

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

Resumen

Este informe presenta el análisis estadístico de señales EEG provenientes de dos grupos poblacionales: sujetos sanos (grupo control) y pacientes con enfermedad de Parkinson. El objetivo principal fue determinar si existen diferencias significativas en la energía de las señales EEG entre ambos grupos, lo cual podría contribuir a la caracterización fisiopatológica de la enfermedad. Para ello, se calcularon las energías promedio por canal y se realizaron comparaciones estadísticas. Se encontraron diferencias significativas en varios canales, lo que respalda el uso de la energía EEG como biomarcador potencial.

Introducción

La enfermedad de Parkinson es una afección cerebral que causa trastornos del movimiento, mentales y del sueño, dolor y otros problemas de salud. La enfermedad de Parkinson empeora con el tiempo. Aunque no hay cura, los tratamientos y los medicamentos pueden reducir los síntomas. Algunos síntomas comunes son los temblores, las contracciones musculares dolorosas y la dificultad para hablar. La enfermedad de Parkinson da lugar a altas tasas de discapacidad y hace necesaria la atención. Muchas personas con la enfermedad de Parkinson también acaban padeciendo demencia. La enfermedad suele afectar a personas mayores, pero también puede darse en las más jóvenes, y suele afectar más a hombres que a mujeres.

Se desconoce qué causa la enfermedad, pero el riesgo de padecerla es mayor en las personas con antecedentes familiares. La exposición a la contaminación atmosférica, los plaguicidas y los disolventes puede aumentar el riesgo. [1]

El síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW), un trastorno cardíaco congénito, se presenta con un patrón electrocardiográfico (ECG) distintivo, y su reconocimiento rápido es necesario para reducir la morbilidad y la mortalidad que puede acompañarlo, ya que múltiples estudios muestran un riesgo asociado de muerte súbita cardíaca. Dado que el WPW se diagnostica principalmente mediante la realización de un ECG, y aunque los algoritmos de interpretación computacional para electrocardiogramas han avanzado desde la creación del ECG, los estudios de Alpert y Estes concluyeron que persisten errores en estas interpretaciones computarizadas. Por lo tanto, para reducir la posibilidad de diagnósticos erróneos de WPW, es imperativo optimizar las interpretaciones de los ECG mediante la búsqueda de modelos eficaces que puedan detectar este trastorno con precisión. [2]

El electrocardiograma es una prueba que registra la actividad eléctrica del corazón que se produce en cada latido cardíaco. Esta actividad eléctrica se registra desde la superficie corporal del paciente y se dibuja en

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

un papel mediante una representación gráfica o trazado, donde se observan diferentes ondas que representan los estímulos eléctricos de las aurículas y los ventrículos. El aparato con el que se obtiene el electrocardiograma se llama electrocardiógrafo. [3]

Para la recogida de la actividad eléctrica por el electrocardiógrafo, se necesita que sobre la piel del paciente se coloquen una serie de electrodos (normalmente 10), que irán unidos hasta el electrocardiógrafo por unos cables. Con 10 electrodos se consiguen obtener 12 derivaciones, es decir, se dibujan en el papel 12 trazados de los impulsos eléctricos del corazón desde diferentes puntos del cuerpo. Se pueden obtener derivaciones extra si se añaden más electrodos a la superficie corporal, pero el electrocardiograma básico debe constar como mínimo de 12 derivaciones. El electrocardiograma de una persona sana presenta un trazado particular; cuando aparecen cambios en ese trazado el médico puede determinar si existe un problema.[3]

Se usa para medir el ritmo y la regularidad de los latidos, el tamaño y posición de las aurículas (representada por la onda P) y ventrículos (representada por el complejo QRS), cualquier daño al corazón y los efectos que sobre él pueden tener ciertos fármacos o dispositivos implantados en el corazón (como marcapasos). Las alteraciones en el trazado son imprescindibles para la detección y análisis de las arritmias cardiacas. [3]

La energía en un intervalo finito en tiempo discreto se calcula como la sumatoria del módulo cuadrado de la señal en ese intervalo.

$$E_n = \sum_{n=n_1}^{n_2} |x[n]|^2.$$

Estudios previos sugieren que las características energéticas de estas señales pueden estar alteradas en pacientes afectados. La energía en las señales EEG se relaciona con la cantidad de actividad eléctrica registrada en un canal durante un periodo de tiempo, y puede interpretarse como una medida indirecta de la excitabilidad neuronal. Cambios en la energía pueden reflejar alteraciones funcionales en regiones cerebrales específicas, lo que la convierte en un parámetro relevante para el estudio de enfermedades neurológicas. [4]

Metodología.

