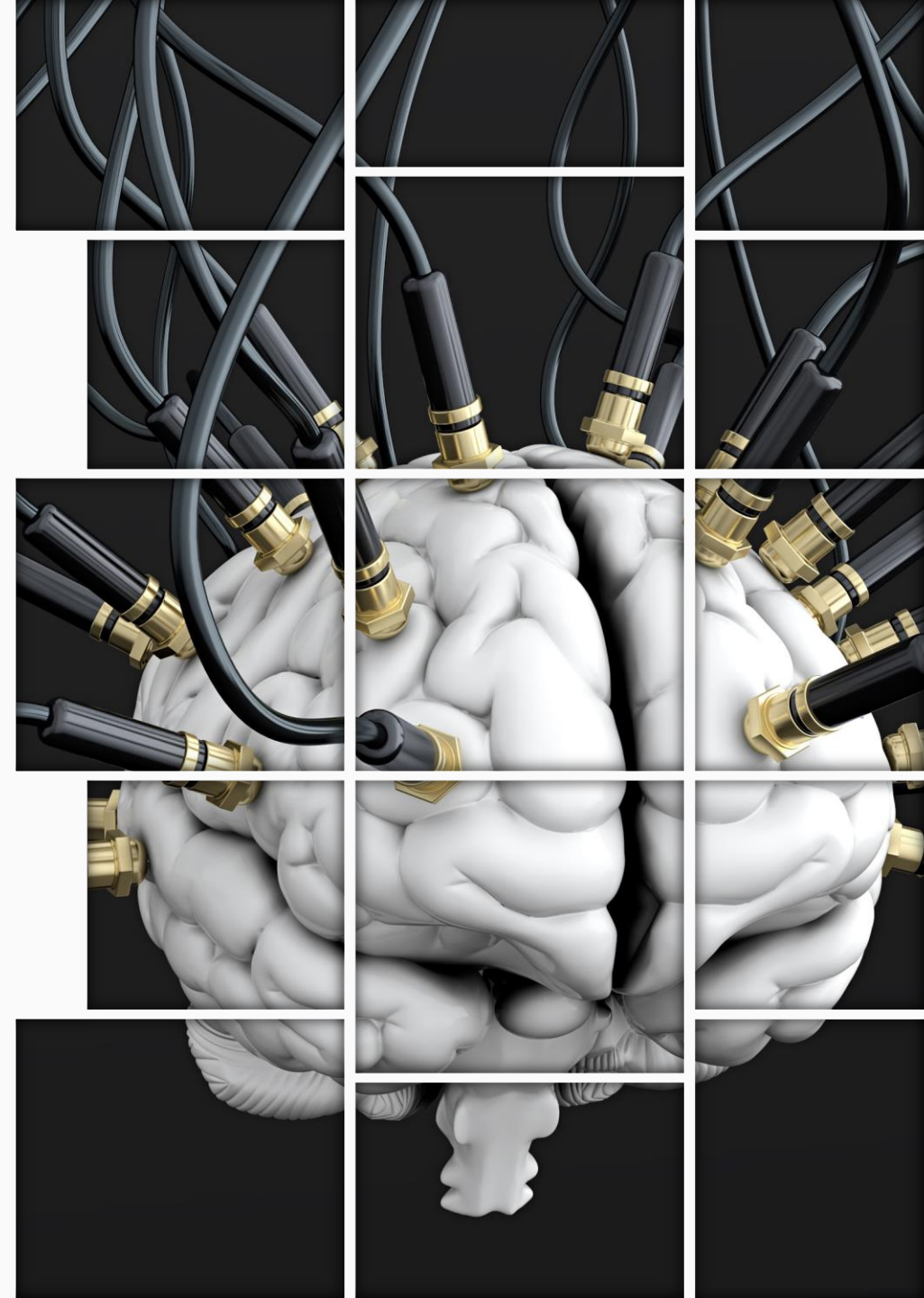


Taller N°2

Introducción a la adquisición y procesamiento de SSVEP

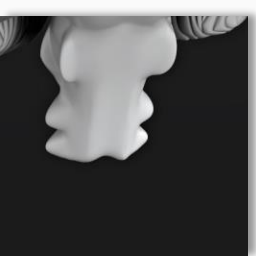
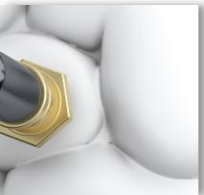
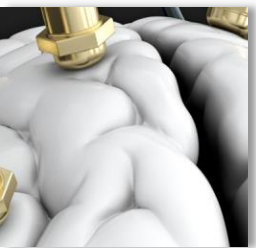
Mgr. Bioing. Baldezzari Lucas
Profesor Encargado
Ingeniería Biomédica



Steady State Visual Evoked Potentials

Objetivos del taller

- Entender qué son y cómo se producen los SSVEP y así sentar las bases para que puedan aprender de manera autónoma.
- Comentar en qué región del cerebro se generan los SSVEP y cómo los registramos.
- Comentar cuales son sus características básicas.
- Realizar un procesamiento básico para visualizar la presencia de SSVEPs en un set de datos disponible.



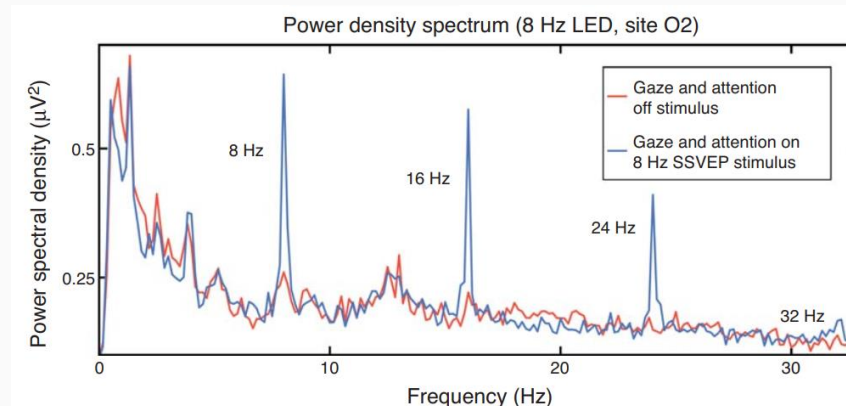
Introducción teórica

¿Qué son los potenciales evocados?

Los Potenciales Evocados (EPs) consisten en cambios estereotipados en la actividad eléctrica de las neuronas generados por estímulos externos y que pueden ser registrados desde el cuero cabelludo.

Existe una relación entre el estímulo, la actividad cerebral y el estado cognitivo de la persona, por estas razones los EPs han sido y son objeto de estudio.

Encontramos **Potenciales Evocados Visuales (VEPs)**, Potenciales Evocados Somatosensoriales (SEPs) y Potenciales Evocados Auditivos (AEPs).



