



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

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

Repotenciación de un prototipo de silla de bipedestación activada por BCI bajo el paradigma SSVEP

Autores: Haro Andrade, Galo Javier

Director: Ing. De La Cruz Guevara, Danni Rorigo PhD

Sangolquí, 31 de agosto de 2023



Contenido General

1

• INTRODUCCIÓN.

2

• FUNDAMENTO TEÓRICO.

3

• DESARROLLO.

4

• PRUEBAS Y RESULTADOS.

5

• CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

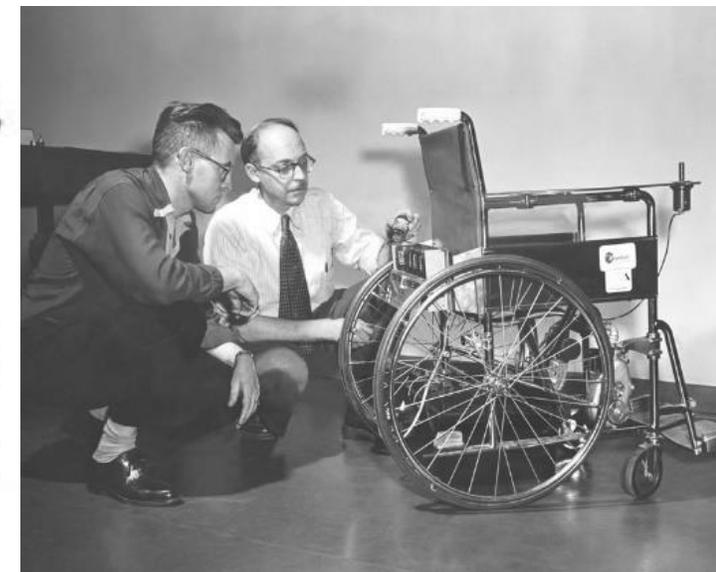
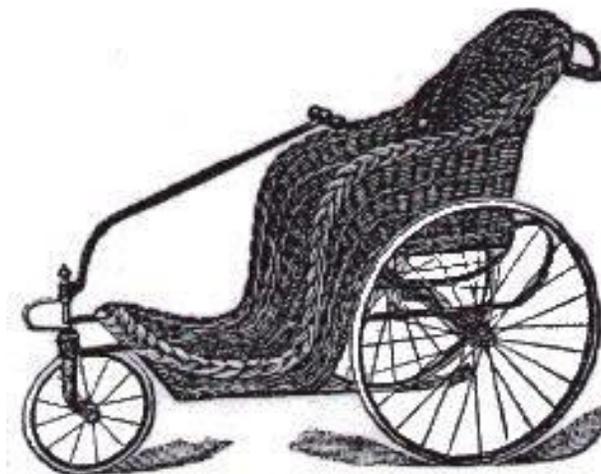


Antecedentes

Sillas de ruedas de bipedestación

Las sillas de ruedas de bipedestación son dispositivos de asistencia diseñados para permitir que las personas con discapacidades físicas o movilidad reducida puedan ponerse de pie mientras están sentados

(Espín Guerrero, 2018)



1595

Se fabricó una para Rey Felipe II

1655

el primera silla autopropulsada Stephen Farfler

1783

EL mejor diseño del siglo XIX John Dawson de Bath

1818

La implementaron aros para la autopropulsión

1869

primer modelo con ruedas de empuje traseras y pequeñas ruedas delanteras

1952

La primera silla de rueda eléctrica



Definición del problema

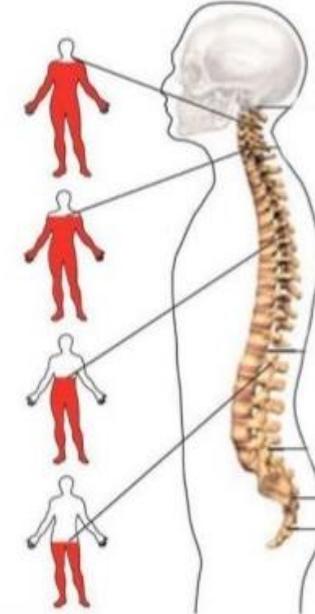
1

Según el Consejo Nacional de Discapacidades (CND, 2022), el 13,2 % del total de la población del Ecuador son personas con algún tipo de discapacidad y el 46,64 % son personas con discapacidad por deficiencias físicas



2

- Lesión C4**
Cuadriplejia/Tetraplejia
Parálisis completa por debajo del cuello
- Lesión C6**
Parálisis parcial de brazos y piernas
Parálisis parte baja del cuerpo
- Lesión T6**
Paraplejia
Parálisis por debajo del tórax
- Lesión L1**
Paraplejia
Parálisis por debajo de la cintura



3

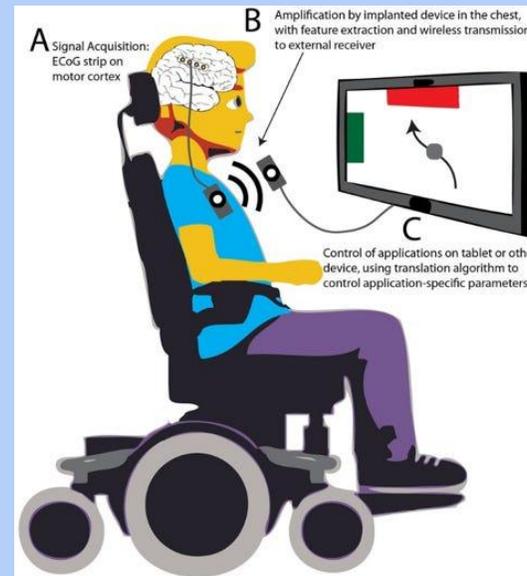


Objetivos

Objetivo general

Repotenciar un prototipo de silla de bipedestación eléctrica para personas paraplégicas o cuadriplégicas activado por BCI bajo el paradigma SSVEP.

Objetivos específicos



Justificación e importancia

Enfoque Nacional

La mayoría de los proyectos desarrollados a nivel nacional tienen la implementación de un control manual, siendo este sistema efectivo para personas parapléjicas y no cuadripléjicas, por este motivo, la implementación de un control BCI demuestra un gran adelanto en este tipo de sistema.