Para el desarrollo de esta práctica se utilizaron señales EEG provenientes de archivos .mat correspondientes a dos grupos de sujetos: uno control (sin patología neurológica) y otro conformado por pacientes diagnosticados con enfermedad de Parkinson. Cada archivo representa un sujeto y contiene un arreglo tridimensional de datos EEG con dimensiones (canales x muestras x épocas). El procesamiento y análisis se realizaron en Python utilizando librerías especializadas como NumPy, SciPy, Pandas, Seaborn y

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

Matplotlib. La metodología constó de los siguientes pasos:

1. **Carga de Datos:** Se recorrieron las carpetas que contenían los archivos de cada grupo y se cargaron los datos mediante la función `scipy.io.loadmat`, que permite importar archivos en formato MATLAB.
2. **Cálculo de Energía:** Se implementó una función personalizada denominada `calcular_energia_promedio`, que toma como entrada un arreglo de señales de múltiples canales y épocas. Esta función aplica la fórmula matemática de energía, operando sobre el eje temporal (muestras) y luego promediando por época. La operación se realizó utilizando funciones de NumPy como `np.sum` y `np.mean`.
3. **Almacenamiento de Resultados:** Los vectores de energía por canal calculados para cada sujeto fueron almacenados en objetos **DataFrame** de Pandas, organizados con filas correspondientes a sujetos y columnas correspondientes a canales EEG.
4. **Verificación de Supuestos Estadísticos:** Se evaluó la normalidad de los datos mediante la función `scipy.stats.shapiro` (prueba de Shapiro-Wilk), y la homocedasticidad mediante `scipy.stats.levene`. Estas pruebas permitieron determinar si se podían aplicar métodos paramétricos.

5. **Comparación Estadística:** Según los resultados de los supuestos, se aplicó:

- `scipy.stats.ttest_ind` para la prueba t de Student (si se cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas).
- `scipy.stats.mannwhitneyu` para la prueba U de Mann-Whitney (si no se cumplían los supuestos).

6. **Visualización:** Se graficaron los resultados de energía por canal utilizando diagramas de caja (**boxplots**) generados con la librería Seaborn. Esto permitió observar la distribución de valores y comparar visualmente las diferencias entre los grupos.

Esta metodología permitió establecer un enfoque reproducible y riguroso para evaluar si existen diferencias sistemáticas en las características energéticas de las señales EEG entre los grupos de estudio.

Análisis y Resultados.

Para el primer apartado se calcularon el valor cuadrático medio (RMS) de la señal `signals.mat`. Corresponde a señales de ECG y EMG. Las señales se adquirieron a una tasa de muestreo de 1024 Hz. El registro correspondiente a las señales tal cual se registraron corresponde al campo **asRecording** de los archivos entregados. Las señales se sometieron a un proceso de filtrado el cual corresponde al campo `filtered`.

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

Obteniendo como resultado **RMS de la señal ECG: 4392.9682937490725** y **RMS de la señal ECG: 3156.0533120007753**.

Para la segunda se realizó el análisis gráfico de estas señales, como se muestra en las figuras entregadas, proporcionando una interpretación visual inmediata del comportamiento de las señales. En la primera gráfica se observan dos señales crudas: ECG y EMG (**Figura 1**). La señal ECG presenta un patrón periódico que evidencia la actividad cardíaca, con picos pronunciados correspondientes a los complejos QRS. Su amplitud es elevada, lo que indica que aún no se ha realizado un proceso de normalización. Por otro lado, la señal EMG es más caótica, con variaciones más abruptas en amplitud, reflejo de la contracción y relajación muscular durante el experimento. La presencia de este ruido no implica error, sino que es inherente a la fisiología muscular.