Introducción teórica - VEPs

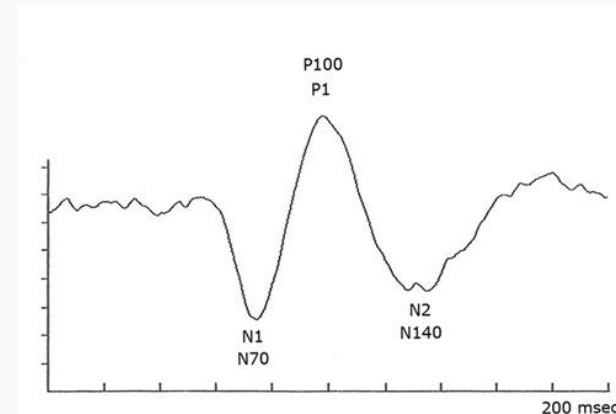
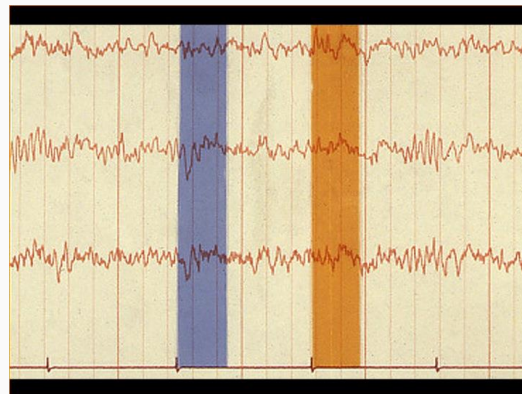
Potenciales Evocados Visuales

Los VEPs ocurren sobre la corteza visual luego de recibir estímulos visuales repentinos –flash, aparición de una imagen, cambios de colores-. El cerebro puede responder a cada estímulo visual, por esto, el procesamiento cerebral esta sincronizado con ellos.

Los VEPs se clasifican según tres criterios

- i. Las características morfológicas y físicas del estímulo.
- ii. La frecuencia del estímulo.
- iii. El campo de estimulación.

Según la frecuencia del estímulo podemos encontrar *VEPs Transientes* (TVEPs) y ***VEPs de Estado Estacionario (SSVEPs)***.



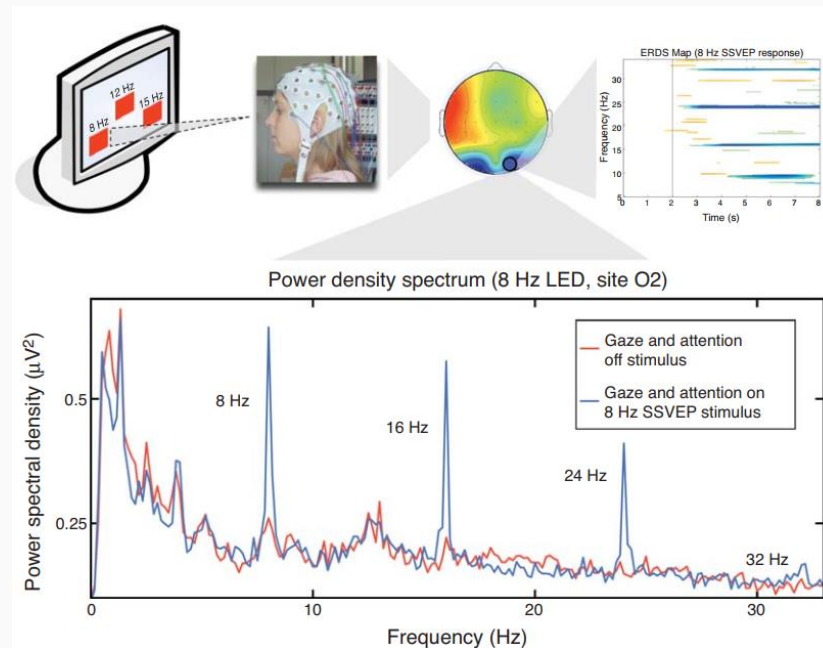
Introducción teórica - SSVEPs

Potenciales Evocados Visuales de Estado Estacionario (SSVEPs)

Los SSVEPs son oscilaciones de voltaje que se generan debido a un estímulo rápido y repetitivo – como un grupo de LEDs parpadeando–.

Los sucesivos estímulos producen respuestas evocadas similares, las cuales se solapan entre sí y generan oscilaciones estacionarias en el tiempo.

Los SSVEPs poseen una ventaja fundamental respecto de los TVEPs y es que poseen una **mejor relación señal ruido**.