Enfoque Universitario - Social

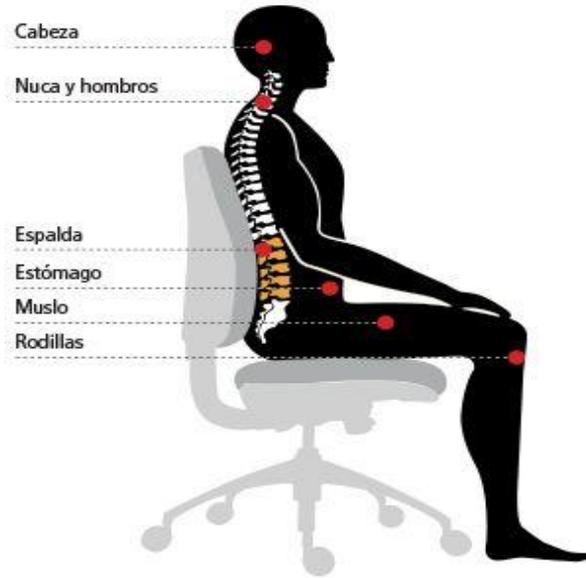
Colaborar con la ESPE y la sociedad para brindar soluciones tecnológicas en beneficio de las personas con discapacidad



Alcance

- Remodelación del sistema mecánico original
- Rediseño del control manual
- Búsqueda y selección de las bases de datos que se emplearán como fuente de señales EEG
- Algoritmo de la BCI bajo el paradigma SSVEP
- Efectuar un análisis comparativo entre los datos obtenidos en la versión previa y los resultados generados por esta nueva variante





- Diseño de la superficie de asiento
- Apoyo lumbar
- Altura ajustable.
- Apoyabrazos ajustables
- Profundidad del asiento
- Materiales y acolchado
- Movilidad
- Estabilidad

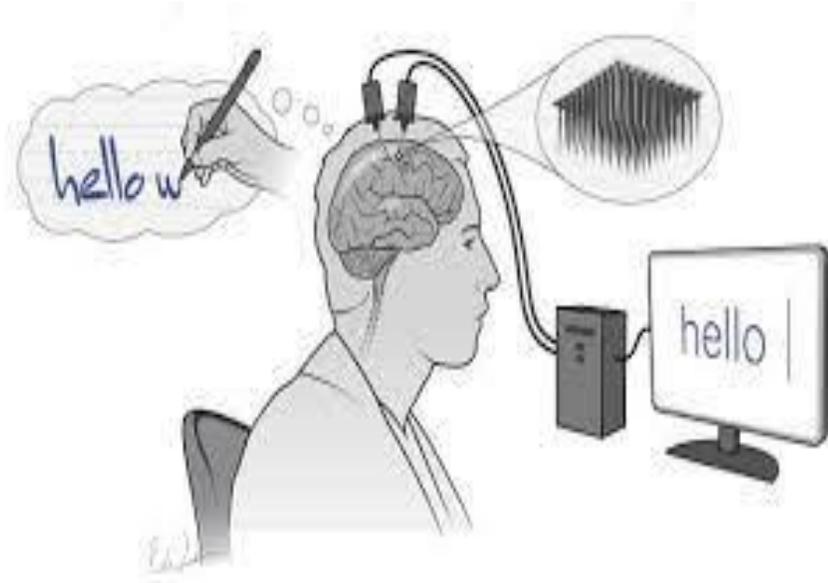
FISICOS

- Salud urinaria.
- Circulación.
- Espasticidad.
- Función intestinal.
- Úlceras por presión.
- Densidad ósea.

PSICOLOGICOS

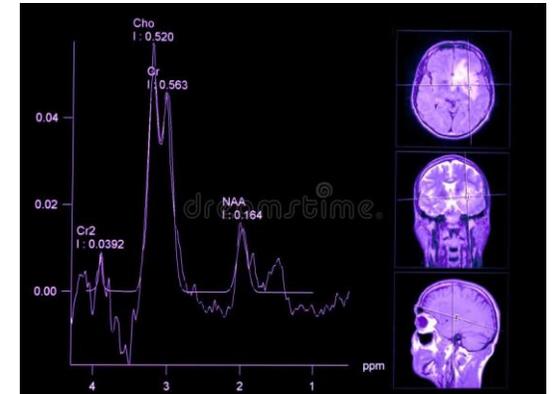
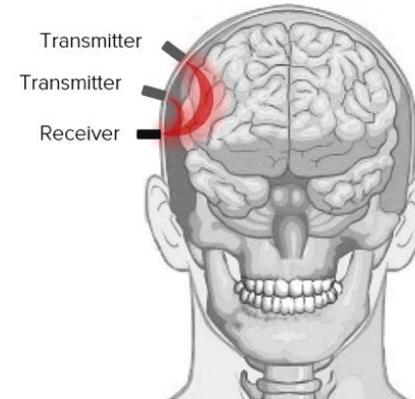
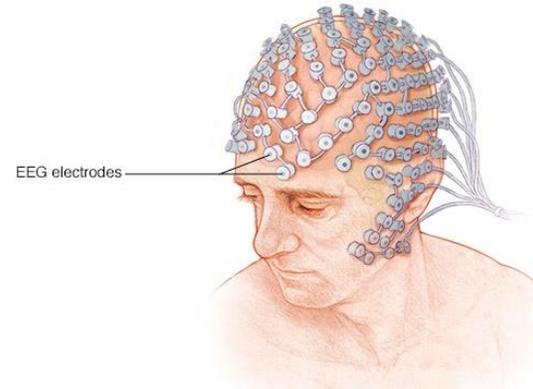
- Independencia.
- Mejoras cognitivas.
- Depresión.
- Bienestar.