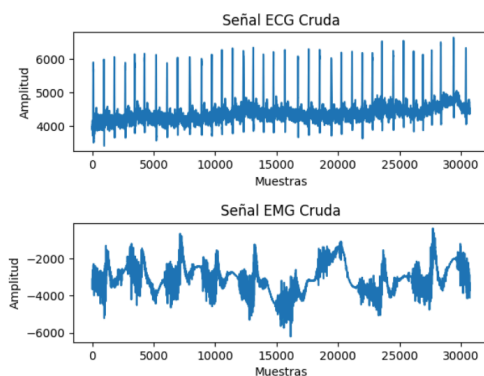


Figura 1. Gráfica de la señal del ECG y EMG

Para el análisis estadístico y estacionario de la señal ECG se aisló las señales crudas y señales filtradas de esta, de cada una se extrajo un ciclo cardíaco y

se obtuvieron sus propiedades estadísticas como el promedio, el valor RMS, la varianza y la desviación estándar

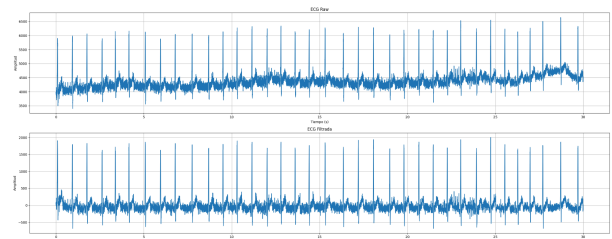


Figura 2. Gráfica de la señal del ECG cruda y filtrada

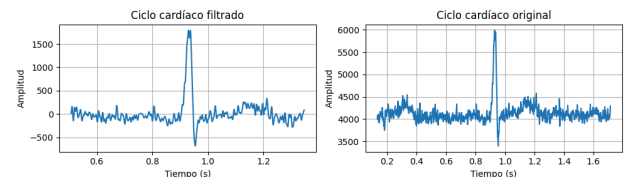


Figura 3. Ciclo cardíaco extraído de la señal cruda y la filtrada

	Promedio	RMS	Varianza	Desviación estándar
Señal original	4132.5333	4138.9921	53424.0135	231.1364
Señal filtrada	9.1730	290.7665	84461.0240	290.6218

Tabla 2. Propiedades estadísticas de ciclos cardíacos extraídos

En la señal ECG sin filtrar, se evidencian valores elevados en el promedio, probablemente debido a su offset que se puede evidenciar los 4mv, lo que aleja la señal de un valor más estable al cero. Asimismo, el valor RMS, indicador de la energía total, también es alto, reflejando la presencia significativa de ruido o artefactos, ya sea por movimientos, interferencias o actividad fisiológica. Esto también provoca un aumento en la varianza y

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

la desviación estándar, producto de las variaciones del voltaje.

Tras aplicar el filtrado, se reduce tanto el promedio como el RMS, gracias a la eliminación del offset y la corrección de la pendiente en la línea base, además de remover frecuencias fuera del rango útil del ECG (0.5 - 40 Hz).

Siguiendo con el análisis, de la señal con el filtro aplicado, se extrajeron 15 ciclos cardíacos y se obtuvo una gráfica de la variación de estas.

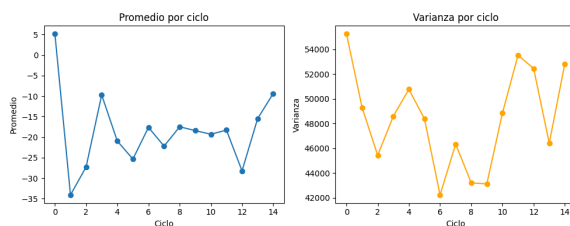


Figura 4. Promedia y varianza de los 15 ciclos cardíacos

Al observar los ciclos extraídos, se nota que presentan características morfológicas similares. Sin embargo, al analizar sus propiedades estadísticas, como el promedio y la varianza, se evidencian diferencias significativas entre ciclos. Esto indica que la señal no conserva sus propiedades estadísticas a lo largo del tiempo, lo cual sugiere que se trata de una señal no estacionaria, por ende se realizaron pruebas para determinar si es estacionaria o no, mediante primero pruebas de normalidad (shapiro-wilk), homocedasticidad (U de Mann-Whitney) y finalmente la prueba de Dickey-Fuller y KPSS para la estacionariedad.