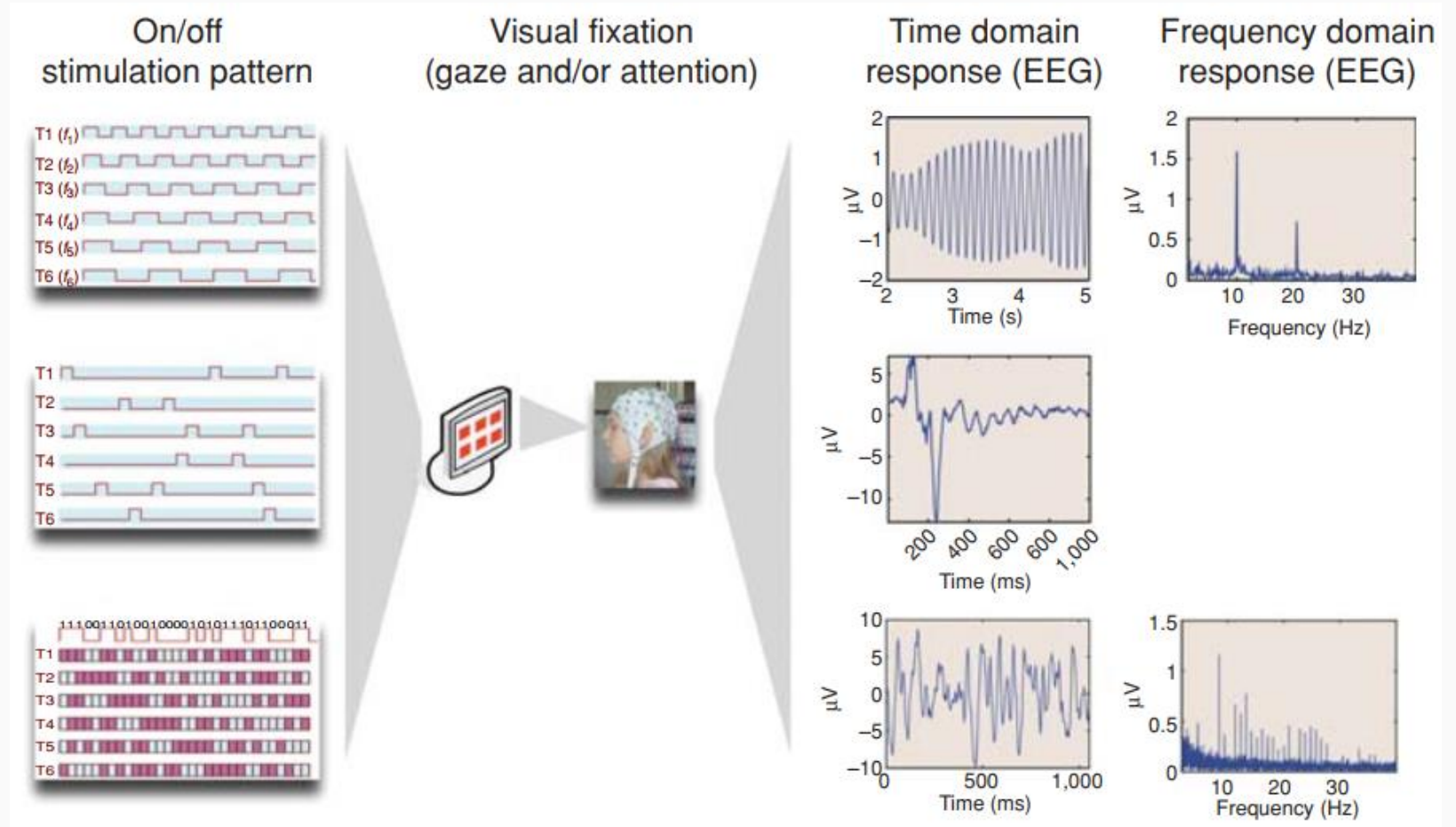
Introducción teórica - SSVEPs

Paradigmas de estimulación

(f-VEP)

c-VEP o m-VEP

t-VEP



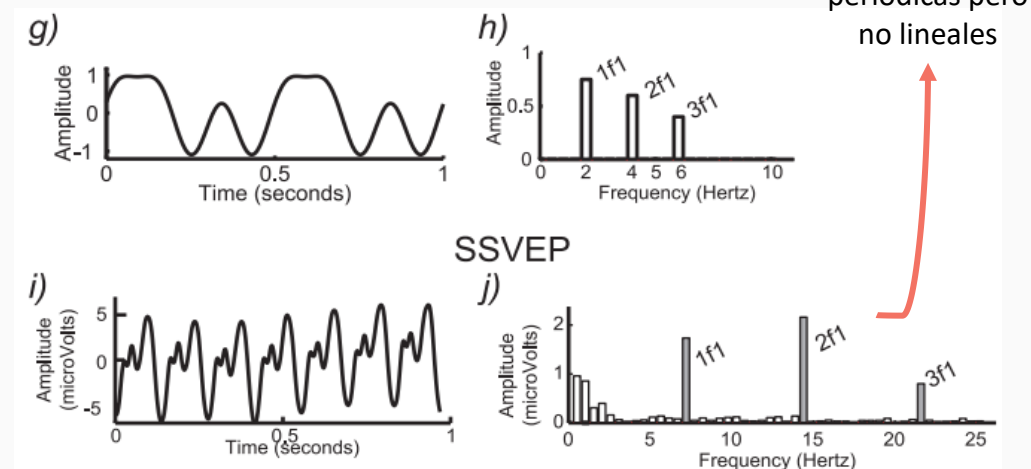
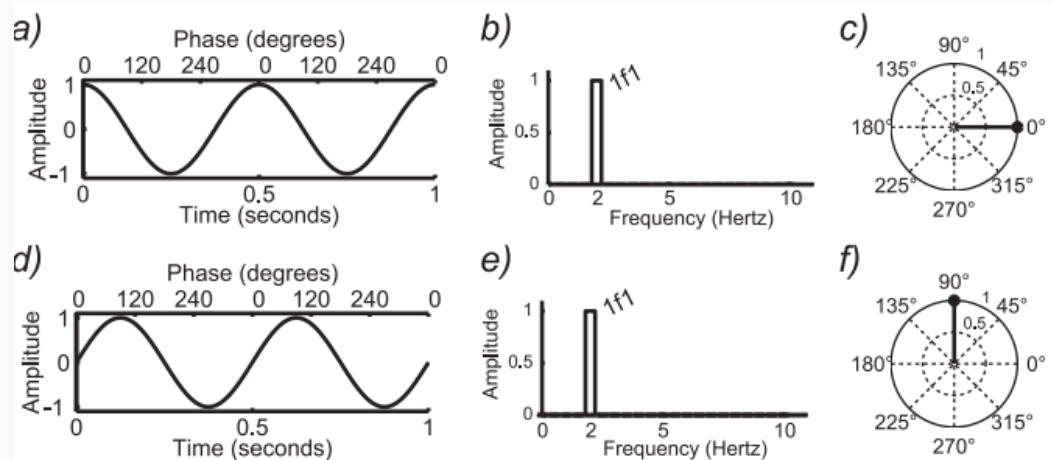
Introducción teórica - SSVEPs

Paradigma f -VEP

Es **crítico** saber que la respuesta evocada es debido a la **periodicidad** del **estímulo** de y de la **respuesta cerebral**. Debido a esto es común estudiar a los SSVEPs en el dominio **frecuencial**.

Debemos considerar que el CNS es un sistema **no lineal**.

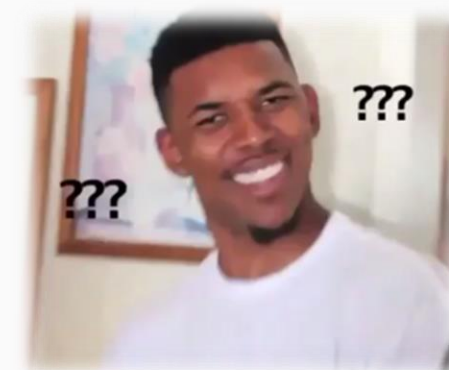
Un estímulo senoidal con frecuencia F y fase $\phi = 0$, producirá una salida formada por bandas estrechas correspondientes a una frecuencia central f y varios armónicos dados por $2f$, $3f$, etc, con una fase $\phi \neq 0$ debido a retrasos en el procesamiento del estímulo por parte del CNS.



Introducción teórica - SSVEPs

Consideraciones

- ¿Es lo mismo prender todos los leds del Módulo de Control o Joystick de una sola vez o es mejor que los grupos de LEDs de cada comando no se prendan todos juntos sino de manera alternada?
- ¿Importa cómo se dispongan los LEDs? ¿Importa la distancia entre LDEs?
- ¿Es importante estar enfocados y prestando atención?
- Si generamos estímulos senoidales de la misma frecuencia, pero corridos en fase, ¿es posible diferenciar sus respuestas?
- Y mas!