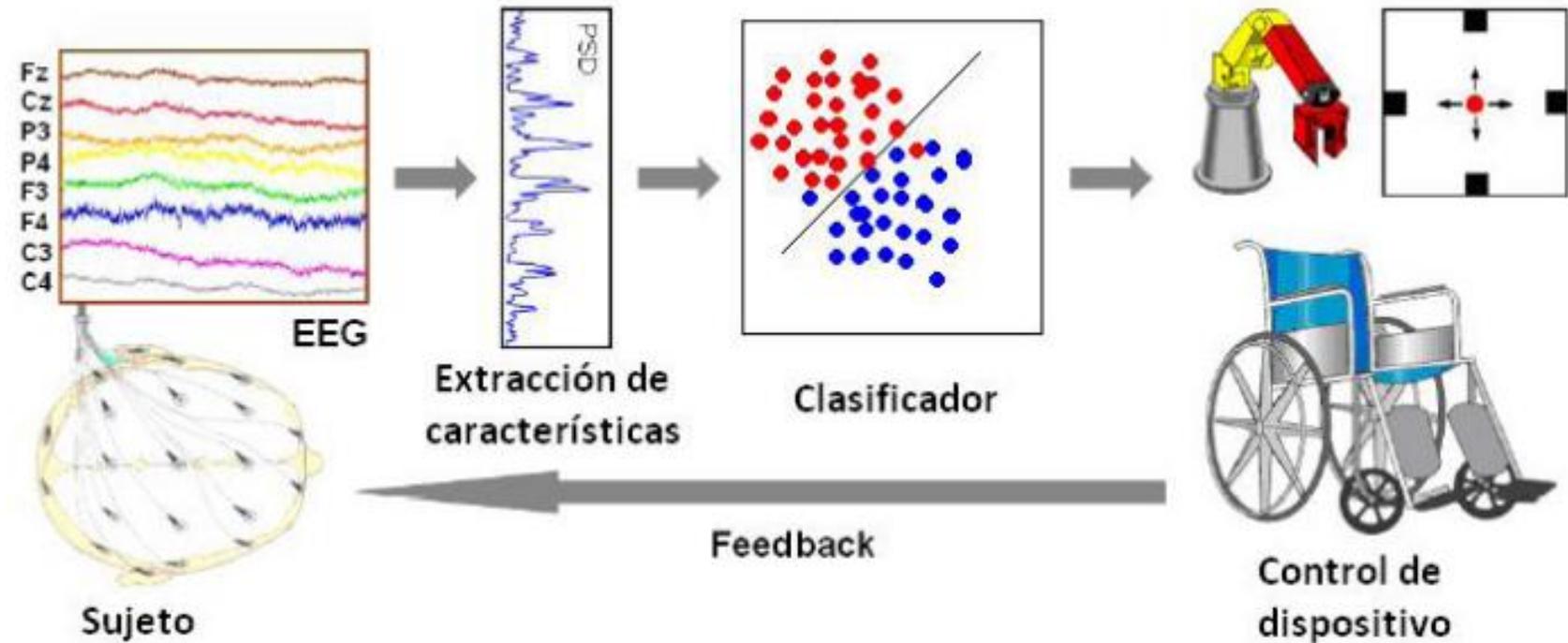


- Su potencial para construir un canal de comunicación natural con el hombre.
- Su potencial acceso a la información cognitiva y emocional del usuario.

- Electroencefalografía (EEG)
- Magneto encefalografía (MEG)
- NIRS (Near-Infrared Spectroscopy)
- Imágenes Funcionales de Resonancia Magnética (fMRI)
- Técnicas basadas en Ultrasonido



- Estímulo Visual
- Registro EEG
- Detección de Respuesta SSVEP
- Decodificación y Control
- Feedback Visual



Matriz del Estado del Arte

N°	Artículo	Año	Silla de Ruedas	Bipedestación	BCI	SSVEP
1	Towards Practical BCI-Driven Wheelchairs: A Systematic Review Study (Naser & Bhattacharya, 2023)	2023	X		X	X
2	Brain-Robot Interface-Based Navigation Control of a Mobile Robot in Corridor Environments (Liu et al., 2020)	2020			X	
3	Augmented Reality Driven Steady-State Visual Evoked Potentials for Wheelchair Navigation	2022	X		X	X
4	Comprehensive review on brain-controlled mobile robots and robotic arms based on electroencephalography signals (Aljalal et al., 2020)	2020			X	



Matriz del Estado del Arte

N°	Articulo	Año	Silla de Ruedas	Bipedestación	BCI	SSVEP
5	CCA-Based Compressive Sensing for SSVEP-Based Brain-Computer Interfaces to Command a Robotic Wheelchair (Rivera-Flor et al., 2022)	2022	X		X	X
6	Reprint of: An embedded lightweight SSVEP-BCI electric wheelchair with hybrid stimulator (Na et al., 2022)	2022	X		X	X
7	An Electric Wheelchair Manipulating System Using SSVEP-Based BCI System (Chen et al., 2022)	2022	X		X	X



Matriz del Estado del Arte

N°	Articulo	Año	Silla de Ruedas	Bipedestación	BCI	SSVEP
8	Multivariate empirical mode decomposition and multiscale entropy analysis of EEG signals from SSVEP-based BCI system (Gao et al., 2018)	2018			X	X
9	Finding Optimal Frequency and Spatial Filters Accompanying Blind Signal Separation of EEG Data for SSVEP-based BCI (Cysewska-Sobusiak et al., 2018)	2018			X	X
10	Steady-State Visual Evoked Potential-Based Brain-Computer Interface Using a Novel Visual Stimulus with Quick Response (QR) Code Pattern (Siribunyaphat & Punsawad, 2022)	2022			X	X



Estado de los Elementos del Prototipo

Línea Base

Elementos	Cantidad	Estado
Estructura Bipedestación	1	Bueno
Sistema de Sujeción	3	Roto
Estructura Usuario	2	Malo
Motores de Ruedas	2	Bueno/Funciona
Motor Lineal	1	Bueno/Funciona
Módulo de Relés	2	Roto/No Funciona
Baterías	2	Roto/Descargadas
Sistema Control alternativo	1	Malo/No Funciona
Sistema Control de Voz	1	Malo/No Encontrado