Los análisis estadísticos realizados indican que los ciclos presentan una varianza constante (homocedasticidad) en ambos casos; sin embargo, se observó que no siguen una distribución normal. Además, al aplicar la prueba U de Mann-Whitney, se detectaron diferencias significativas entre los ciclos, con un p-valor cercano a 0.0000, lo que sugiere que características como la media y la varianza varían con el tiempo. Esta información se confirma con las gráficas estadísticas previas. Es importante destacar que este comportamiento no estacionario es común en señales ECG y puede estar relacionado con cambios naturales en el ritmo cardíaco o en el estado fisiológico de la persona. Aunque la prueba de homocedasticidad fue positiva, la prueba U de Mann-Whitney, al ser negativa, no permite concluir de manera definitiva si la señal es estacionaria o no.

Ahora bien, la prueba de Dickey-Fuller evalúa si una señal es estacionaria a lo largo del tiempo. A través del análisis estadístico, se observó que existían diferencias temporales, lo cual fue evidenciado tanto por la prueba U de Mann-Whitney como por las gráficas estadísticas de la varianza y el promedio por ciclo. Los resultados de la prueba de Dickey-Fuller sugieren que la señal del ECG filtrado es estacionaria. Sin embargo, para confirmar la hipótesis sobre la estacionariedad de la señal, se utilizó la prueba KPSS, que plantea hipótesis contrarias a las de Dickey-Fuller. Finalmente, la prueba KPSS también confirma que la señal es estacionaria, respaldando los resultados obtenidos con la prueba de Dickey-Fuller.

Después de analizar los datos obtenidos del ECG se procede a realizar un análisis estadístico

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

En las gráficas subsecuentes, se observa una representación de los nuevos datos, los pacientes control y los pacientes con parkinson con múltiples señales superpuestas, posiblemente de diferentes canales y/o sujetos (**Figura 2**), lo que sugiere que ya se ha aplicado algún proceso de transformación, como la normalización o incluso una reducción de dimensionalidad (por ejemplo, mediante Análisis de Componentes Principales, PCA).

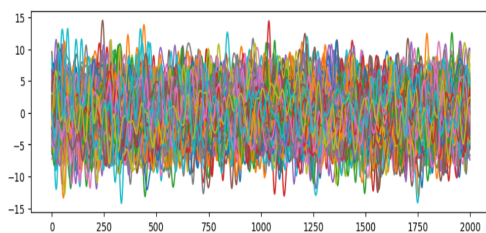


Figura 5. *Gráfica de la señal*

Finalmente, la tercera gráfica evidencia una señal individual ya suavizada o condensada, que puede representar una característica específica extraída del conjunto de datos originales, tal como una media por canal o una componente principal destacada.

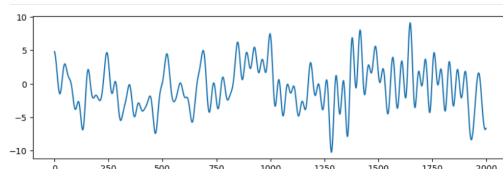


Figura 6. *la señal redimensionada*

En conjunto, este pipeline permite visualizar de forma progresiva el tratamiento de las

señales crudas hacia un formato más interpretable y útil para la toma de decisiones clínicas o investigaciones biomédicas. Cada paso está justificado por la necesidad de estructurar, limpiar y representar datos complejos en un formato que permita la comparación intersujetos e intergrupos. La combinación de procesamiento computacional y visualización efectiva convierte este enfoque en una herramienta poderosa para el análisis de enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson. En las tablas generadas a partir del procesamiento de los datos, se observa una clara tendencia en la distribución de los valores de energía. Para los sujetos del grupo control, los valores por canal se mantienen constantes entre individuos, lo que sugiere una homogeneidad en las condiciones de adquisición de los datos o, alternativamente, la utilización de un promedio por época que estandariza los valores por sujeto. La energía en este grupo es, en general, superior a la observada en los sujetos con Parkinson, especialmente en los canales 1 al 4, que podrían estar relacionados con señales musculares o de mayor variabilidad voluntaria.

En la **Tabla 3** se observa la energía promedio de las señales EEG para 36 sujetos sanos, a lo largo de 8 canales y múltiples épocas, a su vez, podemos ver que los valores de energía promedio entre los sujetos es muy diferente, mostrando que algunos sujetos como el 18 o el 27 tienen valores de energía mucho más elevados que el resto de los sujetos, mientras que otros mucho más baja como el sujeto 6 o el 9. Por lo cual no se aprecia una tendencia

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

clara de dominancia de algún canal específico de forma constante entre todos los sujetos.

resulta necesario realizar un análisis estadístico.