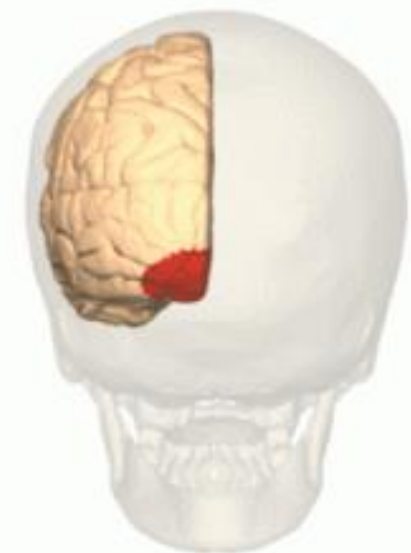
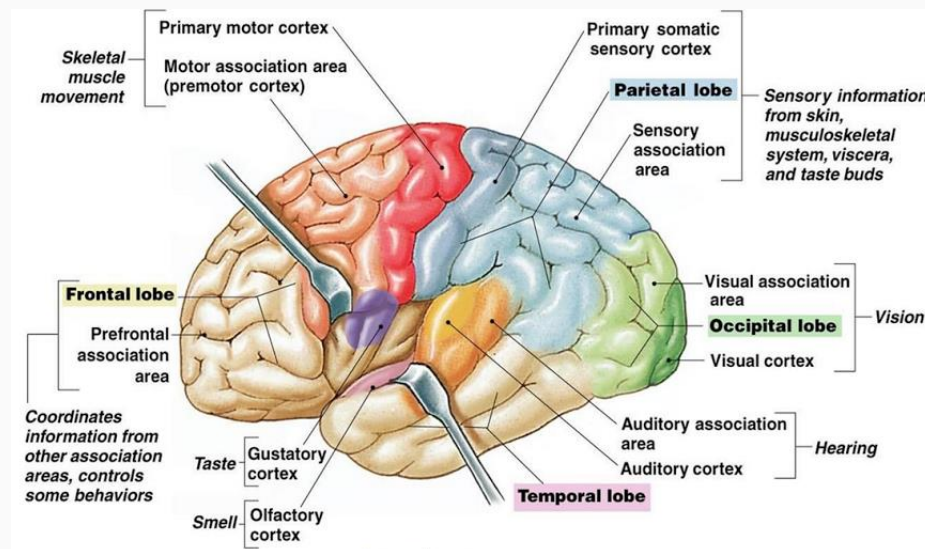


Introducción teórica - SSVEPs

Registro de SSVEPs

El procesamiento de la visión se realiza en los lóbulos occipitales de cada hemisferio.

La corteza visual recibe información proveniente de la retina y la procesa. El área de asociación visual es la encargada de asociar e interpretar lo que vemos.

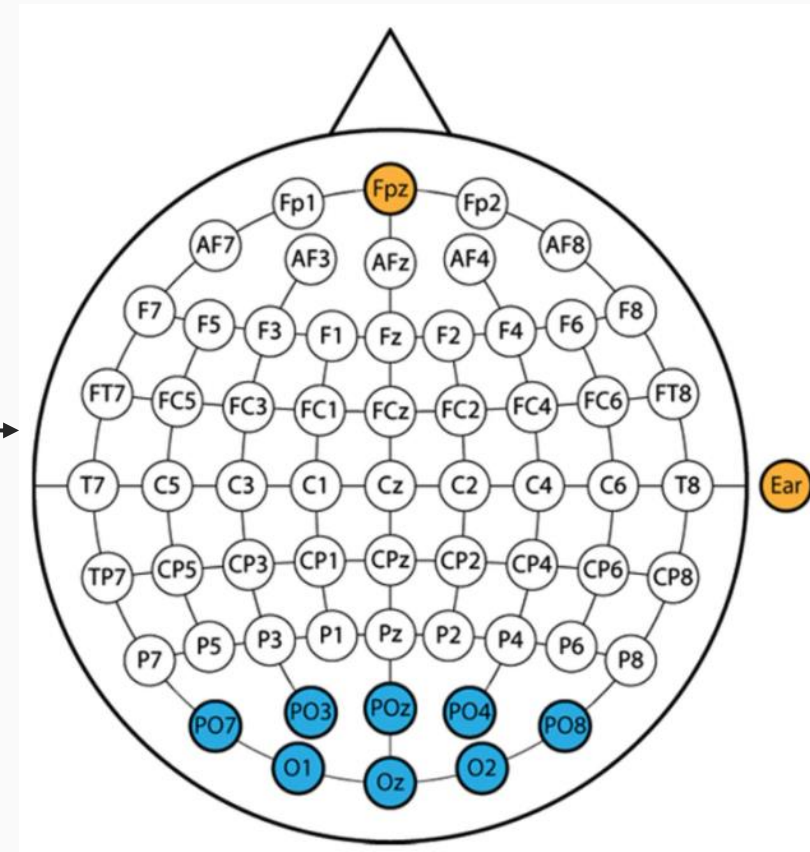
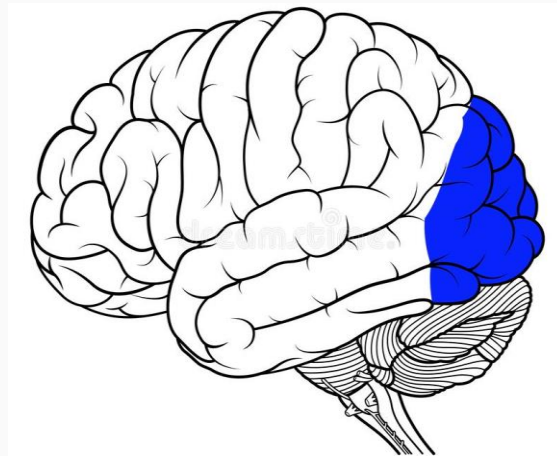


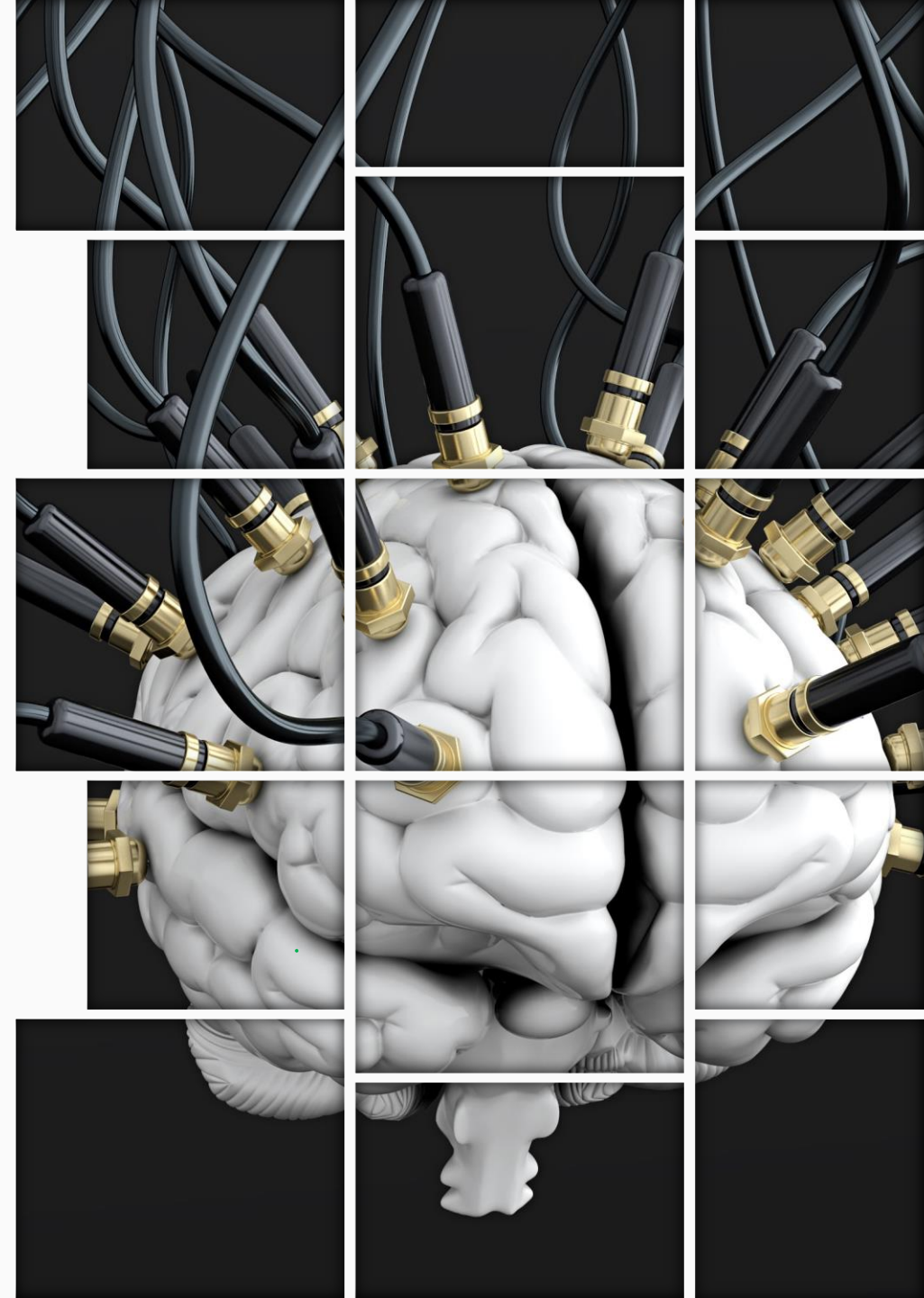
Introducción teórica - SSVEPs

Registro de SSVEPs

¿Dónde vamos a colocar los electrodos de registro?

Sobre la región Occipital del cuero cabelludo.

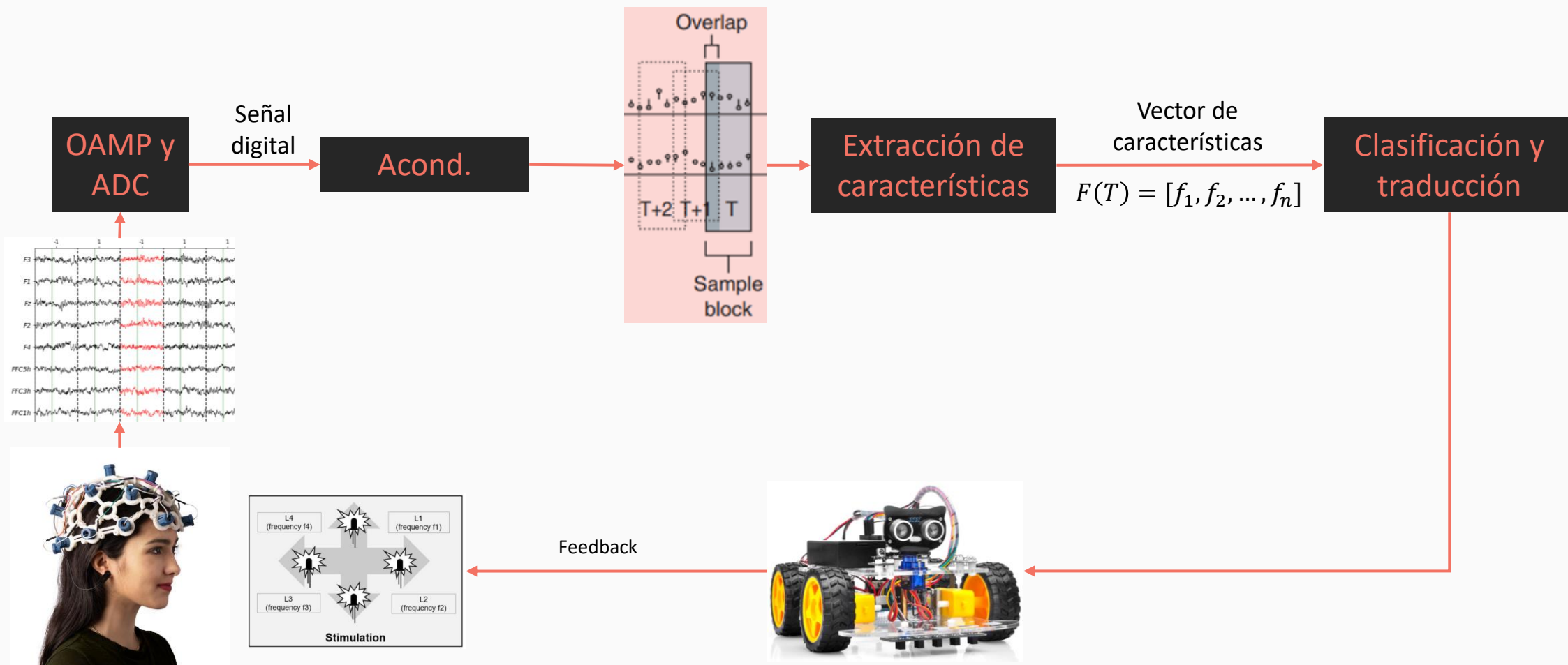




Procesamiento de SSVEPs

Diagrama de bloques

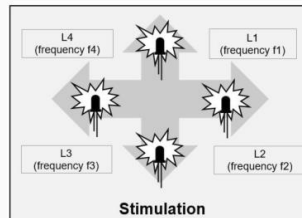
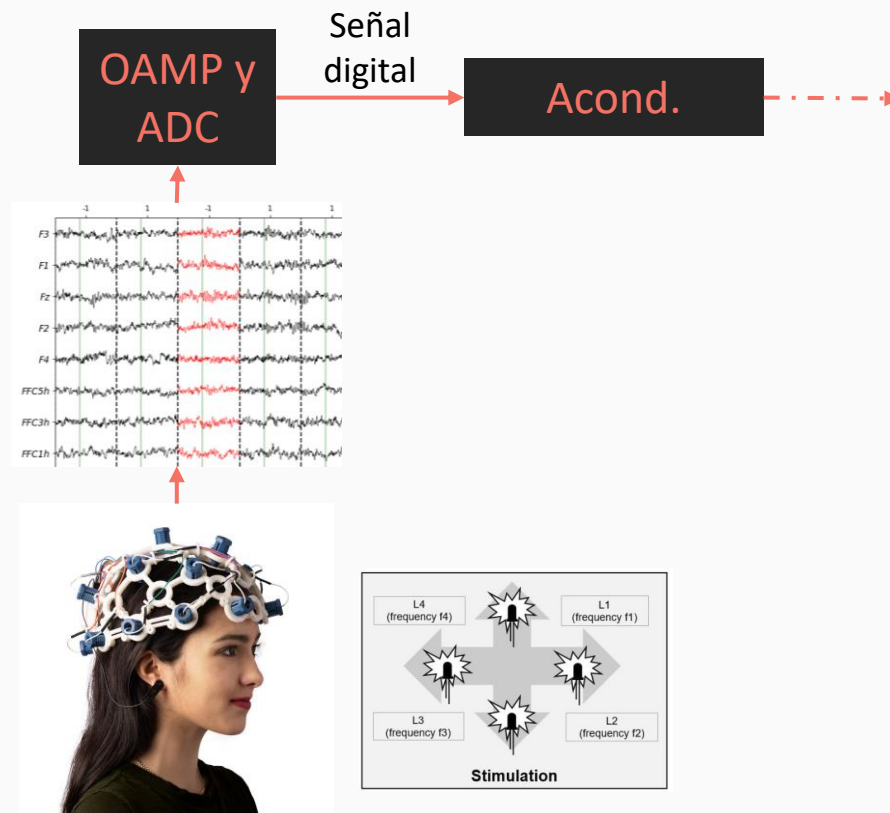
Desde la adquisición hasta la clasificación.