Estado inicial de los elementos

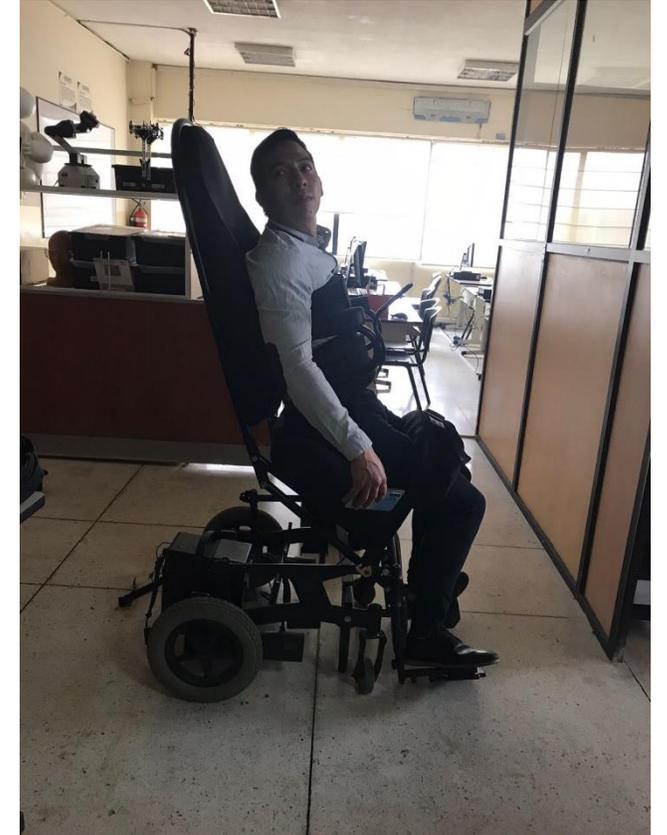
Línea Base



Estado inicial de los elementos

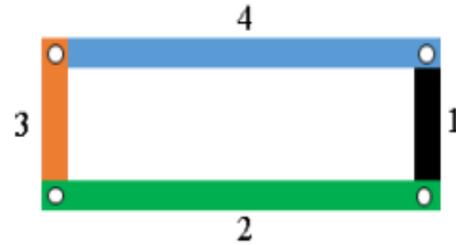


Sistema de sujeción

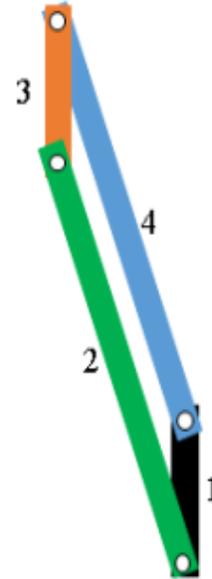


Mecanismo de Bipedestación

Readecuación



Mecanismo en posición sentada



Mecanismo en posición de bipedestación

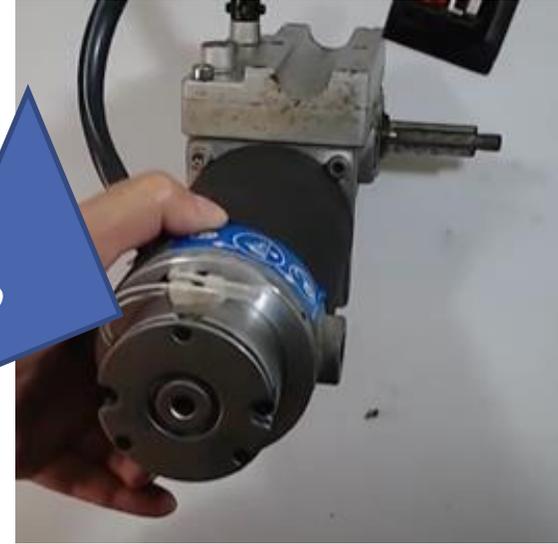
- 1: Eslabón fijo
- 2: Eslabón motriz
- 3: Eslabón conector
- 4: Eslabón de salida

Motor de la Silla de Bipedestación

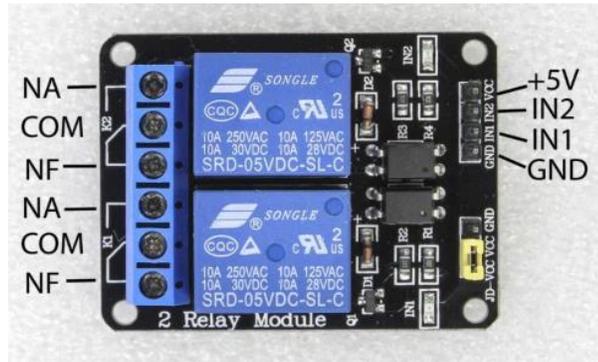
Readecuación



Freno
Electromagnético

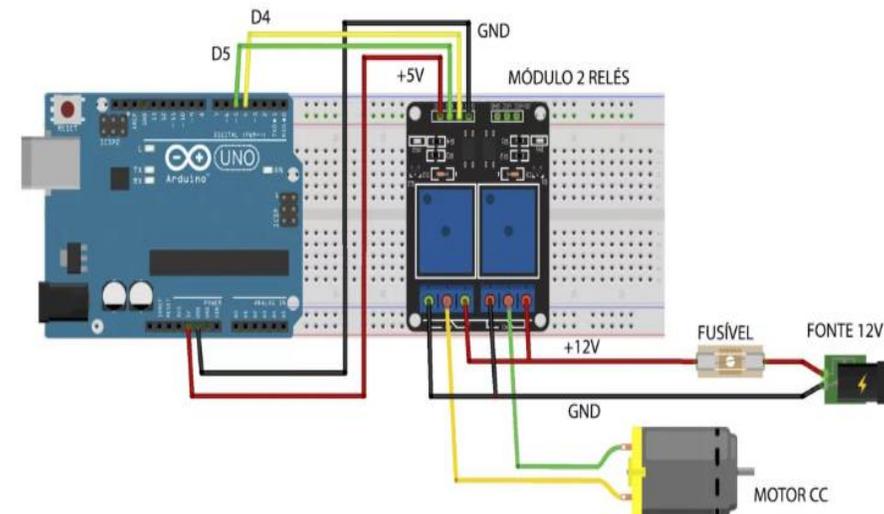
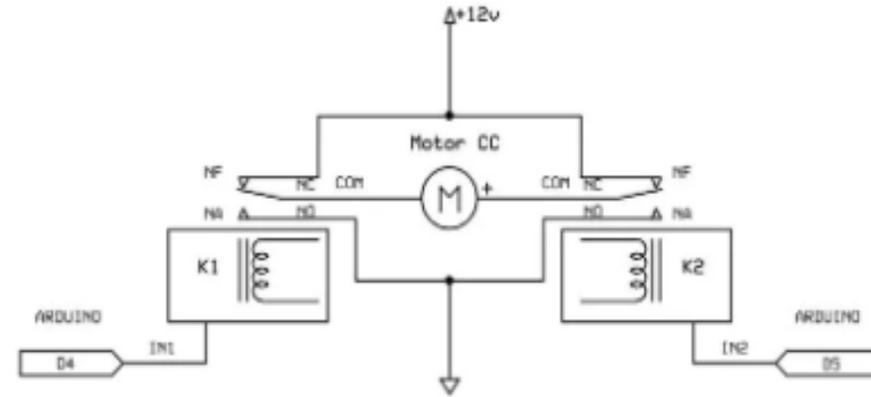


Modulo Relé

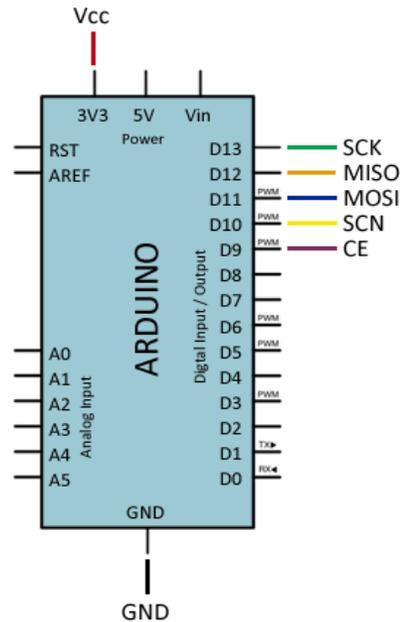
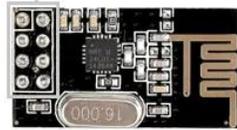


