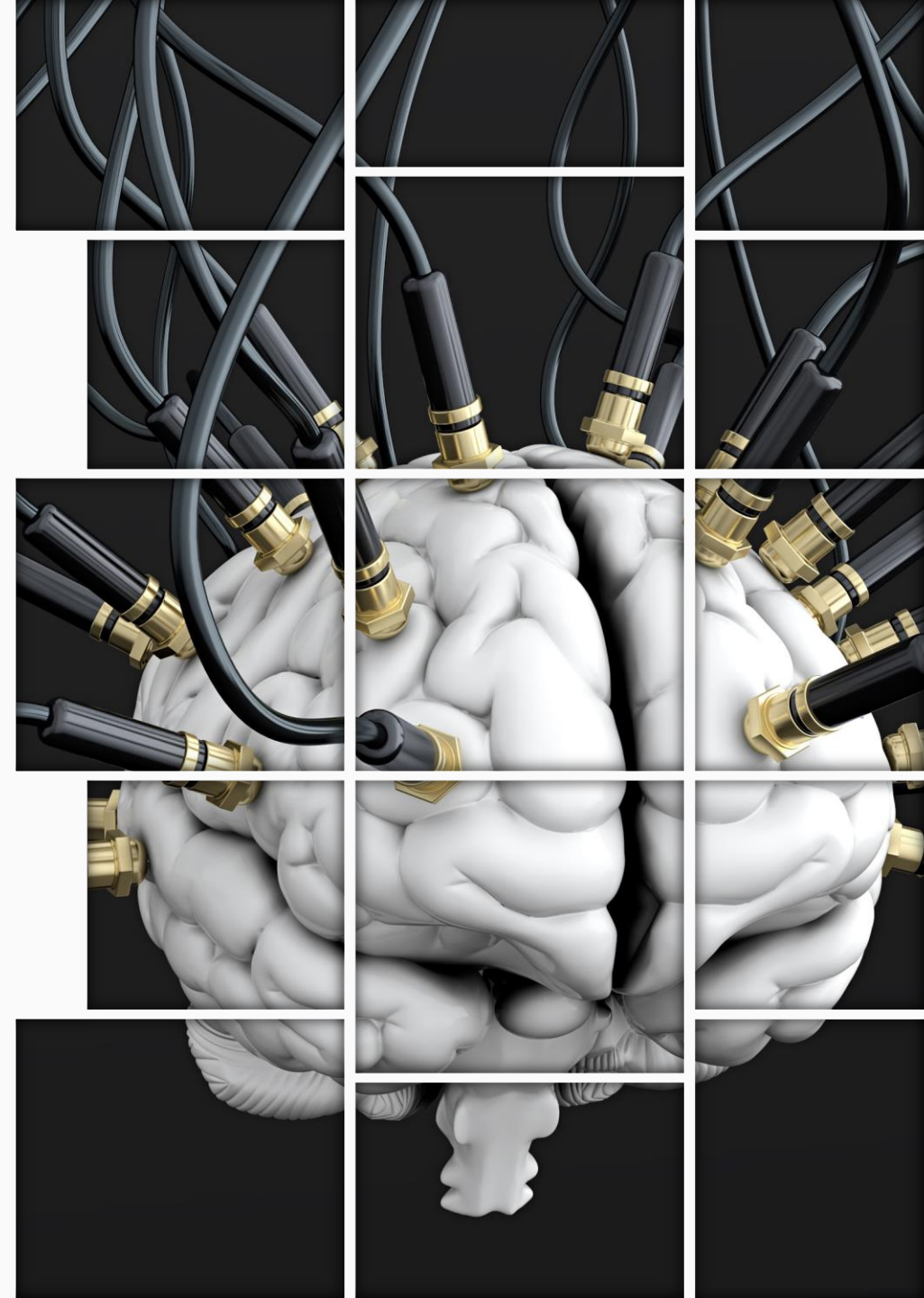


Taller N°1

Introducción a las Interfaces Cerebro Computadora

Mtr. Bioing. Baldezzari Lucas
Profesor Encargado
Ingeniería Biomédica

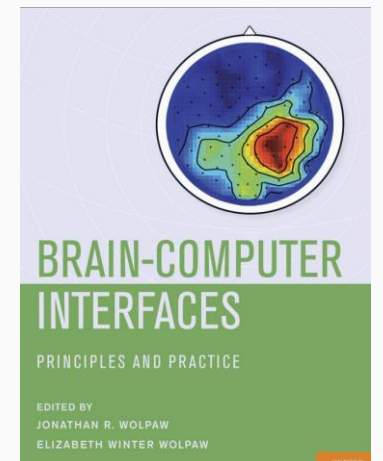


¿Qué es una BCI?

Definición

“A BCI is a system that measures CNS activity and converts it into artificial output that replaces, restores, enhances, supplements, or improves natural CNS output and thereby changes the ongoing interactions between the CNS and its external or internal environment.”

Brain Computer Interfaces, Principles and Practice (Wolpaw, 2021)



¿Qué podríamos hacer con una BCI?

Aplicaciones

- ✓ Asistencia.
- ✓ Rehabilitación.
- ✓ Control de dispositivos.
- ✓ Control de ambientes.
- ✓ Deletreadores.
- ✓ Videojuegos.
- ✓ Otras.



<https://www.youtube.com/watch?v=jXpjRwPQC5Q>



Puntos claves

Consideraciones

1. Las BCI ofrecen canales de comunicación alternativos y son diferentes a los que utiliza el CNS (*Central Nervous System*).
2. El funcionamiento adecuado de una BCI depende tanto de las capacidades adaptativas del CNS de una persona, como de la propia BCI.
3. Selección de áreas cerebrales a registrar.
4. Ruidos en la señal de EEG.
5. Tipo de salida de una BCI: Selección de comandos vs Control de procesos.
6. Lograr aplicaciones en BCI más allá del laboratorio.

CNS vs BCI

Canales de comunicación alternativos

CNS

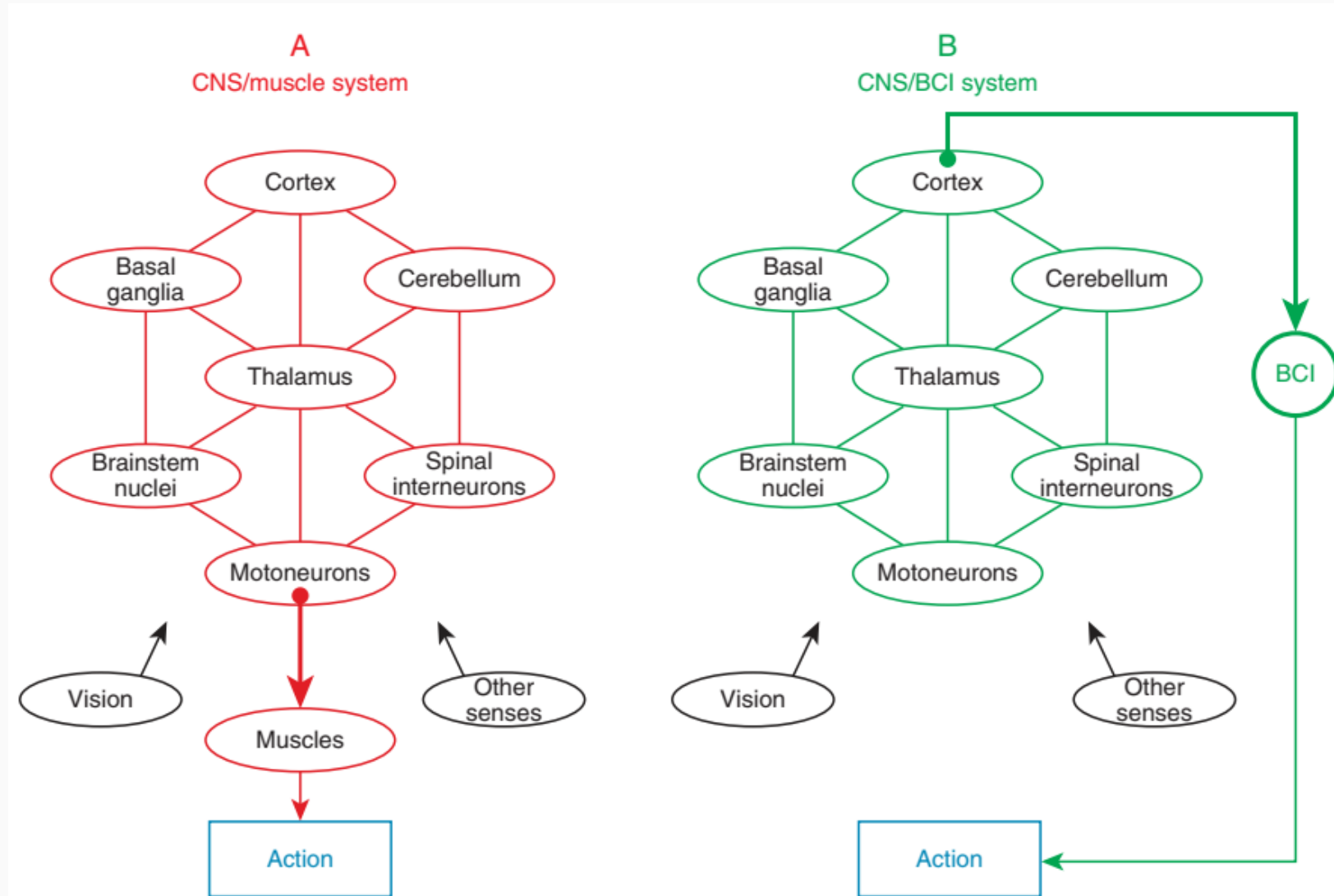
- Las *tareas* naturales ejecutadas por el CNS son llevadas a cabo por grupos neuronales distribuidos desde la corteza cerebral hasta la médula espinal, no existe una única área encargada de realizar una acción.
- Tareas como caminar, hablar, cantar, tocar un instrumento son controladas constantemente –iniciando y adaptando las señales- por los grupos neuronales encargados.
- Los movimientos musculares son ejecutados por motoneuronas ubicadas en la médula espinal.
- Plasticidad cerebral.