Procesamiento de SSVEPs

Acondicionamiento

El acondicionamiento consiste en tomar nuestra señal digitalizada y procesarla para acotar su ancho de banda, eliminar posibles artefactos de movimientos, ruido de línea, entre otros.



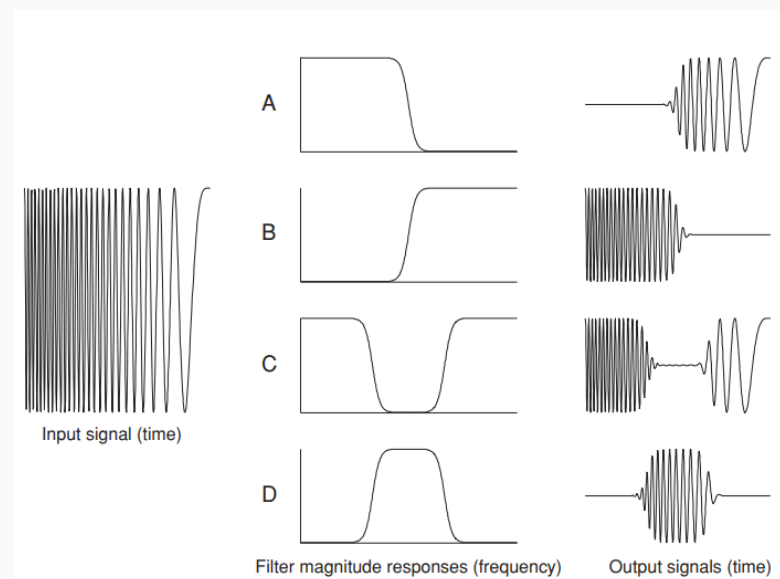
Procesamiento de SSVEPs

Acondicionamiento

Para el pre acondicionamiento utilizaremos filtros digitales. Son “simplemente” una suma ponderada de las muestras de nuestra señal.

$$y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k]$$

- FIR: No utiliza información del pasado.
- IIR: Utiliza información de muestras pasadas.



Procesamiento de SSVEPs



Veamos algo de código

¿Cómo esta organizada la información?

Los datos de registro de EEG de cada sujeto se encuentran en un arreglo de la forma,

$$EEG^{[Blancos \times Canales \times Muestras \times Trials]}$$

Donde,

- Blancos: Son los target a donde se enfocó el usuario. [9.25, 11.25, 13.25, 9.75, 11.75, 13.75, 10.25, 12.25, 14.25, 10.75, 12.75, 14.75][Hz]. Son 12 blancos.
- Canales registrados: Son 8 en total.
- Muestras: Cantidad de muestras registradas. Multiplicando la cantidad de muestras por el período de adquisición obtenemos el tiempo (en segundos) que dura mi señal.
- Trials: Hace referencia a la corrida. En este experimento se realizaron 15 trials por cada blanco o target.

¿Si quisiera graficar la señal de EEG correspondiente al blanco de 11.25Hz, del canal 5 y el trial 6?

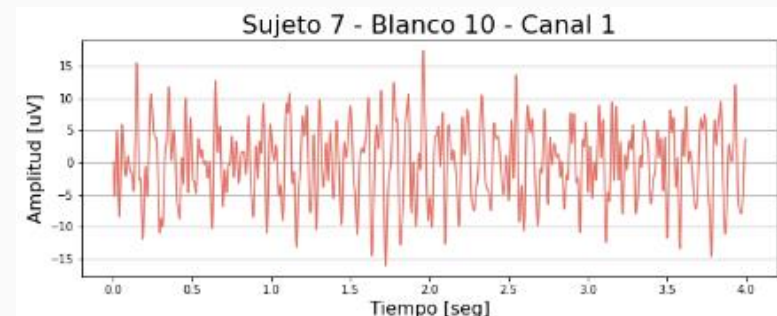
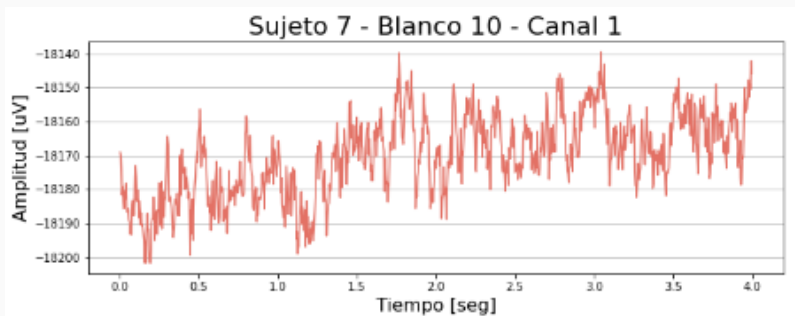
Procesamiento de SSVEPs

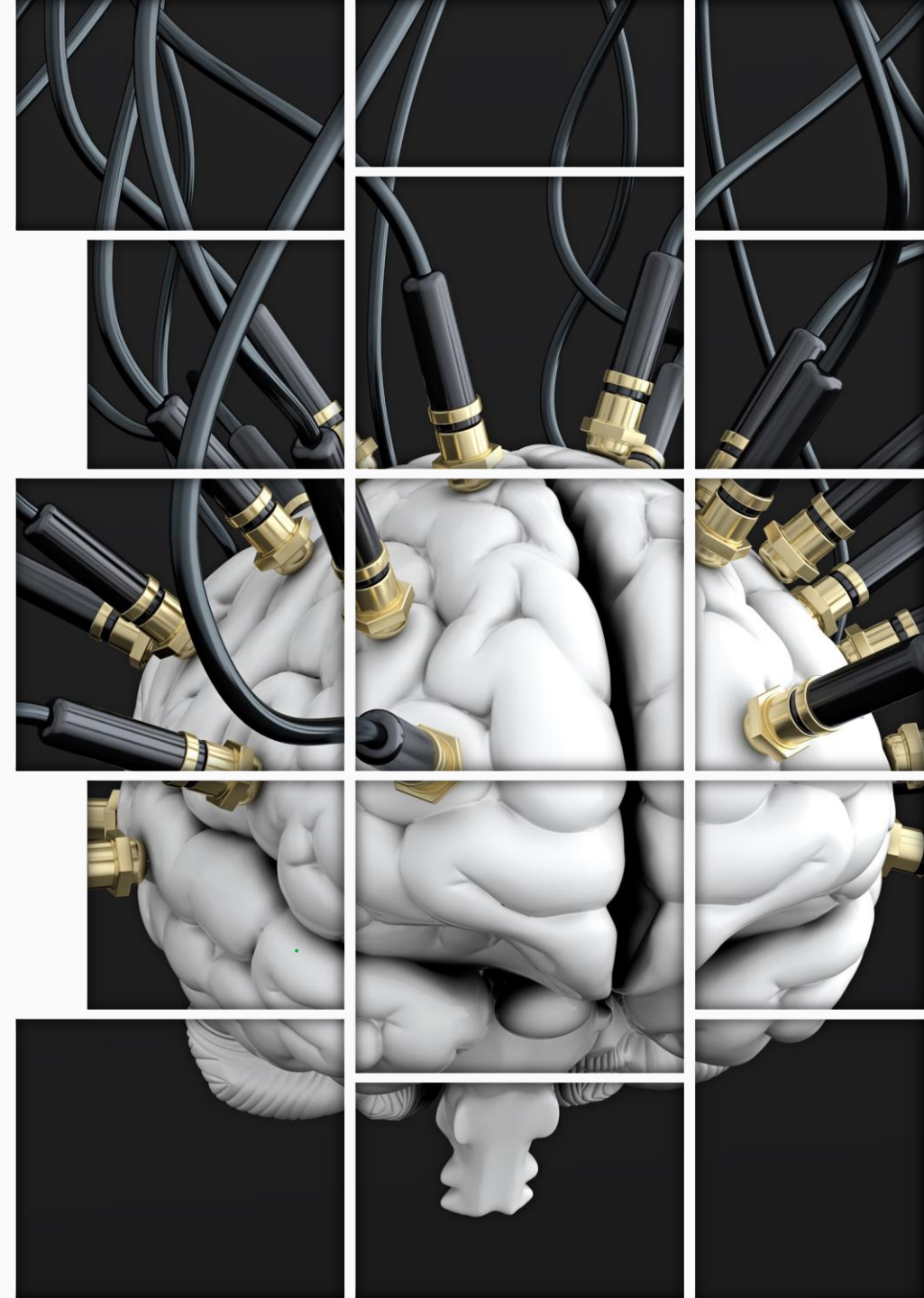
Filtrando y graficando mi señal de EEG



Vamos a cargar nuestro set de datos y a filtrarlo mediante un filtro Butterworth de 4to orden mediante el paquete *scipy.signal* de Python. Frecuencias de corte a probar, $[0.5Hz, 40.0Hz]$ y $[5.0Hz, 80.0Hz]$, también pueden probar otras frecuencias de corte.

- Cargar datos para sujeto 2 y 8.
- Graficar los canales de EEG para ambos sujetos con y sin filtro. Comentar qué características y qué diferencias tienen.
- Si se aumenta el orden del filtro, ¿mejora el filtrado de la señal? ¿Se ve alguna diferencia significativa?







Procesamiento de SSVEPs

FFT y gráfica del espectro de la señal de EEG

Para observar el contenido frecuencial de una señal en tiempo discreto podemos aplicar la Transformada de Fourier Discreta (DFT) –u otra técnica, como Wavelet-.

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j\frac{2\pi}{N}kn} = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \left[\cos\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) - j\sin\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) \right]$$

Para aplicar la DFT deben cumplirse algunas condiciones, entre la más importante tenemos que nuestra señal sea **periódica, estacionaria, discreta y finita en el tiempo**.

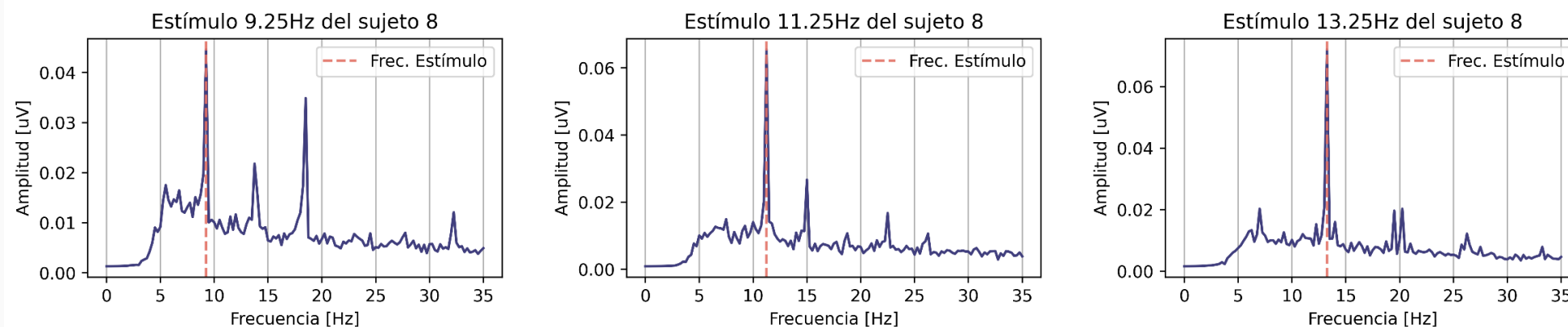
La señal de EEG es **no estacionaria**. ¿Entonces?

Procesamiento de SSVEPs

FFT y gráfica del espectro de la señal de EEG

Para obtener el espectro de frecuencias de las señales utilizaremos la, la cual computa la DFT en una dimensión.

El algoritmo que utilizaremos aplica un “ventaneo” en el dominio temporal con solapamiento para obtener una cierta cantidad de “segmentos” de mi señal original, luego a cada segmento se le aplica `numpy.fft.fft`. Esto lo realizamos con el método `segmentingEpochs()` el cual lo encontrarán en los repositorios de cada equipo.



Procesamiento de SSVEPs

FFT y gráfica del espectro de la señal de EEG

El método utilizado se llama *getSpectrum()*. El mismo se encuentra en el repositorio compartido a cada equipo.