Energía por épocas y canales de los sujetos en el archivo de Control

	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
Sujeto 1	21465.650358	20985.907912	22760.149588	18505.640284	29730.163026	25244.158073	22781.327587	24658.599512
Sujeto 2	15966.402868	17617.810248	20804.937129	19654.400017	16678.982063	93884.049009	66862.496275	75685.125872
Sujeto 3	14148.673322	16283.999666	26749.932148	14270.726911	28787.445978	14661.417740	15940.154095	19499.896656
Sujeto 4	35311.301696	34916.686010	38800.429029	35427.031127	35905.472869	106598.128152	106885.573966	112520.750636
Sujeto 5	18510.829979	19738.489375	20911.792748	21828.254399	23351.992649	53086.059766	37495.972475	43067.095504
Sujeto 6	13180.109317	13925.217812	16218.994223	12324.883659	14060.300659	25767.024864	21935.759622	22827.781293
Sujeto 7	11197.554574	10948.368805	12737.004665	10745.161921	10329.642418	21461.605831	15493.212776	27414.375247
Sujeto 8	28551.124065	26204.839254	17383.998956	17244.605933	26206.372422	83370.618408	51121.105722	67852.348256
Sujeto 9	9133.036290	9214.155028	11626.411811	10809.621612	10467.879938	46336.873547	45695.801756	50086.361637
Sujeto 10	27166.556798	55107.798641	52286.884667	34682.656928	30606.119338	227045.733387	224891.029478	322172.431642
Sujeto 11	17567.465030	21738.511853	29429.308030	28530.200793	24586.407386	73273.828899	68753.985484	67962.795266
Sujeto 12	31250.507507	24222.776323	28298.111428	25378.777621	33079.452791	240835.102634	156030.040579	278095.358270
Sujeto 13	34036.502777	35276.242239	37728.034174	30403.012785	32255.024467	149804.923665	194218.587624	270161.157209
Sujeto 14	4915.062778	6105.849947	5167.552339	4137.717862	4103.995281	20359.586331	17598.962585	22292.230470
Sujeto 15	25807.598672	31148.334573	28640.385345	21025.777687	18251.804557	148225.533204	123954.279562	139100.707347
Sujeto 16	15536.232499	27171.554335	31295.123356	22037.159698	15381.977763	52433.103691	52188.150059	46071.832322
Sujeto 17	33100.991142	37083.630148	48210.820005	37758.393155	28343.182930	101170.614692	87824.803410	137143.924875
Sujeto 18	54139.262123	49105.618777	53194.129654	57224.244039	56824.702656	239662.908728	194882.004020	381633.958654
Sujeto 19	7053.495371	6483.359552	6733.630592	6466.650688	6707.361817	17285.045612	16605.010744	18350.242393
Sujeto 20	9702.573235	8310.599134	11274.177917	7138.981899	10286.070527	16151.490459	15731.296585	20956.719846
Sujeto 21	16237.836551	12899.899544	12386.284718	12167.858008	19279.941752	57768.543178	53582.356717	68859.298874
Sujeto 22	13352.558858	12079.042337	12056.752677	13537.102609	13418.269716	38883.704467	37960.013947	37046.836341
Sujeto 23	11920.628977	12381.108138	11545.897906	11616.229122	18658.417865	42058.456657	34417.780679	46167.748438
Sujeto 24	14798.253355	25379.940073	14356.020122	12288.656607	11694.967690	33493.547072	32447.412642	35561.860821
Sujeto 25	23331.449171	21794.167460	20057.059370	18703.362284	21191.204277	91362.046468	60904.241719	53341.328914

Tabla 3. Energía por épocas y canales de los sujetos en el archivo de Control

La Tabla 2 muestra la energía promedio de los 23 sujetos con enfermedad de Parkinson. Al igual que en el grupo control, se evidencia que existe una alta variabilidad entre los sujetos, mostrando que algunos sujetos como el 8 y el 21 tienen valores de energía promedio más elevados que los otros sujetos, por lo que no se observa a simple vista una diferencia clara entre los grupos al comparar visualmente los niveles de energía. φ

