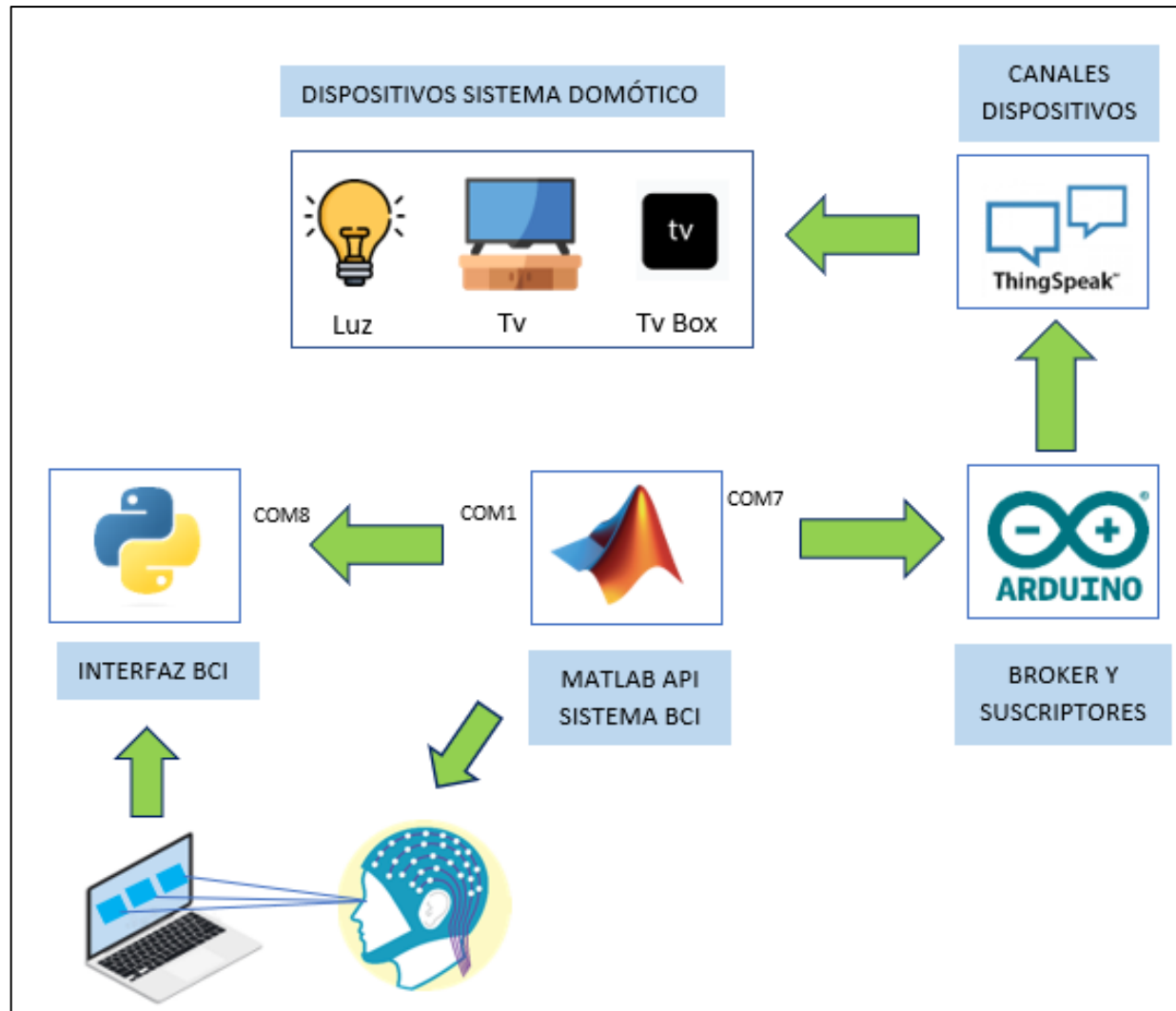
Suscriptor
Luz

Suscriptor
Tv Box



Bróker





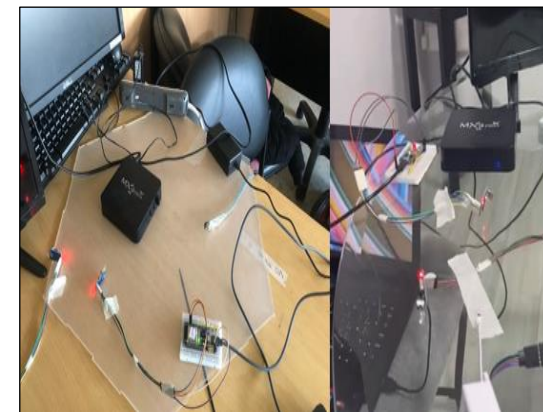
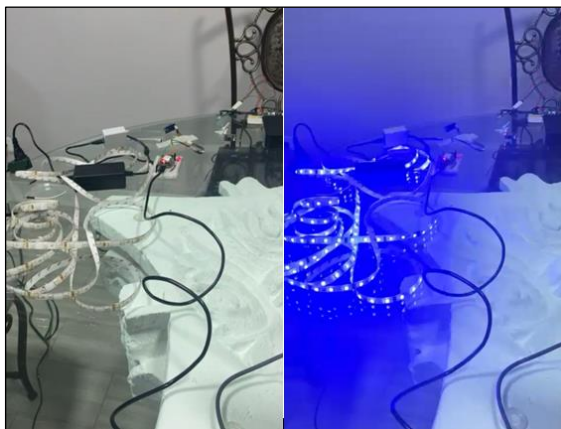
Dispositivo	Luz				Televisión				Tv Box			
Trama	1	4	5	8	2	6	7	8	3	9	10	8
Frecuencia (Hz)	11.25	11.75	13.75	14.25	13.25	10.25	12.25	14.25	9.75	10.75	12.75	14.25



TRAMAS	ITR	EXACTITUD	CUMPLE FUNCION LUZ	CUMPLE FUNCION TV	CUMPLE FUNCION TV BOX
TRAMA 1	54.43	88.54	si	si	si
TRAMA 2	56.90	90.63	si	si	si
TRAMA 3	51.53	86.46	si	si	si
TRAMA 4	55.07	88.54	si	si	si
TRAMA 5	55.56	89.58	si	si	si
TRAMA 6	59.22	91.67	si	si	si
TRAMA 7	53.13	87.50	si	si	si
TRAMA 8	50.63	86.46	si	si	si
TRAMA 9	56.12	89.58	si	si	si
TRAMA 10	52.89	86.46	si	si	si



Dispositivo	Luz				Televisión				Tv Box			
Trama	1	3	4	5	2	3	4	5	3	3	4	5