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- 1 Voltaje de Operación: 5V DC
- 2 Señal de Control: TTL (3.3V o 5V)
- 3 N° de Relés (canales): 2 CH
- 4 Capacidad máx: 10A/250VAC, 10A/30VDC
- 5 Corriente máx: 10A (NO), 5A (NC)
- 6 Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- 7 Para activar salida NO: 0 Voltio



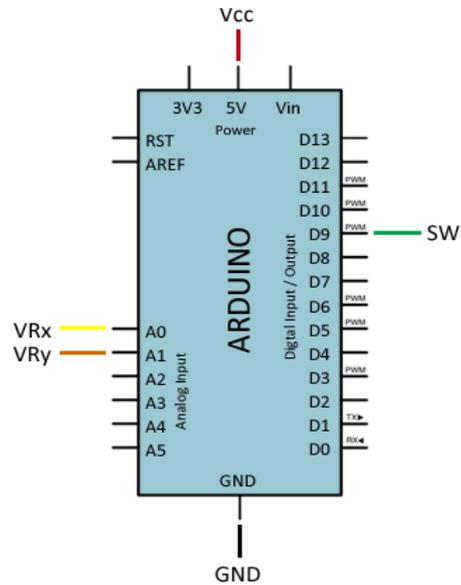
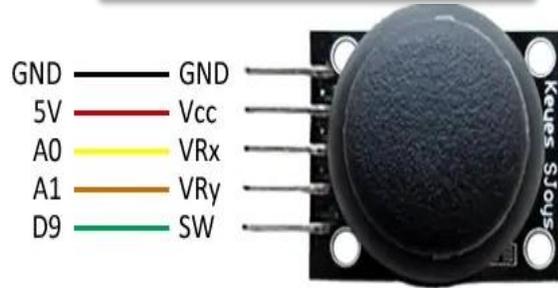
NRF24L01



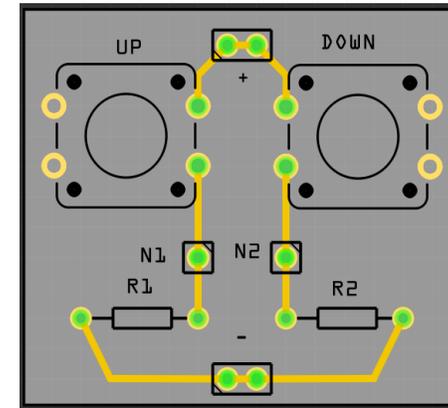
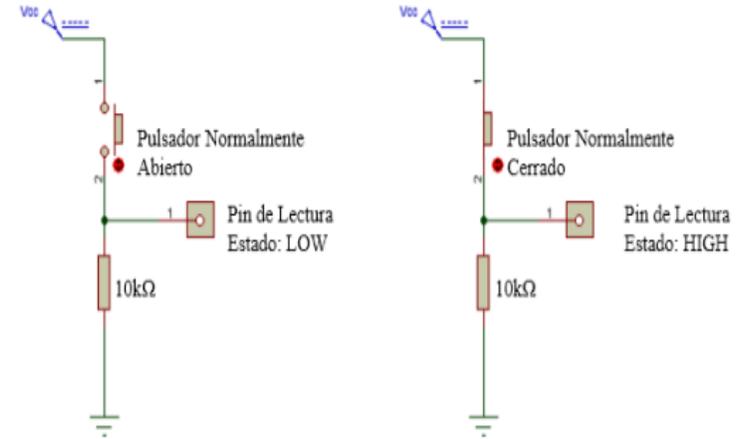
NRF24L01	Arduino UNO, Nano	Arduino Mega
1: GND	pin GND	pin GND
2: VCC	pin 3V3	pin 3.3V
3: CE	pin 9	pin 7
4: CSN	pin 10	pin 8
5: SCK	pin 13	pin 52
6: MOSI	pin 11	pin 51
7: MISO	pin 12	pin 50

Mando Remoto

Joystick



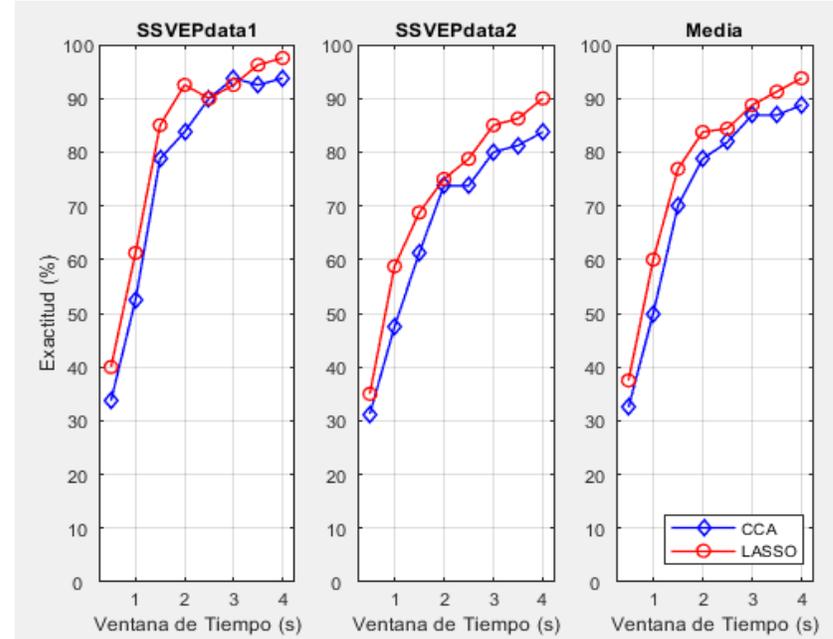
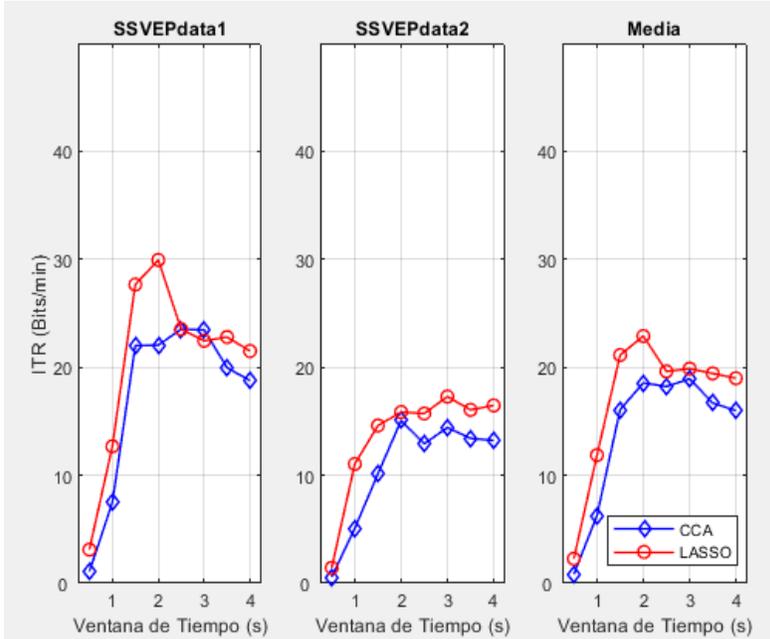
Pulsadores