A partir del análisis descriptivo, no se identifica una diferencia clara entre los grupos Control y Parkinson en cuanto a los valores promedio de energía por canal, pues ambos presentan variabilidad por canal, por lo que

Energía por épocas y canales de los sujetos en el archivo de Parkinson

	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
Sujeto 1	12438.243570	11261.175800	10819.634775	9489.784462	12091.060945	22798.213463	23700.620349	25606.065340
Sujeto 2	17995.660058	12001.601821	12286.344400	14785.908284	17058.433161	63983.449318	53715.460772	66403.639479
Sujeto 3	38092.102574	43575.379457	41979.994799	41715.287990	46513.730745	251649.394709	179345.438488	262361.180410
Sujeto 4	23742.325612	22070.007569	24540.315612	21803.936448	22594.339745	128314.264805	128888.485633	152799.284248
Sujeto 5	48574.518921	51806.529769	73171.952374	59707.699631	56552.175747	287105.761622	222745.793414	353312.298104
Sujeto 6	16202.416566	13124.247855	13988.674335	12752.027365	15784.724049	50730.233172	50742.237835	73694.061647
Sujeto 7	10692.948223	10841.187262	12154.390086	24161.685202	14789.173543	43302.825848	42560.941845	39043.973220
Sujeto 8	12157.229828	13398.658526	17668.877657	14841.104693	11297.742247	38701.647608	41828.973929	61328.610990
Sujeto 9	9581.810471	14008.572615	9589.230257	9374.085669	8154.941858	28970.848994	40705.897395	36624.858559
Sujeto 10	23658.738825	23990.255991	30633.745996	22888.894132	19932.315538	65161.432397	60552.834862	58441.048743
Sujeto 11	23446.051598	26091.341850	36640.531850	25660.222773	31330.549186	93696.128392	67690.908167	111124.343428
Sujeto 12	48923.874237	64324.769523	85175.914992	78087.225852	65792.625436	458631.543464	400266.637762	554127.580214
Sujeto 13	14532.459483	17860.192841	30120.983497	29569.273094	30054.971601	22088.181162	18262.518633	18454.068489
Sujeto 14	29402.195610	31214.592172	30663.970154	24697.341514	25296.654765	67961.116232	74866.179511	103322.441839
Sujeto 15	22034.834171	21250.934562	27369.549841	13197.556268	18373.335858	85398.729329	59948.779883	72367.809030
Sujeto 16	33900.139101	32395.467750	29194.827407	23439.114082	25040.406700	122738.018441	103327.500981	100845.843964
Sujeto 17	17699.028112	26643.280393	32468.842059	25561.956895	23415.623101	57294.133077	54829.651258	59700.873328
Sujeto 18	31133.326257	21899.992984	17153.107641	20533.484338	31864.375631	79797.786103	74152.811380	66497.823839
Sujeto 19	49937.833324	46030.495239	46746.506684	43109.302338	42923.267828	424838.119622	283345.547804	408902.026150
Sujeto 20	16776.577493	20468.685954	25320.621029	24036.472073	20723.732743	76391.356727	60599.129053	81585.412935
Sujeto 21	32188.312555	31159.578900	32352.266891	28810.929111	25368.624860	59526.213049	66204.132354	69036.969842
Sujeto 22	10930.227074	14670.548632	21623.897909	15449.251169	13471.035295	28974.383402	31469.428045	32535.921202
Sujeto 23	16001.606312	13678.099220	16024.473570	14482.116106	14723.843472	31443.053250	28191.962386	33117.421322

Tabla 4. Energía por épocas y canales de los sujetos en el archivo de Parkinson

Por último se realizó un análisis estadístico comparativo entre grupos (control vs Parkinson). Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la energía promedio de los canales EEG entre los grupos control y Parkinson, se realizó un análisis comparativo canal por canal. Primero, se comprobó si las energías promedio seguían una distribución normal en ambos grupos mediante la prueba de **Shapiro-Wilk**. Luego, se evaluó si existía igualdad de varianzas con la prueba de **Levene**. Cuando ambos supuestos se cumplieron, se aplicó la **prueba t de Student para muestras independientes**. En caso contrario, se utilizó la **prueba no paramétrica U de Mann-Whitney**. Se consideró un resultado estadísticamente

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

significativo cuando $p < 0.05$. Los resultados se organizaron en una tabla donde se detallan: el canal evaluado, la prueba utilizada, el valor p , y si el canal mostró diferencias significativas entre los grupos. Este análisis no solo permite identificar cuáles canales contienen diferencias en la energía, sino que también sugiere que dichas diferencias pueden estar relacionadas con regiones cerebrales cuya actividad se ve afectada en la enfermedad de Parkinson. En consecuencia, los canales con diferencias significativas se proponen como potenciales biomarcadores para discriminar entre sujetos sanos y aquellos con Parkinson.

Resultados del análisis estadístico por canal:

Canal	Prueba usada	p-valor	Normalidad Control (p)	Normalidad Parkinson (p)	Varianzas iguales (p)	Diferencia significativa
0 Canal 1	Mann-Whitney U	0.4057	0.0063	0.0144	0.8848	Nc
1 Canal 2	Mann-Whitney U	0.5705	0.0040	0.0045	0.9591	Nc
2 Canal 3	Mann-Whitney U	0.4604	0.0089	0.0009	0.9776	Nc
3 Canal 4	Mann-Whitney U	0.2345	0.0002	0.0003	0.7593	Nc
4 Canal 5	Mann-Whitney U	0.5600	0.0008	0.0053	0.9046	Nc
5 Canal 6	Mann-Whitney U	0.2801	0.0000	0.0000	0.4720	Nc
6 Canal 7	Mann-Whitney U	0.1183	0.0000	0.0000	0.6179	Nc
7 Canal 8	Mann-Whitney U	0.1505	0.0000	0.0000	0.5941	Nc

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico por canal:

Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk en cada canal, se encontró que ninguna de las señales seguía una distribución normal. Ésto llevó a utilizar la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U para comparar los grupos canal por canal. Los resultados mostraron que, en todos los casos, los valores de p fueron superiores a 0.05, lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, por lo que aunque visualmente puede percibirse cierta variabilidad en los niveles de energía entre

individuos, las pruebas estadísticas revelan que esta característica por sí sola no es suficientemente para diferenciar entre sujetos sanos y pacientes con enfermedad de Parkinson, pues la prueba de Mann–Whitney U, indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la energía promedio entre sujetos sanos y pacientes con Parkinson.

Conclusiones

Parte 1

El análisis estadístico de los ciclos cardíacos extraídos demostró diferencias significativas en parámetros como el promedio y la varianza entre ciclos, lo cual sugiere un comportamiento no estacionario. Sin embargo, al aplicar pruebas específicas de estacionariedad —como Dickey-Fuller y KPSS— se confirmó que, a pesar de las variaciones entre ciclos, la señal ECG filtrada puede considerarse estacionaria.

Parte 2

A partir del análisis descriptivo, se observó una alta variabilidad en los niveles de energía promedio por canal tanto en sujetos control como en pacientes con Parkinson. Sin embargo, no se evidenció una tendencia clara que permitiera diferenciar visualmente entre los grupos.

El análisis estadístico mostró que las señales no seguían una distribución normal, por lo que se optó por pruebas no paramétricas. En todos los canales

Informe 3: Evaluación de la Energía Promedio por Canal en EEG para la Discriminación de Parkinson

Docente: Juliana Moreno Rada.

Carolina Ruiz Morales, Dina Yared Parra Romero, Cristian Tamayo Arango

13 de Abril de 2025

evaluados, los resultados de la prueba de Mann–Whitney U indicaron que no existían diferencias estadísticamente significativas en la energía promedio entre ambos grupos.

Referencias

- [1] World Health Organization: WHO y World Health Organization: WHO, «Enfermedad de Parkinson», 9 de agosto de 2023. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease>
- [2] «Log in». <https://www-sciencedirect-com.udea.lookproxy.com/science/article/pii/S0196064423010077>
- [3] Administrator, «Electrocardiograma». <https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/metodos-diagnosticos/electrocardiograma.html>
- [4] «Señales y sistemas», *proyectos.javerianacali.edu.co*. https://proyectos.javerianacali.edu.co/cursos_virtuales/pregrado/senales_y_sistemas/Lecturas/Modulo1/Unidad1/M1U1_TiposSenales.pdf