Frecuencia (Hz)	10.75	9.75	10.25	12.25	13.25	9.75	10.25	12.25	9.75	9.75	10.25	12.25



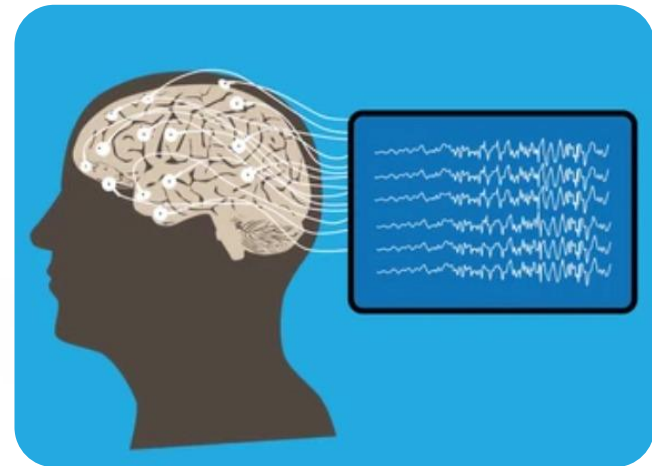
Sujeto de prueba	Sexo	Edad	Cantidad de cabello
Sujeto 1	Femenino	29	Largo y abundante
Sujeto 2	Femenino	27	Medio y abundante
Sujeto 3	Masculino	24	Corto tipo militar
Sujeto 4	Masculino	27	Corto y escaso
Sujeto 5	Masculino	36	corto y abundante

Sujetos	Exactitud (%)	ITR (bit/min)
1	40	4.02
2	50	8.75
3	60	14.67
4	50	8.75
5	40	4.02



El diseño de la BCI fue desarrollado en 3 etapas principales: adquisición, preprocesamiento y procesamiento de las señales EEG, En las pruebas offline se utilizó una base de datos de la Universidad de California "San Diego" permitió obtener las señales para trabajar con ellas, mientras que, la adquisición en las pruebas online fue realizadas con las desarrolladoras del trabajo de forma no invasiva.