BCI

- Las *tareas* ejecutadas por una BCI deben complementarse con el CNS. En algunas aplicaciones, la persona debe *adaptar* sus señales cerebrales o *aprender a controlar/generar* ciertas señales.
- Los comandos y/o tareas ejecutadas por la BCI no utilizan los caminos normales del CNS. Obtendremos información desde la corteza cerebral.
- Adaptación de la BCI junto con la plasticidad cerebral.

CNS vs BCI

Canales de comunicación alternativos

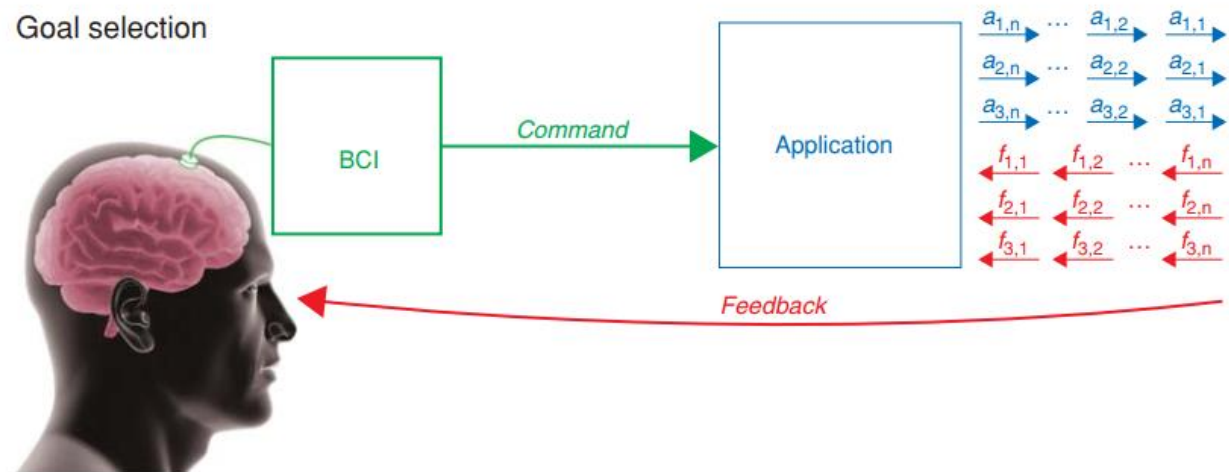


Plasticidad cerebral.

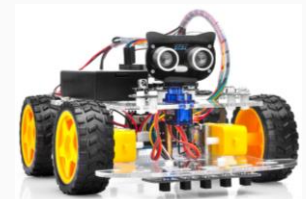
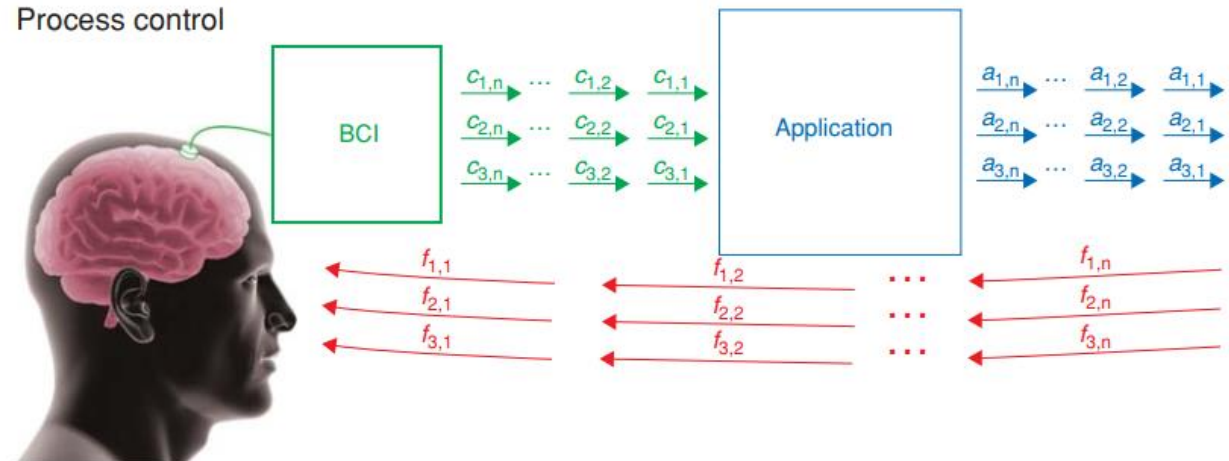
Comando vs Control

Diferencias fundamentales

Goal selection



Process control





Señales neurofisiológicas utilizadas en BCI

Señales y paradigmas para utilizar en una BCI

Podemos diferenciar dos grandes grupos,

Potenciales Evocados

Patrones cerebrales reconocibles –luego de post procesamiento- generados como respuestas a estímulos externos.

Encontramos:

- Potenciales Evocados del tipo P300 (visuales, auditivos, tacto). Paradigma *oddball*.
- Potenciales Evocados Visuales de Estado Estacionario (SSVEP, *Steady State Visual Evoked Potentials*)

Ventajas principales: Poco o nulo entrenamiento. Baja complejidad. Dificultad media de implementación.

Consideraciones: Se necesitan estímulos externos para generar patrones reconocibles.

Potenciales Espontáneos

Patrones cerebrales reconocibles –luego de post procesamiento- generados de manera espontánea, principalmente se utilizan los ritmos sensorimotoreos.

Encontramos:

- **Imaginería Motora:** Utilizan los Potenciales de Desincronización y Sincronización relacionada al Evento.

Ventajas principales: No necesitan estímulos externos. La persona puede “imaginar” que realiza un movimiento y la BCI realiza una acción, logrando “naturalizar” su uso.

Consideraciones: Muchas horas de entrenamiento. No todas las personas podrán usar estas BCI. Complejidad de algoritmos.

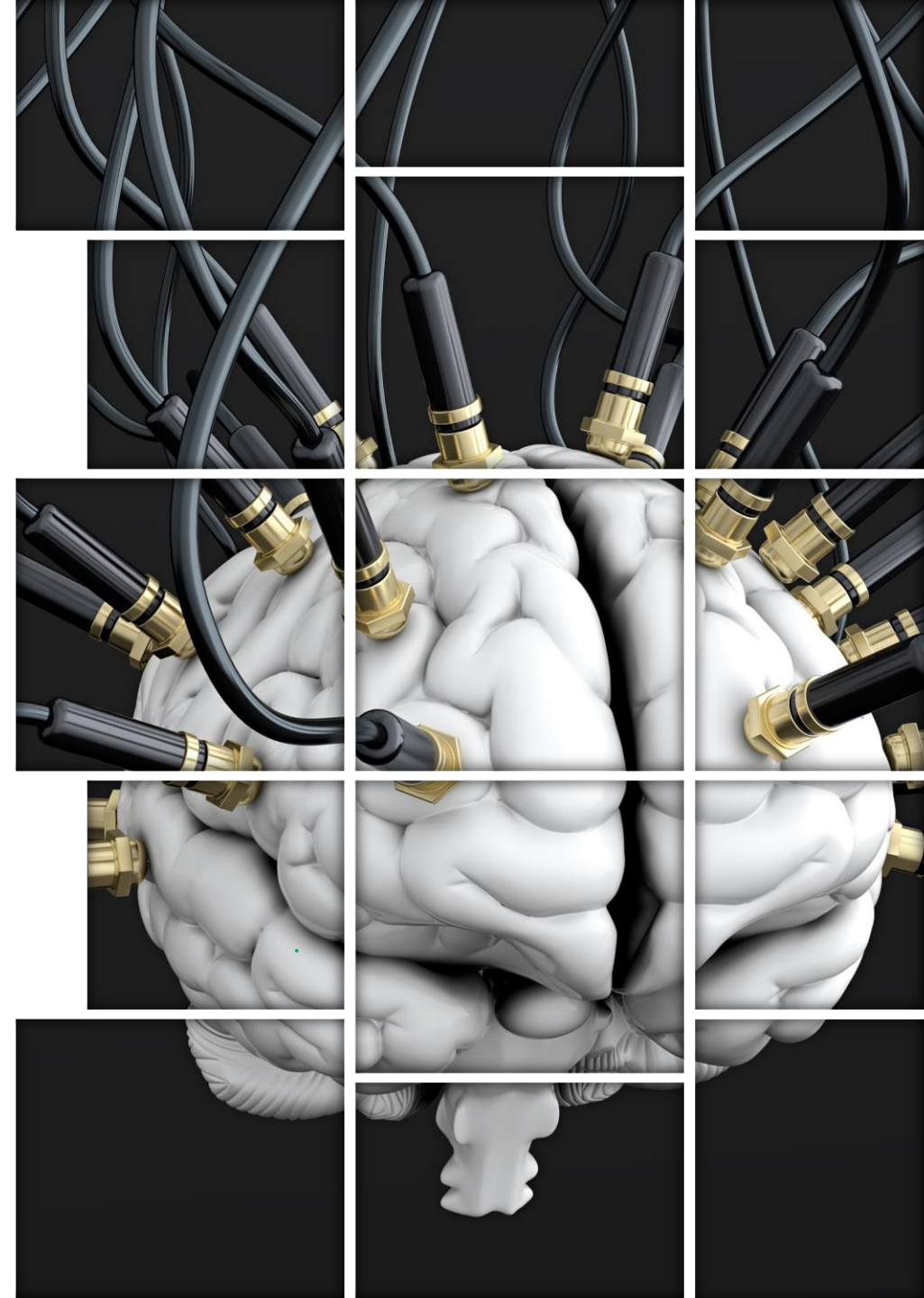
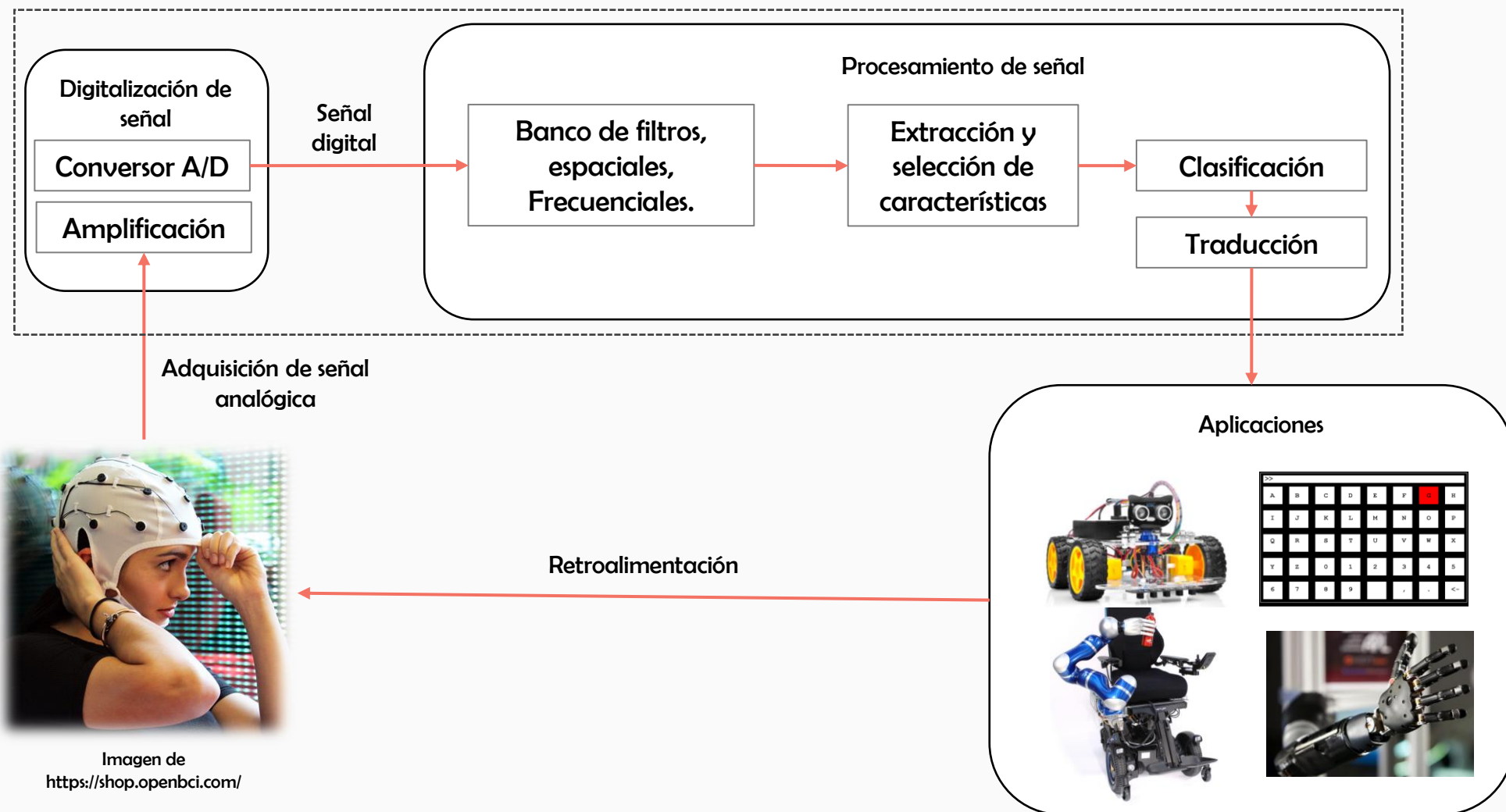


Diagrama de bloques

Una BCI se conforma por un conjunto de bloques interconectados



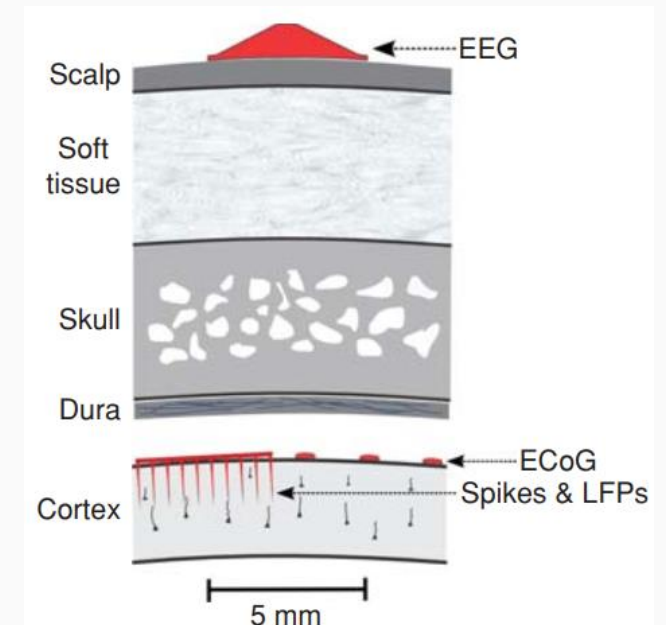
¿Qué vamos a registrar?

Adquisición de señal

Actividad eléctrica de grupos de neuronas ubicadas en la corteza cerebral.

¿Cómo?

1. Electroencefalografía (EEG).
2. Electrocorticografía (ECoG).
3. Tomografía por emisión de positrones.
4. Magnetoencefalografía.
5. Resonancia magnética.
6. Espectroscopía infrarroja.



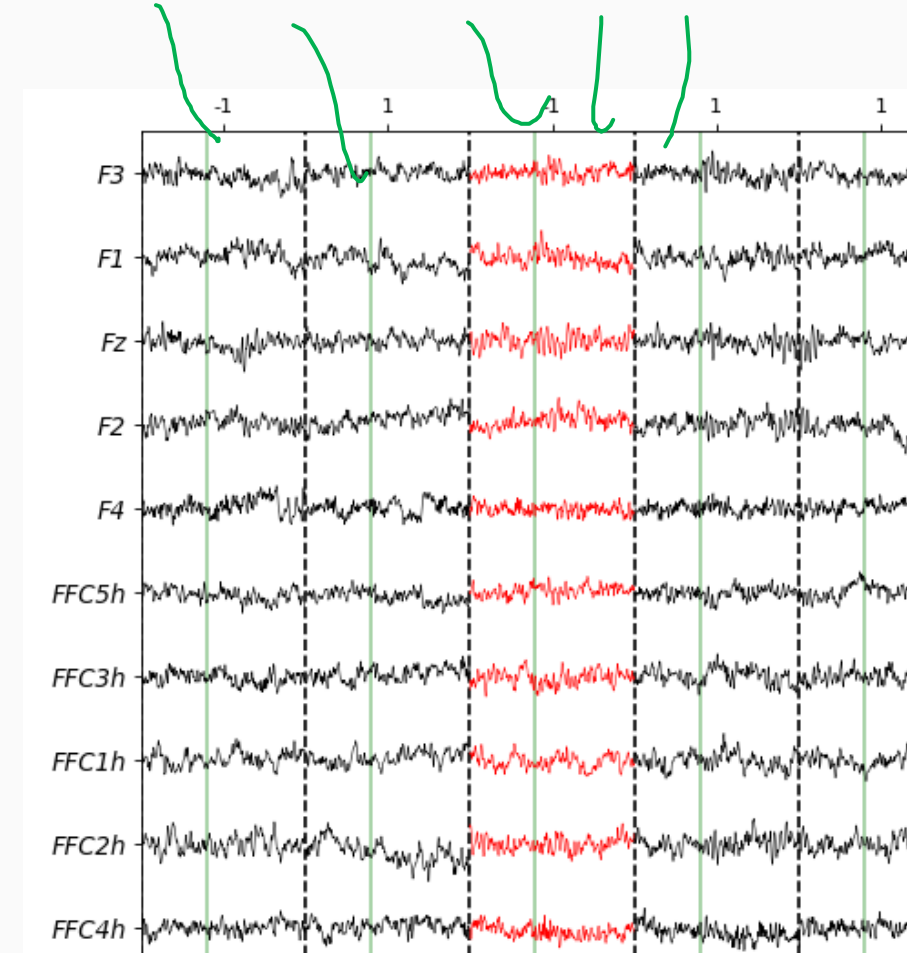
¿Qué vamos a registrar?

Adquisición de señal

Actividad eléctrica de grupos de neuronas ubicadas en la corteza cerebral.

¿Cómo?

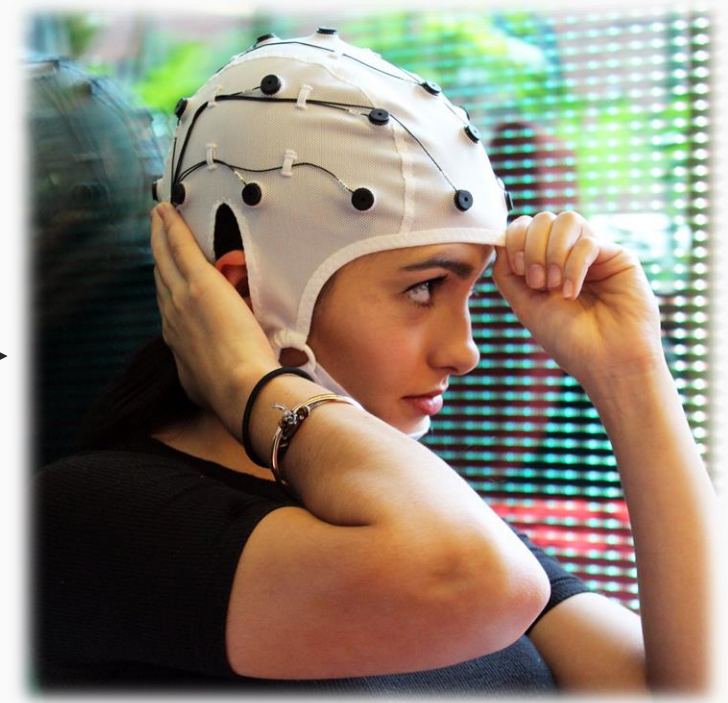
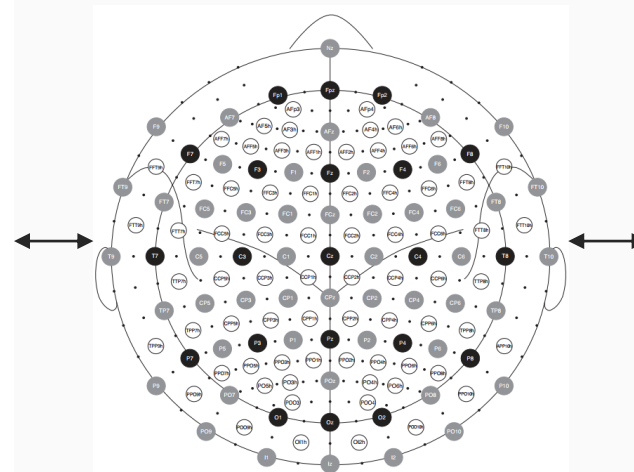
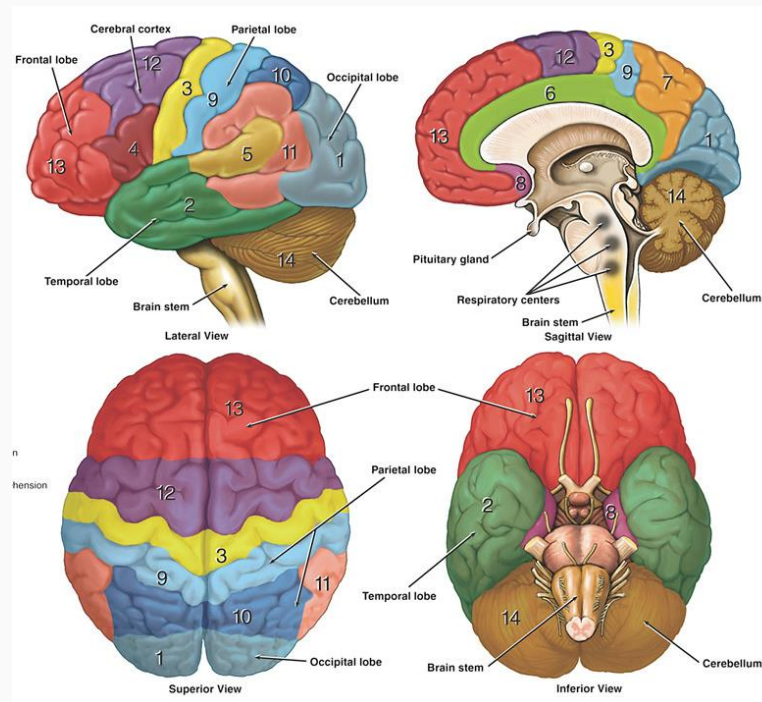
1. **Electroencefalografía (EEG).**
2. Electrocuticografía (ECoG).
3. Tomografía por emisión de positrones.
4. Magnetoencefalografía.
5. Resonancia magnética.
6. Espectroscopía infrarroja.



¿Qué vamos a registrar?

Regiones neuronales

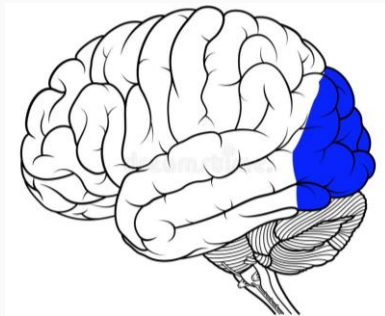
Es crítico determinar qué señal –representando actividad neuronal- es la mejor para monitorear las intenciones de una persona.



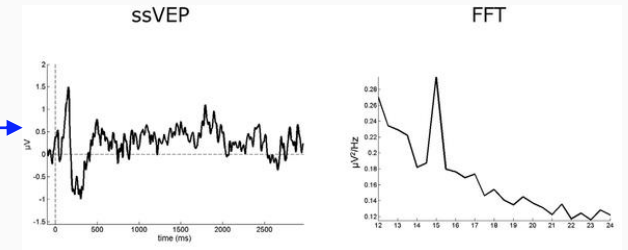
Ejemplo: Lóbulo Occipital

Núcleos de la visión

Electrodos de superficie colocados sobre el cuero cabelludo en la región occipital del cráneo.



Actividad Lóbulo
Occipital
Centro del
procesamiento visual

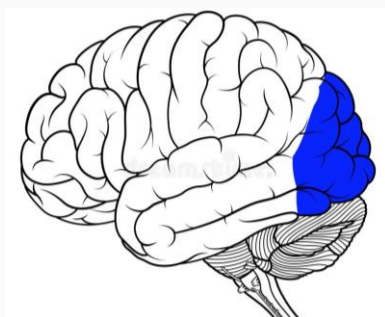


¿Podemos tener *ruido* en las señales registradas?

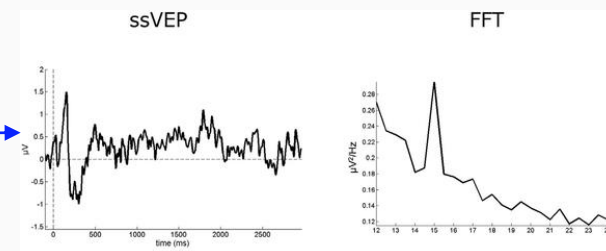
Ejemplo: Lóbulo Occipital

Núcleos de la visión

Electrodos de superficie colocados sobre el cuero cabelludo en la región occipital del cráneo.



Actividad Lóbulo
Occipital
Centro del
procesamiento visual



¿Podemos tener *ruido* en las señales registradas?

- EMG, ECG, movimientos, pestañeo, tragar saliva, morder, movimiento ocular.
- Ruido de línea

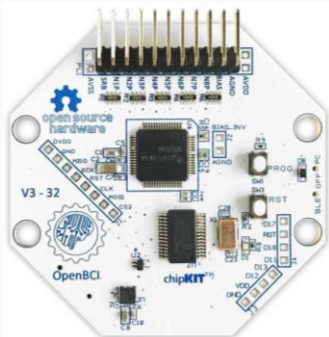
Registro del EEG



¿Cómo vamos a registrar la actividad eléctrica neuronal?

Cyton Board

- 8 differential, high gain, low noise input channels
- Sample rate: 250Hz
- Compatible with active and passive electrodes
- Texas Instruments ADS1299 ADC (link to datasheet)
- RFduino™ Low Power Bluetooth™ radio
- 24-bit channel data resolution
- Programmable gain: 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24
- 3.3V digital operating voltage
- +/-2.5V analog operating voltage
- ~3.3-12V input voltage
- LIS3DH accelerometer (link to datasheet)
- Micro SD card slot
- 5 GPIO pins, 3 of which can be Analog



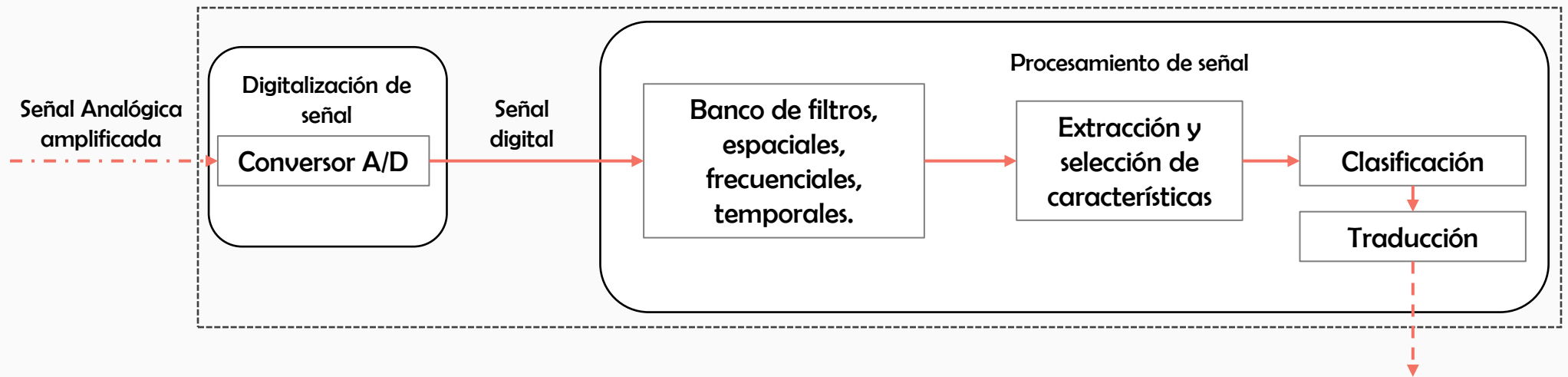
Ganglion Board

4 differential, high gain input channels.
Sample rate: 100Hz (up to 200Hz).
Power with 3.3V to 6V DC battery ONLY.
Current Draw: 14mA when idle, 15mA connected and streaming data.
Simblee BLE Radio module (Arduino Compatible)
LIS2DH 3 axis Accelerometer
Switches to manually connect/disconnect inputs to the REF pin.



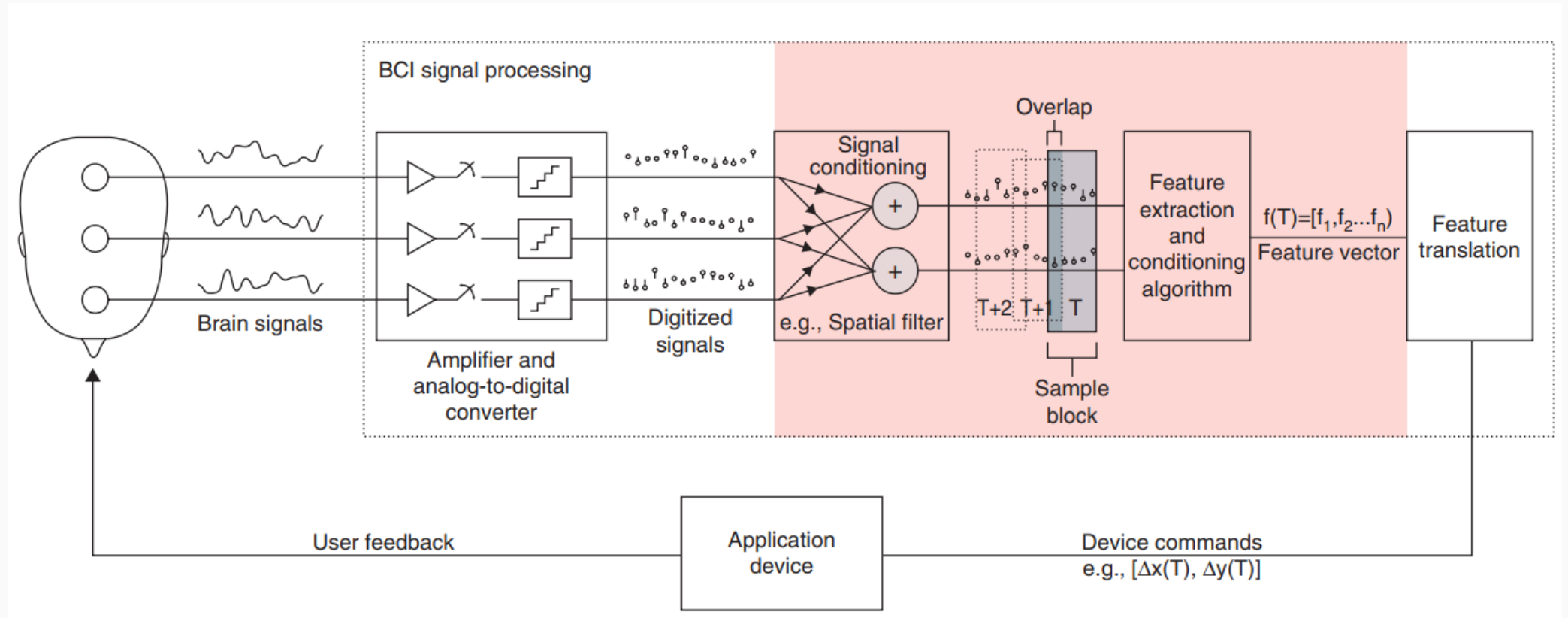
Procesamiento de señal

¿Qué hacemos con la señal analógica adquiridas desde los electrodos?



Procesamiento de señal

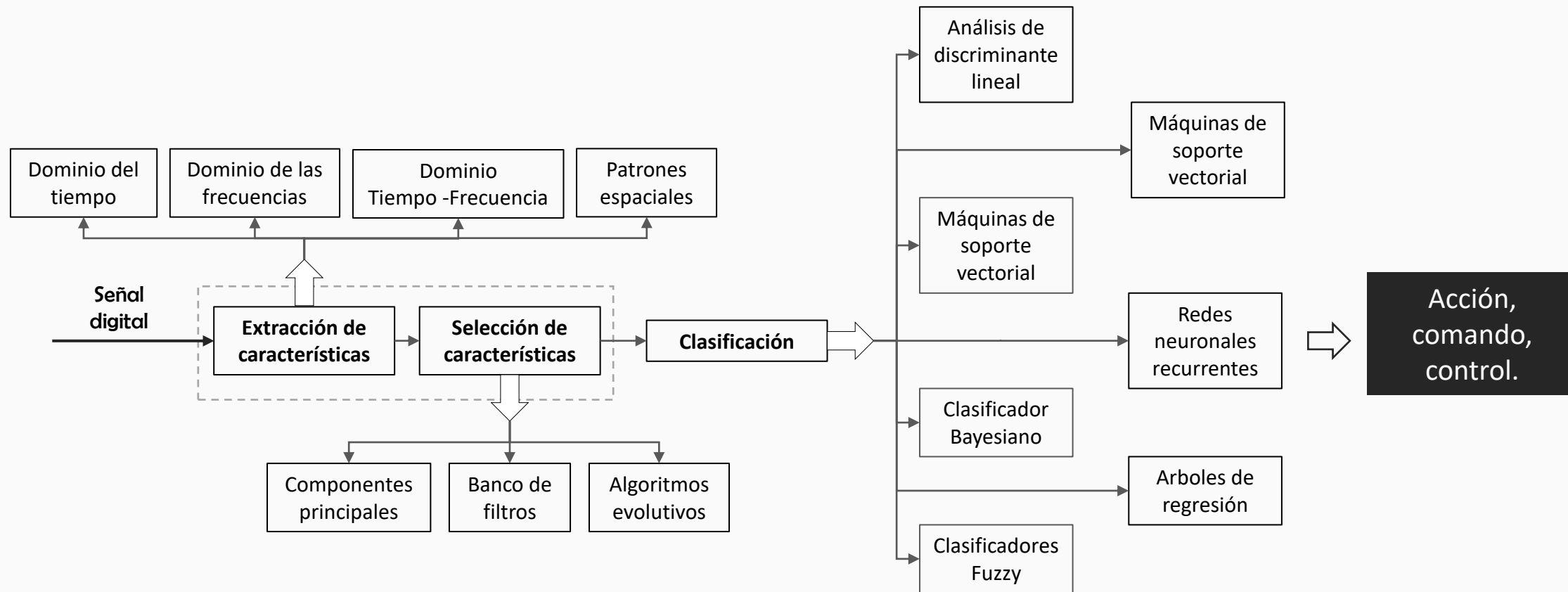
¿Qué hacemos con la señal analógica adquiridas desde los electrodos?



Procesamiento de señal

Determinando las intenciones del usuario

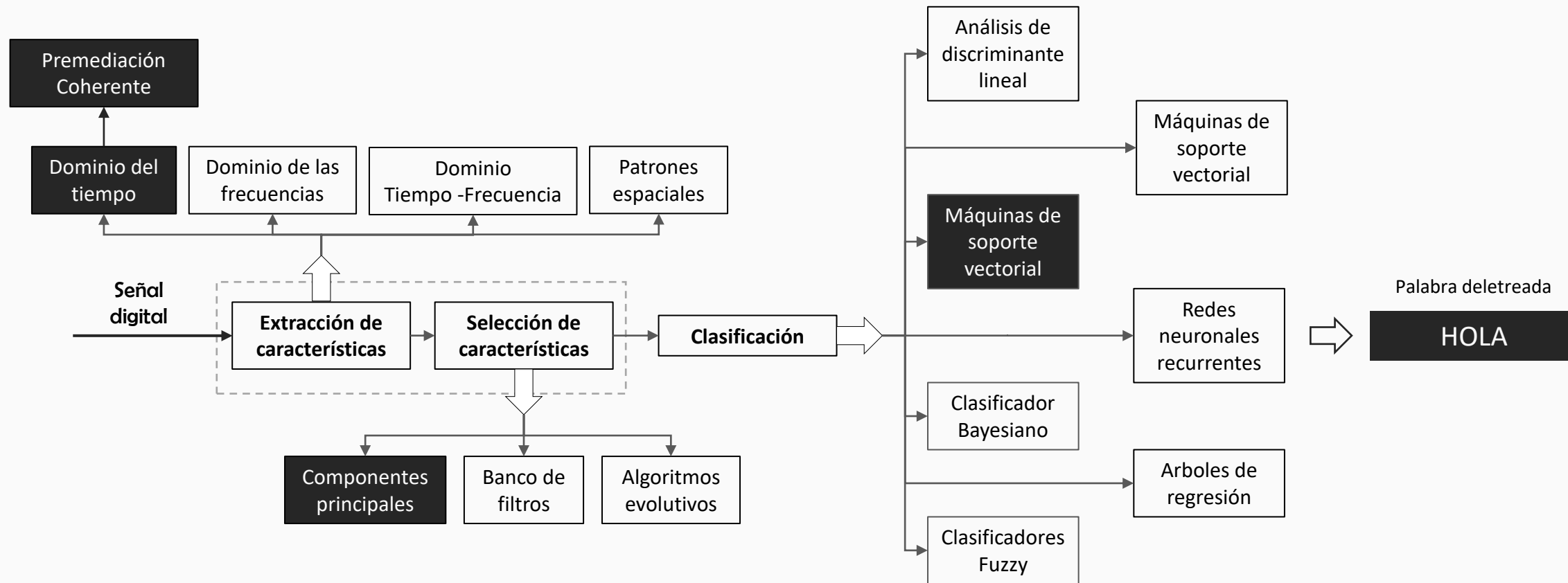
Durante el procesamiento de la señal realizamos tres tareas fundamentales.



Procesamiento de señal

Determinando las intenciones del usuario

Ejemplo: deletreador usando P300



Procesamiento de señal

Extracción de características

Características *fundamentales* de la señal: Diferencia de voltaje entre dos electrodos, frecuencia de la señal en una ventana de tiempo determinada, entre otras.

Las BCI utilizan ***características complejas*** no lineales, mediciones estadísticas, análisis en tiempo-frecuencia, correlación de canales, transformaciones, premediación, entre otras.

¿Cómo podemos adquirir estas características?

- **Análisis temporal:** Filtros espaciales como los Common Spatial Pattern o Independent Component Analysis, entre otros, nos dan características temporales.
- **Análisis Frecuencial:** Fourier, Wavelet, nos dan características espectrales.
- **Análisis tiempo frecuencia:** Variación de frecuencia respecto del tiempo, nos dan características de variación de potencia de la señal vs tiempo.



Vector de características

Procesamiento de señal

Traducción/Clasificación de características

El vector de características posee información **indirecta** de las intenciones del usuario.

Necesitamos algoritmos o modelos matemáticos que **traduzcan y clasifiquen** este vector.

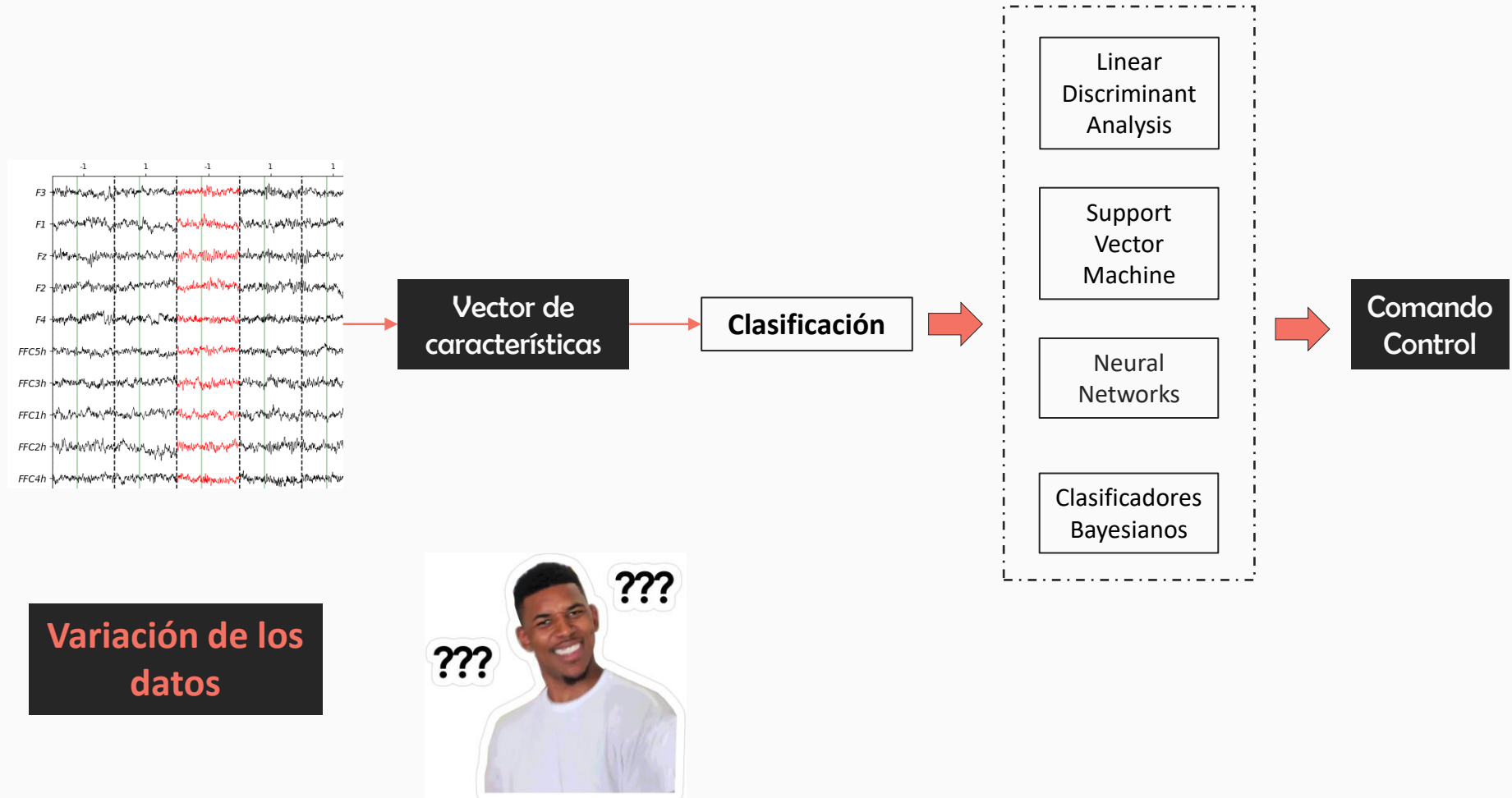
El objetivo fundamental es **describir la relación entre el vector de características y las intenciones del usuario**.

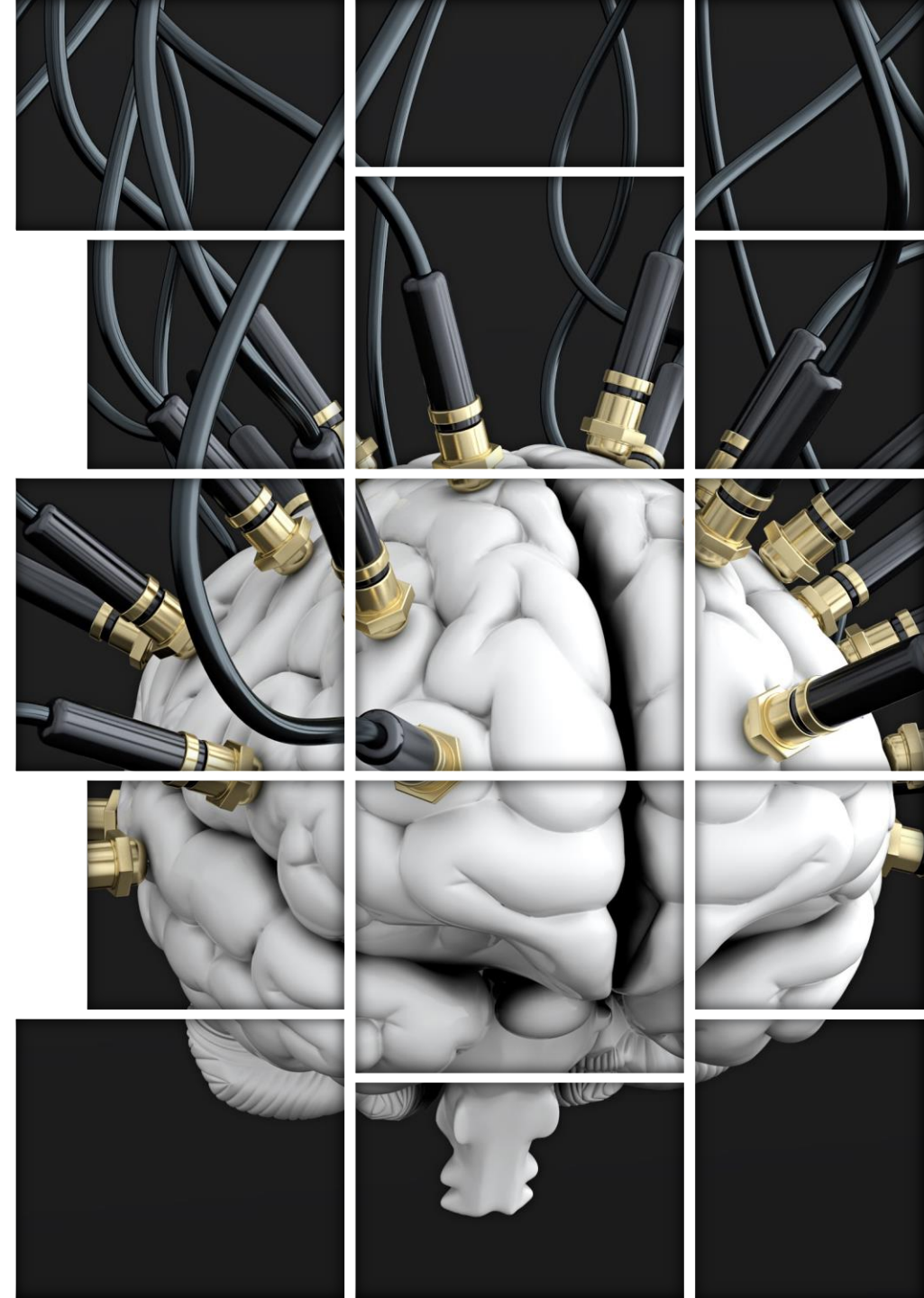
El bloque de clasificación **permite discriminar entre una o más tareas** a través de las características otorgadas por el bloque de extracción y selección de características.



Procesamiento de señal

Traducción/Clasificación de características





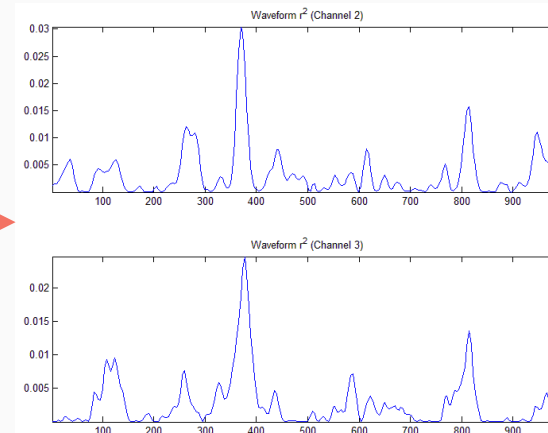
Aplicaciones

¿Qué podríamos hacer una vez clasificada la señal?

P300



Procesamiento



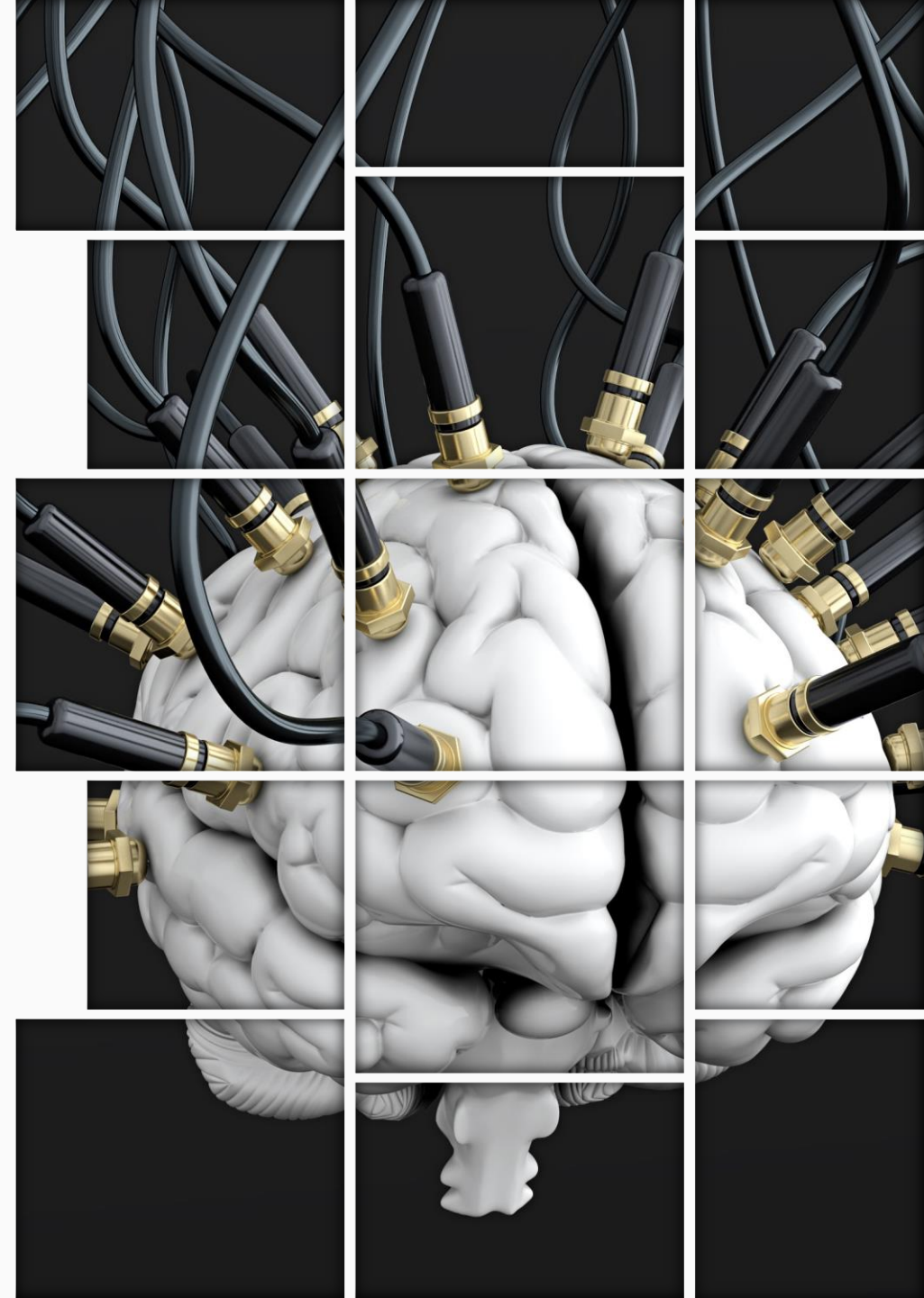
Extracción de características

SVM

Clasificación

Obtenemos
una letra

¿Cómo seguimos?

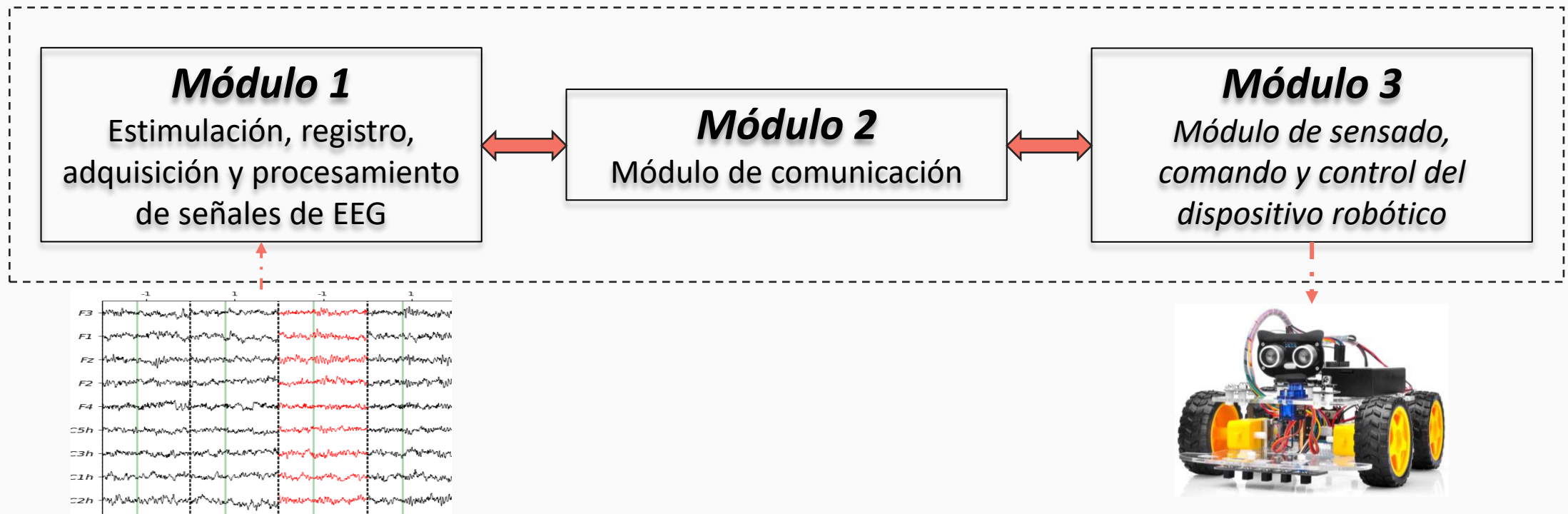


¿Cómo seguimos?

Debemos aprender y trabajar

Separar cada en equipo en subgrupos.

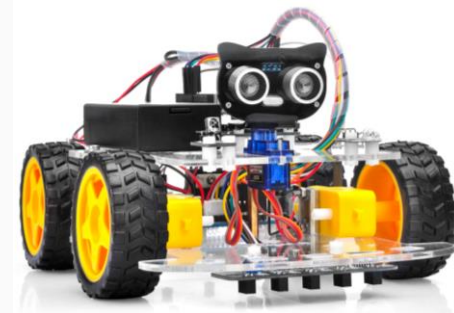
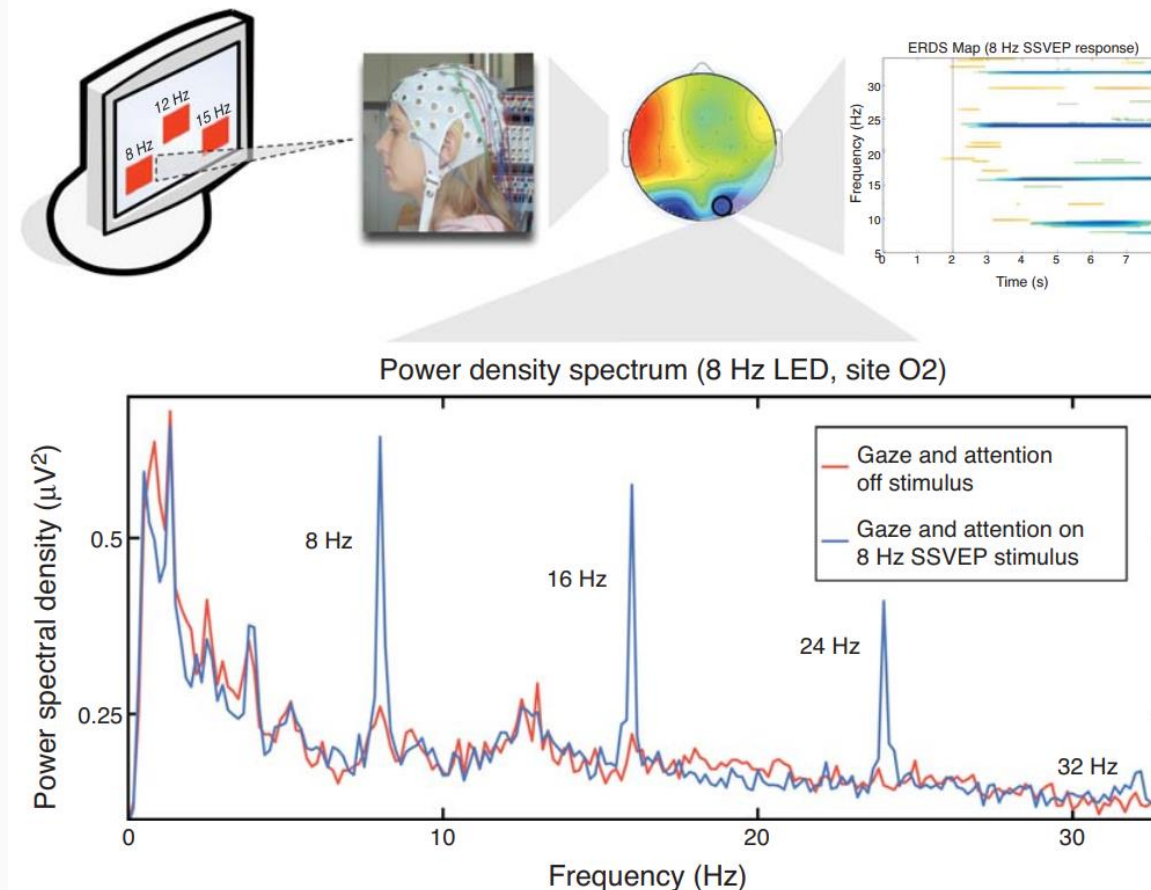
ICC



¿Cómo seguimos?

Debemos aprender y trabajar

Propuesta SSVEP





Bibliografía

- Toshihisa Tanaka and Mahnaz Arvaneh. *"Signal Processing and Machine Learning for Brain--Machine Interfaces"*. The Institution of Engineering and Technology. 2018.
- Wolpaw Jonathan. *"Brain Computer Interfaces: Principles and Practice"*. Oxford. Published by Oxford University Press, Inc. 2012.
- J. d. R. Millán. *"Combining brain--computer interfaces and assistive technologies: state-of-the-art and challenges"*. Frontiers in Neuroscience. 07 September 2010.
- Teodiano Freire Bastos-Filho. *"Introduction to Non-Invasive EEG-Based Brain-Computer Interfaces for assistive technologies"*. 2021.
- Alexis Ortiz-Rosario and Hojjat Adeli . *"Brain-computer interface technologies: from signal to action"*. 2013.

Taller N°1

Introducción a las Interfaces Cerebro Computadora

Mtr. Bioing. Baldezzari Lucas
Profesor Encargado
Ingeniería Biomédica