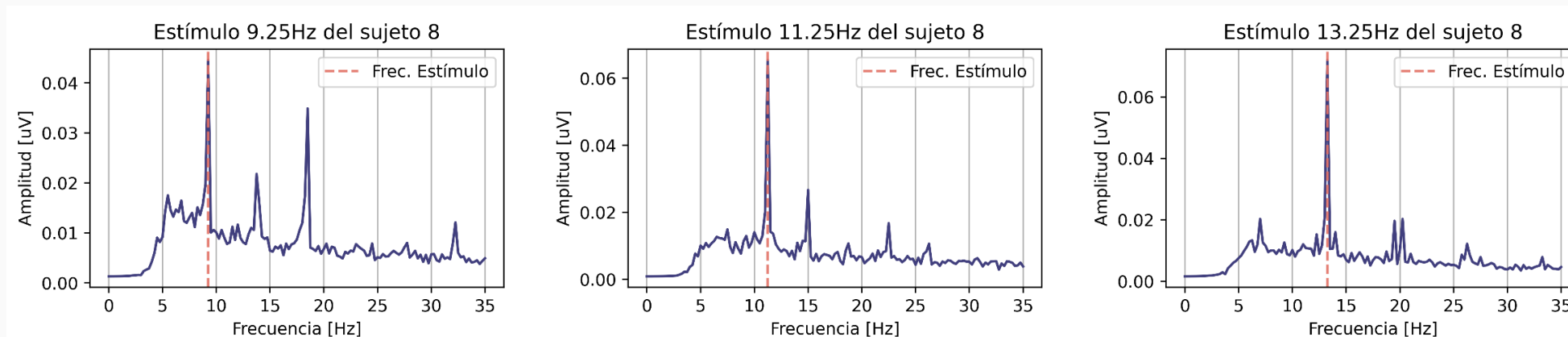
Obtener los espectros de frecuencia para los sujetos 2 y 8 en los canales 1, 2, 3 y 4.

¿Cuáles son las diferencias que pueden verse?

¿Es posible discriminar entre cada estímulo?

¿Qué observaciones se pueden hacer respecto de los armónicos?

¿Es nítida la diferencia entre estímulos para ambos sujetos? ¿Y entre canales?



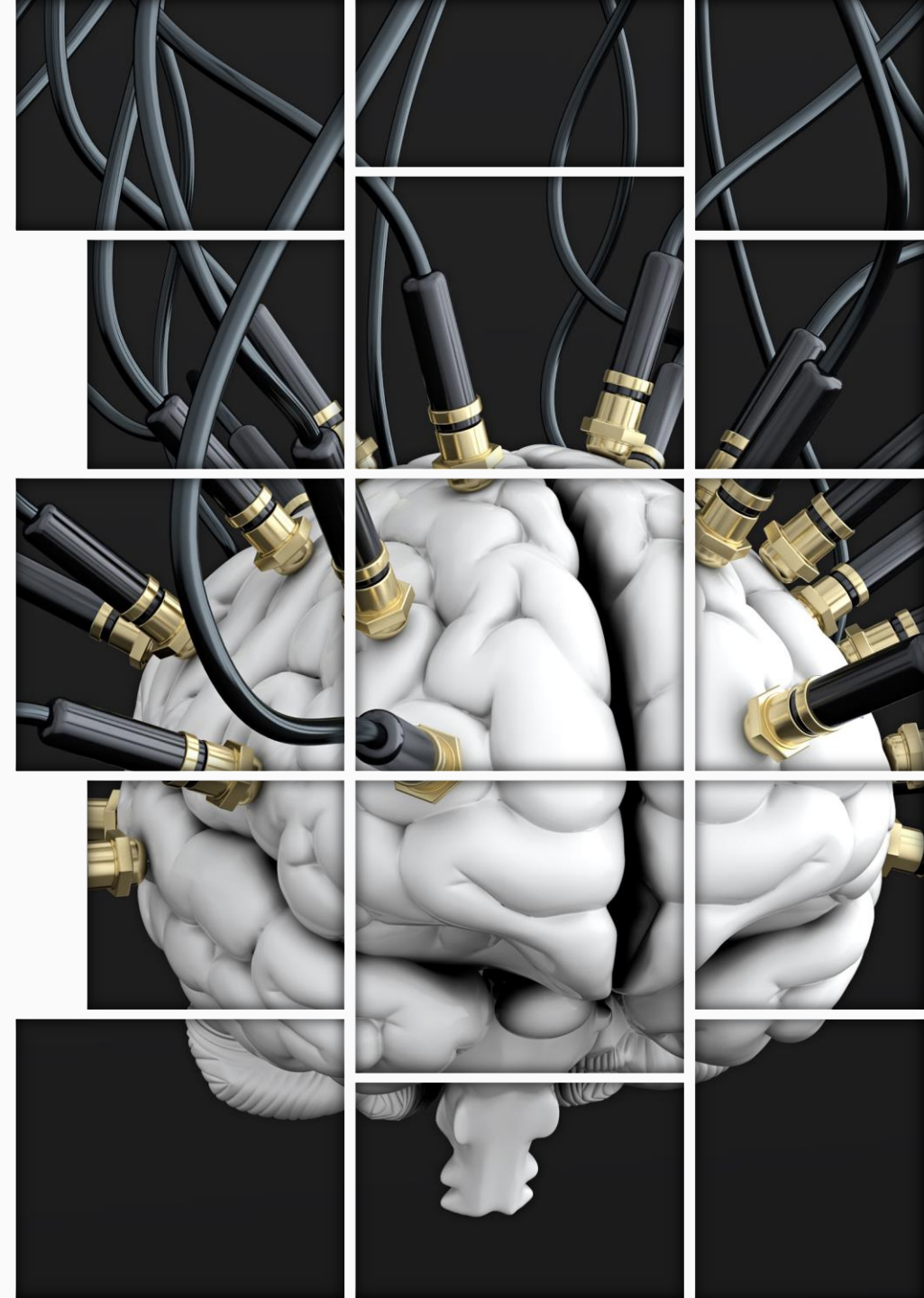
¿What next?

Desafíos

- Existen herramientas para el procesamiento online. Las iremos conociendo en estos meses.
- Es recomendable indagar en repositorios ya existentes. Es clave poder adquirir y graficar la señal de EEG obtenida por la placa de adquisición OpenBCI, para esto utilizaremos la librería *OpenBCI_Python*.
- Luego de adquirida la señal, debemos pre procesarla en tiempo online –no tiene mayores inconvenientes-.
- Una vez pre procesada deberán ver **cuales métodos aplicar para obtener las características de las señales obtenidas para poder clasificarlas y obtener un comando.**



¿Preguntas?





Bibliografía

- *“Brain Computer Interfaces, a Review”*. Luis Fernando Nicolas-Alonso and Jaime Gomez-Gil. Department of Signal Theory, Communications and Telematics Engineering, University of Valladolid, Valladolid 47011, Spain;
- *“Brain Computer Interfaces: Principles and Practice”*. Wolpaw Jonathan. Oxford. Published by Oxford University Press, Inc. 2012.
- *“How many people could use an SSVEP BCI?”*. Christoph Guger, et al. Front. Neurosci., 19 November 2012.
- *“Transient and steady-state VEPs”*. Shozo Tobimatsu. Department of Clinical Neurophysiology, Neurological Institute, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University. Japan. 2002.
- *“The steady-state visual evoked potential in vision research: A review”*. Anthony M. Norcia y otros. Journal of Vision (2015) 15(6):4, 1–46.

Taller N°2

Introducción a la adquisición y procesamiento de SSVEP

Mtr. Bioing. Baldezzari Lucas
Profesor Encargado
Ingeniería Biomédica