El diseño de la BCI en las pruebas online evaluó la BCI con arreglos de 10, 9, 8, 7, 6 y 5 frecuencias, concluyendo que el arreglo de 5 fue el que mejor desempeño logró con las frecuencias: 13.25, 9.75, 10.25, 12.25 y 10.75 Hz.



El sistema domótico aplicó el protocolo MQTT que está conformado por un publicador (BCI), un bróker (ESP32), y suscriptores (dispositivos a controlar con módulos ESP32: luz, tv y Tv Box), todos ellos conectados a través de la misma red WIFI. El protocolo MQTT con la ayuda del software “Thingspeak”, permitió la creación de diferentes canales, los cuales tienen claves para escribir y leer, con esto, los suscriptores lograron recibir la información de las acciones que debían realizar.

Al integrar los sistemas BCI y domótico, se obtuvo resultados aceptables, permitiendo el encendido y apagado de los dispositivos tanto para las pruebas offline como para las online, también se pudo notar que la fatiga visual es un factor influyente en el funcionamiento del sistema, debido a que, la exactitud disminuye cuando este factor empieza a presentarse, al igual que, la iluminación de la habitación donde se están realizando las pruebas.

Es recomendable no utilizar frecuencias mayores a 13.5 Hz porque el ojo humano no las recepta de forma adecuada, se debe tomar en cuenta también la separación entre frecuencias para evitar que estas se confundan entre sí y generen errores en el control de la BCI.

En el diseño de la BCI, es recomendable no utilizar más de 5 frecuencias en las pruebas online, debido a diferentes factores como: fatiga visual, perdida de concentración y entre más frecuencias se tenga en el sistema, mayor será la probabilidad de que se confundan las frecuencias entre sí, causando decrecimiento de exactitud e ITR en el sistema.

Revisar todos los factores que puedan generar alteraciones a las señales de adquisición como son: cantidad de cabello, ruido auditivo, ambiente, PH del cuero cabelludo, etc., los cuales producen afectaciones en la señal provocando que los resultados esperados del sistema no sean los adecuados.

Se recomienda realizar la adquisición de señales con el casco g-Nautilus Research existente en el laboratorio de Mecatrónica y Sistemas Dinámicos ubicado en la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE a una frecuencia de muestreo de 258 Hz.



- Albán Escobar, M. E., & Navarrete Arroyo, P. S. (2022). Diseño y construcción de un prototipo de brazo robótico de 6 GDL con movimiento restringido por planos, activado mediante señales EEG- SSVEP para contribuir a la autonomía de personas con discapacidad en las extremidades superiores. Quito: Universidad de Las Fuerzas Armadas.
- Carlson, N. (2010). Fundamentos de Fisiología de la Conducta. Madrid: Pearson Educación, pp. 120-121.
- Chen, W., Chen, S., Liu, Y., Chen, Y., & Chen, S. (2022). An Electric Wheelchair Manipulating System Using SSVEP-Based BCI system. Switzerland: Biosensors.
- FIRTEC. (s.f.). <https://www.firtec.com.ar/cms/53-que-es-mqtt>.
- Gómez, S. (2021). La detección de actividades del sueño a través de la aplicación del Aprendizaje Profundo. Universidad de Coruña.
- Guger, D., & Edlinger, D. (2023). g.tec. <https://www.gtec.at/product/gnautilus-research>.
- Le, T., & Mackellar, D. (2023). EMOTIV. <https://www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-x-14-channel-mobile-brainwear>.
- Martín Gonzalez, L. (2012). Desarrollo de un sistema Brain Computer Interface basado en potenciales evocados P300 para el control de dispositivos domoticos . Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Yang, S., Lim, J., & Lee, K. (2023). NeuroSky. <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA