1. Frecuencias características según la etapa del cuadro epiléptico (“Sano”, “Interictal”, “Convulsión”).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Banda** | **Rango [Hz]** | **Estado típico** | **Características** |
| Delta | 0.5 – 4 | Sueño profundo o coma / crisis | Muy presente en convulsiones |
| Theta | 4 – 8 | Somnolencia / Interictal | Incremento en disfunción cortical |
| Alpha | 8 – 13 | Relajación / Estado sano | Marcado en pacientes sanos |
| Beta | 13 – 30 | Actividad mental activa | Aumenta en interictal, disminuye en crisis |
| Gamma | 30 – 50 | Procesamiento cognitivo complejo | Suele disminuir durante la convulsión |

2. Filtro pasa bajos. Su justificación.

Se eligió un filtro pasa bajos con frecuencia de corte en 40 Hz, por los siguientes motivos:

* La mayoría de las bandas relevantes para el análisis de epilepsia están por debajo de 40 Hz (Delta a Gamma).
* Por encima de 40 Hz, las señales suelen estar contaminadas con ruido muscular, artefactos eléctricos, etc.
* Esta frecuencia de corte permite preservar el contenido informativo y limpiar la señal.

**Ver gráfico frecuencia vs. Atenuación.**

**Al hacer la correlación estamos haciendo una convolución. Y llegando a 0, debería ser máxima, porque ahí es donde todos los valores coinciden.**

El filtro aplicado fue Butterworth de orden 5, que presenta una respuesta suave y sin mucha distorsión de fase gracias al uso de **“filtfilt”**.

Butterworth es un tipo de filtro pasa banda que se caracteriza por una respuesta en frecuencia suave y sin ondulaciones en la banda pasante, lo que l o hace útil cuando se quiere preservar la forma de la señal sin introducir distorsiones abruptas.

Cuando se aplica mediante la función filtfilt() en SciPy, el filtrado se realiza en dos pasadas: hacia adelante y hacia atrás, eliminando el desfase que típicamente introduce un filtro causal.

El orden 5 del filtro está relacionado con la pendiente de atenuación. Así y a manera de ejemplo, un filtro Butterworth de orden 5 tiene una transición más abrupta entre la banda pasante y la banda de atenuación que uno de orden 2.

3. Transformada de Fourier.

Se aplicó la FFT a las señales filtradas con el pasabajos. Las diferencias esperadas y observadas son:

Señal 1 – Sano.

* Pico prominente en banda Alpha (8-13 Hz). La actividad eléctrica cerebral rítmica típica.
* Componentes de beta también presentes, que muestran un señal activa y saludable.
* Ruido bajo en frecuencias bajas, lo que indica la ausencia de componente caótico.

Señal 2 – Interictal.

* Disminución de frecuencias Alpha.
* Aumento de componentes en theta (4-8 Hz), lo que indicaría una disfunción leve.
* Menor sincronización de la actividad cerebral, manifestado en un espectro menos definido.

Señal 3 – Convulsión.

* Gran presencia en banda delta (menos a 4 Hz), denotando una actividad eléctrica cerebral lenta y caótica.
* Espectro amplio y desorganizado en dicha actividad.
* Presencia difusa de componentes en todo el rango de 0.5-30 Hz.

4. Densidad espectral de potencia y análisis por bandas.

El análisis de Densidad Espectral de Potencia (PSD), permite ver cómo se distribuye la potencia de una señal a través de las frecuencias. No sólo indica qué frecuencias están presentes, sino cuánta energía tiene cada una.

Por ejemplo, si una vibración tiene un pico fuerte en 30 Hz, el PSD muestra que la mayor parte de la energía está concentrada ahí, lo cual puede indicar una resonancia, una frecuencia de fallo, etc.

PSD vs. FFT

* La FFT muestra amplitudes (o magnitudes) en frecuencia.
* El PSD muestra una medida energética más robusta (usualmente en unidades como g2/Hz o V2/Hz). ¿Por qué al cuadrado? Porque la potencia o energía están relacionadas con el cuadrado de la amplitud. ¿Por qué dividido por Hz? Porque muestra cuánta energía hay en cada unidad de frecuencia, siendo útil para diagnosticar fallas en una frecuencia determinada.

La PSD confirmó lo siguiente:

* Señal 1 (“Sano”): potencia predominante en aplha y beta.
* Señal 2 (“Interictal”): mayor proporción en theta, menor en Alpha.
* Señal 3 (“Convulsión”): gran parte de la potencia en delta.

5. Autocorrelación.

* Señal sana: autocorrelación rítmica y decae lentamente: señal periódica y organizada.
* Señal interictal: decaimiento más rápido, patrones menos definidos.
* Señal convulsiva: poca periodicidad, autocorrelación con forma errática.

Esto refleja el grado de sincronización neuronal: más alto en el estado sano, menor durante una crisis.

Bibliografía consultada.

https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4788132.pdf

Video presentación de resolución del trabajo práctico número uno de Análisis Numérico correspondiente al ciclo lectivo 2025.

Para la resolución de este primer trabajo práctico de Análisis Numérico año 2025,hemos recibido tres archivos que contenían lecturas de señales de electroencefalogramas, correspondientes a distintas fases del ciclo de la epilepsia, a saber: sano, interictal y convusión.

La frecuencia de muestreo de las señales fue informada: 173.61 herzios.

Para analizar las señales, aplicamos un filtro pasa bajos en 40 herzios, frecuencia límite en la cual la señal del electroencefalograma no está contaminada por ruidos musculares, ni aparatos eléctricos del entorno.

Para llevar las lecturas desde el dominio del tiempo al dominio de las frecuencias, utilizamos la transformada rápida de fourier.

Hicimos una análisis luego de la potencia espectral, lo que nos permitió determinar en qué frencuencias se concentraba más energía en la señal, y hacer una comparativa entre la fase de “sano” versus la interictal y la convulsión.

Finalmente, calculamos la autocorrelación. Al ser una operación de convolusión, llegando a cero tiende a ser máxima, porque allí es donde todos los valores confluyen.

Las dificultades que se nos presentaron al momento de la resolución estuvieron vinculadas a cuestiones organizativas, por una parte, y técnicas por la otra. Aspectos que fueron resueltos, creemos, postivamente.

En cuanto a los aspectos destacados para la resolución, la herramienta fundamental fue la transformada de Fourier en tiempo discreto, utilizando la librería Scipy provista por el lenguaje Python.

Conforme lo planteado al inicio, y gracias al uso del pasabajos, las conclusiones arribadas permiten afirmar qué: en el ciclo sano, la energía se concentra en frecuencias más bajas; en el interictal la distribución es dispersa, y en la convulsión la distribución es caótica.

La densidad espectral de potencia mostró que hay mayor energía en frecuencias inusuales respecto a la fase sano.

La autocorrelación mostró que la fase sana presenta patrones periódicos.

Muchas gracias por su atención.