LASSO

Algoritmo BCI

$$\frac{1}{2N_{entrenamiento}} \sum_{i=1}^{N_{entrenamiento}} \left(y_{real}^{(i)} + y_{pred}^{(i)} \right)^2 + \alpha \sum_{j=1}^n |a_j|$$

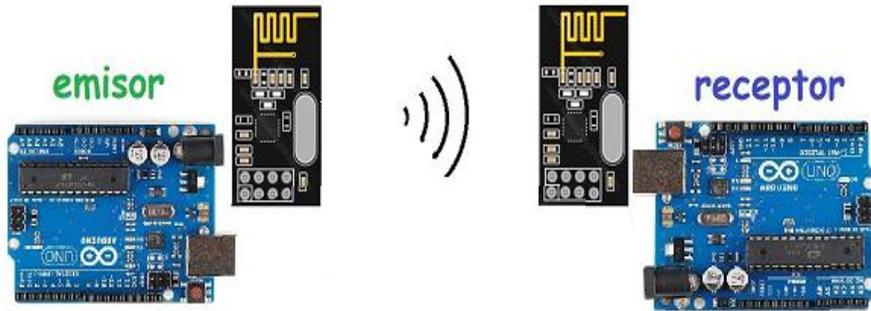


Relación Frecuencia - Movimiento

Frecuencia [Hz]	Movimiento
9.25	Adelante
11.25	Atrás
13.25	Derecha
9.75	Izquierda
11.75	Arriba
13.75	Abajo

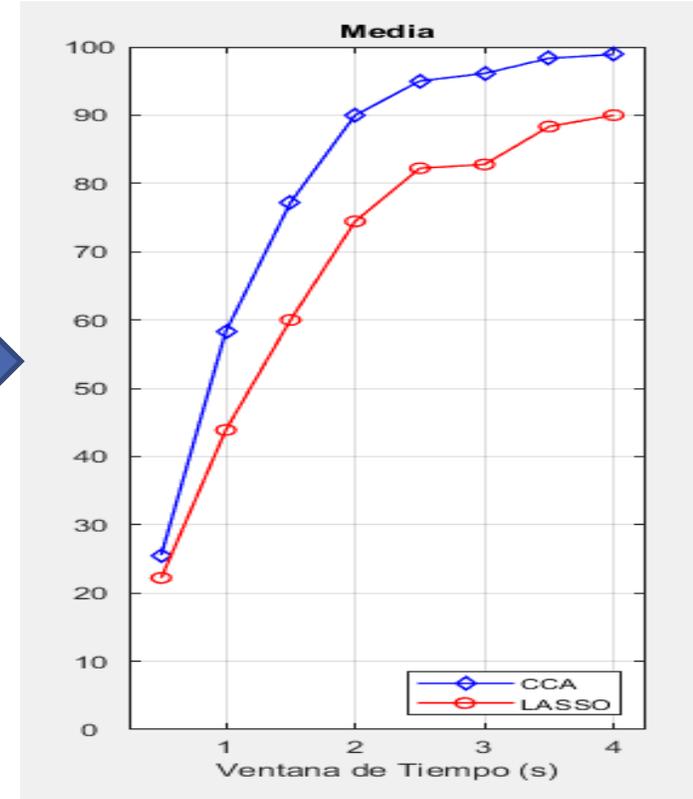
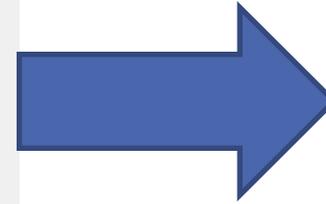
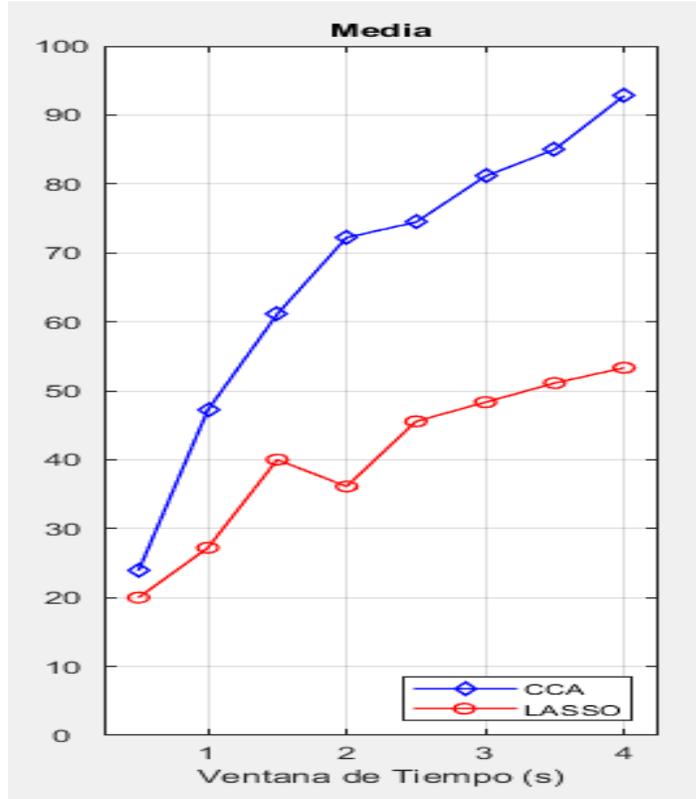


Conexión Inalámbrica



Movimiento	Emisor	Receptor	Activación
Adelante	B	B	Si
Atrás	A	A	Si
Derecha	C	C	Si
Izquierda	D	D	Si
Arriba	G	G	Si
Abajo	F	F	Si
Paro	E	E	Si

Identificación Base de Datos



PRUEBAS Y RESULTADOS

Exactitud BCI

Frecuencia	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
9.25	1	0	0	0	0	0
11.25	0	1	0	0	0	0
13.25	0	0	1	0	0	0
9.75	0	0	0	1	0	0
11.75	0	0	0	0	1	0
13.75	0	0	0	0	0	1

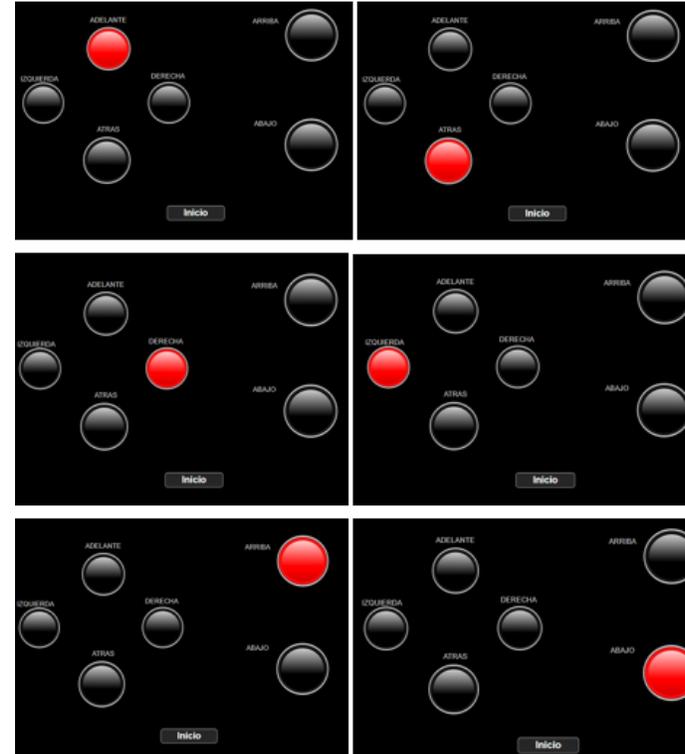




MATLAB Support Package for Arduino Hardware

por MathWorks MATLAB Hardware Team **STAFF**

Acquire inputs and send outputs on Arduino boards



PRUEBAS Y RESULTADOS

Control BCI vs Control Voz

Comparación

BCI

Frecuencia [Hz]	Movimiento	Tiempo [s]
9.25	Adelante	1.2
11.25	Atrás	2.3
13.25	Derecha	1.4
9.75	Izquierda	1
11.75	Arriba	2.5
13.75	Abajo	1.1

VOZ

ACCIÓN	COMANDO ENTRENADO	RESULTADO
ADELANTE	'F'	90%
ATRÁS	'A'	100%
IZQUIERDA	'J'	95%
DERECHA	'Y'	95%
SUBIR	'L'	90%
BAJAR	'Q'	95%
PARAR	'H'	90%

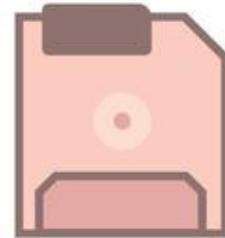
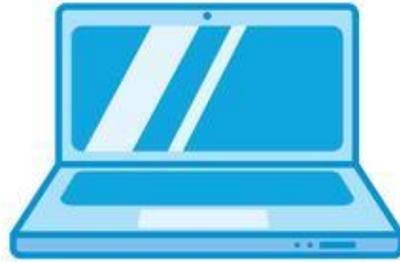


Conclusiones

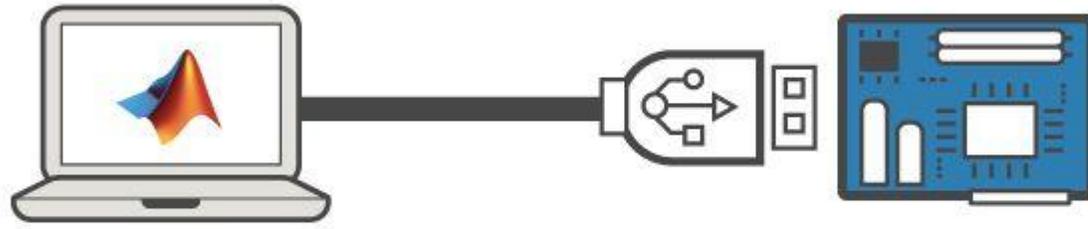


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

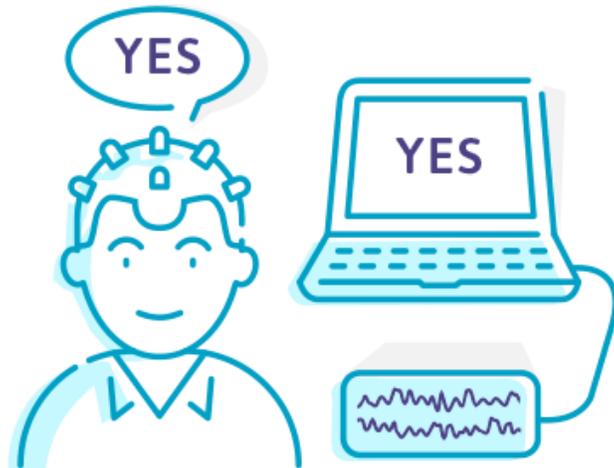
Conclusiones



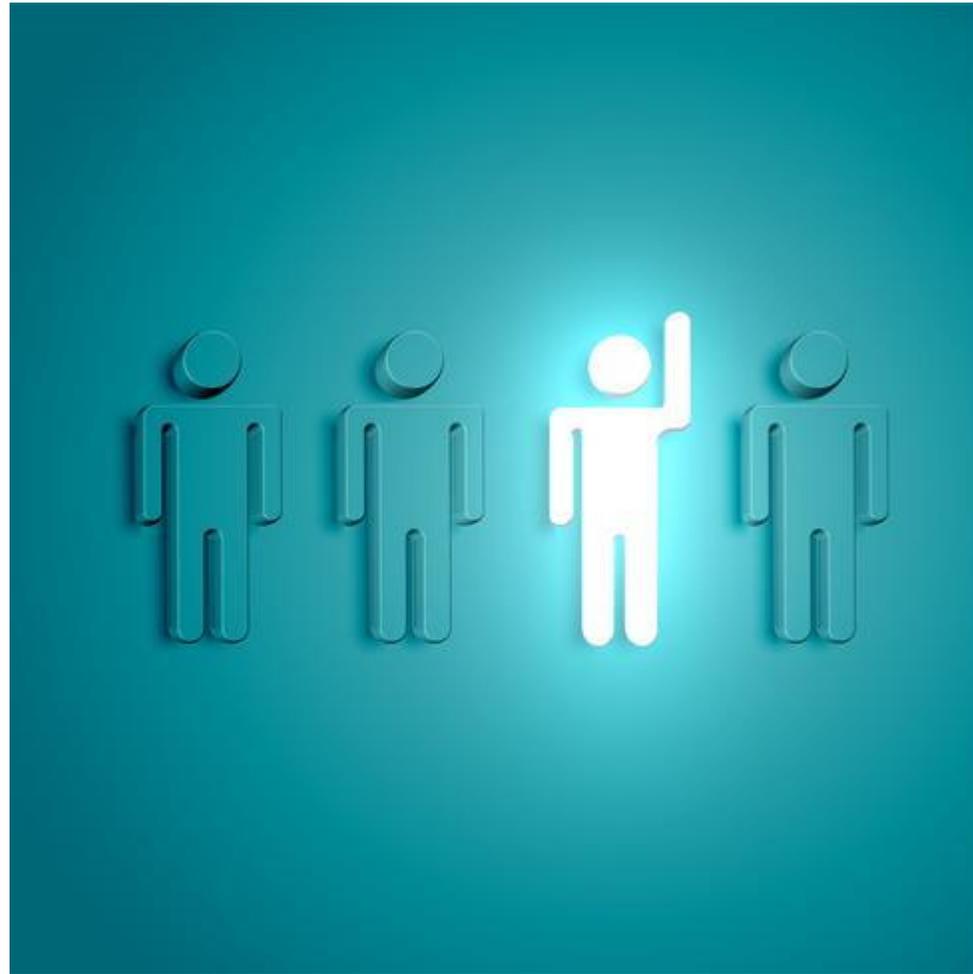
Conclusiones



Arduino



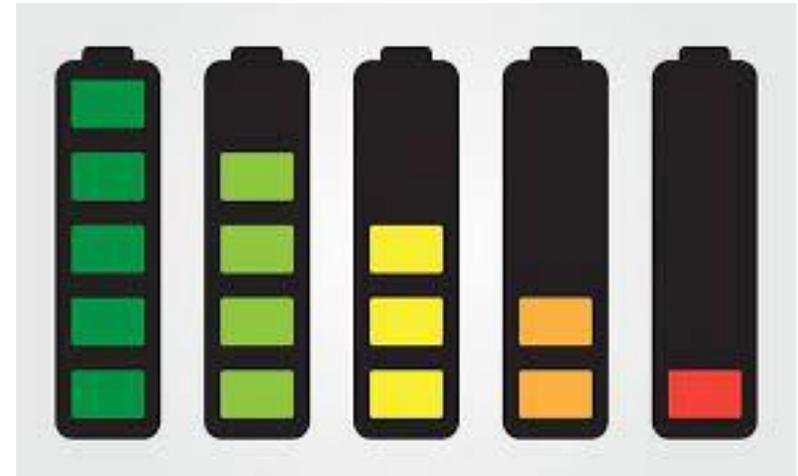
Conclusiones



Conclusiones



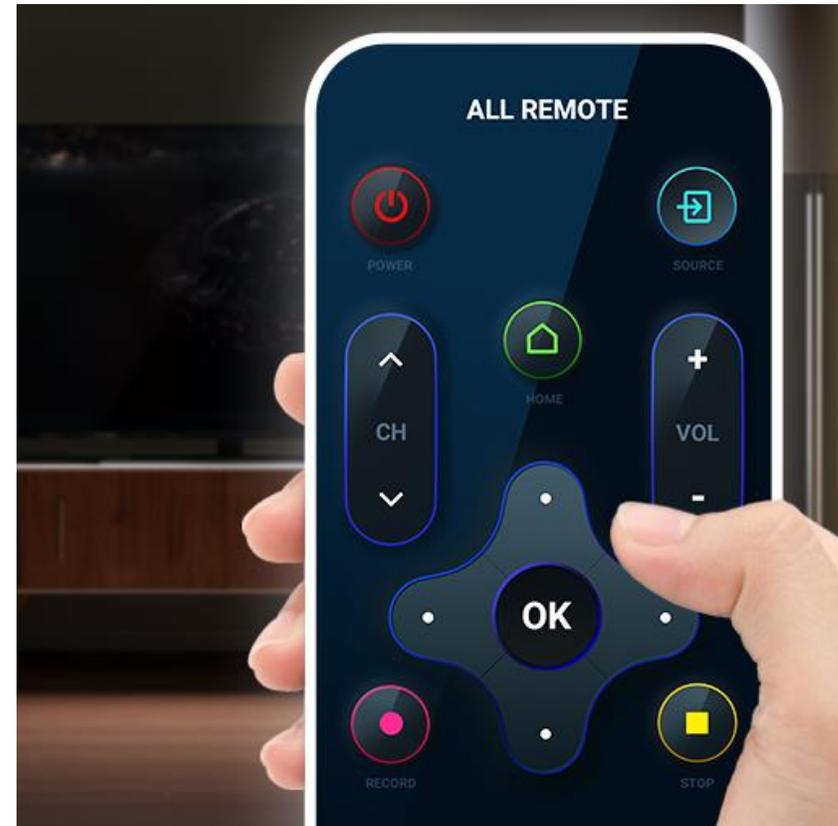
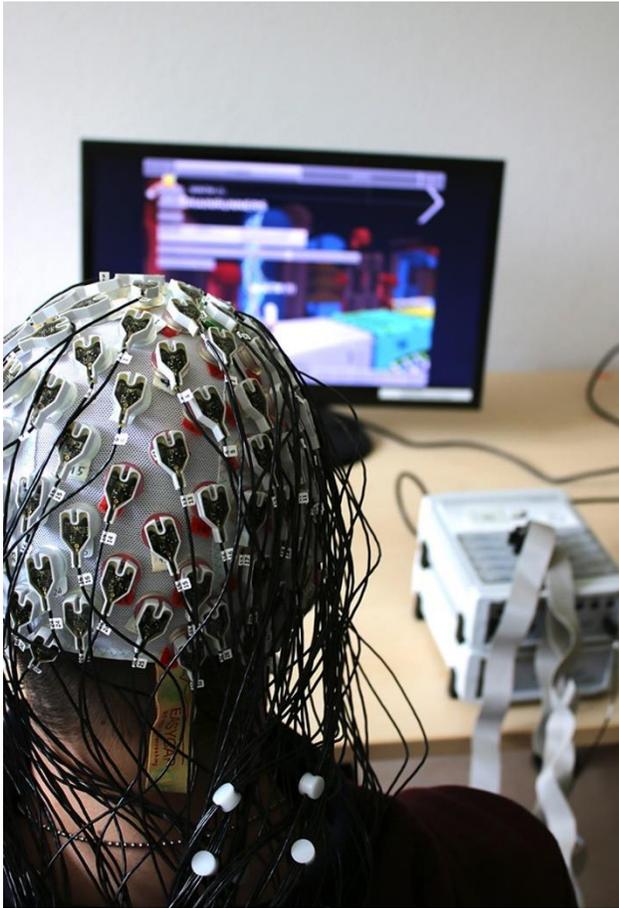
Recomendaciones



Recomendaciones



Trabajos futuros



Trabajos futuros



Agradecimientos



**Departamento de Ciencias de
la Energía y Mecánica**



GRACIAS POR SU
ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA