

EEG Analysis of the Influence of Sleep, Nutrition, and Emotional State in Engineering Students

Reyna Valle¹; Dany Nieto; Mónica Sequeira³; Rachel Rivera⁴; Diego Núñez⁵

^{1,2,3,4,5} Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras, elizabeth.valle@unitec.edu, danynietouni20@unitec.edu, monicasequeira@unitec.edu, arachelriv@unitec.edu, dirula2020@unitec.edu

Abstract– Courses with a mathematical component are among the primary reasons why engineering students often decide to change their major. This study explores the correlation between brain activity and academic performance in Physics courses, focusing on the differences between students who passed and those who repeated the course. Using EEG to measure brainwave patterns (Beta and Gamma waves), alongside questionnaires to assess emotional states, sleep habits, and dietary factors, the research analyzes how these variables impact concentration and anxiety levels. The results reveal that students who repeated the course exhibited higher Gamma wave amplitude and lower Beta waves, suggesting different cognitive profiles. Additionally, sleep and eating habits were found to correlate with concentration and anxiety, influencing academic performance. The study provides a novel, replicable methodology for identifying neurocognitive profiles that can help personalize educational strategies to improve student outcomes.

Keywords– Beta waves, EEG, mood states, nutrition, sleep.

Análisis EEG de la Influencia del Sueño, la Alimentación y el Estado Emocional en estudiantes de ingeniería

Reyna Valle¹; Dany Nieto²; Mónica Sequeira³; Rachel Rivera⁴; Diego Núñez⁵

^{1,2,3,4,5} Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras, elizabeth.valle@unitec.edu, danynietouni20@unitec.edu, monicasequeira@unitec.edu, arachelriv@unitec.edu, dirula2020@unitec.edu

Resumen— Los cursos con un alto componente matemático constituyen una de las principales causas por las cuales los estudiantes de ingeniería deciden cambiar de carrera. Este estudio tiene como objetivo explorar la relación entre la actividad cerebral y el rendimiento académico en cursos de Física, centrándose en las diferencias entre estudiantes que aprobaron y aquellos que repitieron la asignatura. Se utilizó electroencefalografía (EEG) para medir los patrones de ondas cerebrales, específicamente las ondas Beta y Gamma, complementado con cuestionarios diseñados para evaluar estados emocionales, hábitos de sueño y factores dietéticos; la investigación analiza cómo estas variables impactan en los niveles de concentración y ansiedad. Los resultados muestran que los estudiantes que repitieron el curso presentaron una mayor amplitud en las ondas Gamma y niveles más bajos de ondas Beta, lo cual sugiere perfiles cognitivos distintos en comparación con quienes aprobaron. Asimismo, se identificó una correlación significativa entre los hábitos de sueño y alimentación con los niveles de concentración y ansiedad, lo que influye directamente en el rendimiento académico. Este estudio propone una metodología novedosa y replicable para identificar perfiles neurocognitivos, con el fin de personalizar estrategias educativas que favorezcan mejores resultados académicos.

Palabras clave— EEG, estados de ánimo, nutrición, ondas beta, sueño.

I. INTRODUCCIÓN

La alta reprobación en cursos introductorios de física en educación superior es un fenómeno multifactorial [1]. Estudios previos atribuyen este problema a dificultades para contextualizar conceptos abstractos y a limitaciones en la capacidad cognitiva de los estudiantes [2].

La electroencefalografía (EEG) emerge como una herramienta clave para estudiar estos factores [3]. Esta técnica registra señales eléctricas corticales, identificando ritmos como las ondas Beta (13-30 Hz), asociados a concentración activa, y Gamma (>30 Hz), vinculados a ansiedad [4]. Estudios recientes demuestran que el EEG puede clasificar estados mentales con el mayor del 80 % de precisión [5], e incluso estimar niveles de concentración durante tareas académicas [6].

Un estudio con estudiantes de Física analizó la relación entre complejidad de problemas y actividad cerebral, revelando dos hallazgos críticos: una disminución del 28 % en amplitud Beta durante problemas de nivel 3, y picos de

Gamma (> 55 μ V) en el 63 % de los participantes durante ejercicios teóricos. No obstante, este trabajo se limitó a estudiantes en su primer intento del curso, dejando vacíos sobre cómo estos patrones varían en poblaciones con experiencias académicas divergentes [7].

Con base a las limitaciones mencionadas, el presente estudio amplía esos hallazgos mediante tres innovaciones metodológicas. En primer lugar, se integran dos cohortes: 2 estudiantes que aprobaron Física I (grupo original) y 3 que repitieron la asignatura. Además, se incorporaron variables como EEG (Ultracortex Mark IV + OpenBCI [5]), encuestas de estados de ánimo [8], y observación conductual. Finalmente, el análisis combinó procesamiento de señales con Transformada Rápida de Fourier (FFT) [9] y ANOVA para comparar cohortes [10]. Para contextualizar la estructura cerebral estudiada, el encéfalo se divide en seis regiones principales [11], donde cada hemisferio cerebral controla el lado opuesto del cuerpo [12]. Adicionalmente, factores como la ingesta voluntaria de alimentos influenciada por cultura y emociones [13] y procesos químicos posteriores al consumo [14] impactan funciones cerebrales. Una dieta equilibrada, limitando azúcares y grasas saturadas [15], optimiza la salud cerebral [16]. Durante la alimentación, el cerebro activa áreas de recompensa liberando dopamina, y preferencias alimenticias están influenciadas por la amígdala y la ínsula [17].

El sueño también juega un rol crítico: regula la conciencia [18], el metabolismo [19], y es fundamental para la salud física y mental [20]. Hábitos de sueño saludables mejoran el rendimiento diurno [21] y benefician estados de ánimo [22]. Estudios específicos muestran que el 66.2 % de estudiantes con mala calidad de sueño tienen bajo rendimiento [23], y dietas altas en azúcares reducen la concentración [24]. Adicionalmente, el consumo de arroz en el desayuno se correlaciona con mayor volumen de materia gris y mejor función cognitiva [25], mientras hábitos alimenticios inadecuados afectan la salud académica [26].

Por otro lado, estudios previos han demostrado que la expresión facial y los gestos pueden reflejar la carga cognitiva y los procesos de pensamiento profundo [27]. Durante este estudio, se documentaron expresiones como cejas fruncidas, miradas de perplejidad y suspiros profundos, junto

con gestos como el toque de la barbilla, movimientos inquietos con las manos y golpes leves en la mesa. Estas observaciones permiten complementar el análisis EEG y establecer correlaciones entre la actividad cortical y las reacciones conductuales de los estudiantes.

Elia y Evangelou [28] respaldan esta perspectiva al demostrar que los gestos desempeñan un papel fundamental en la comprensión de conceptos espaciales, lo que sugiere que pueden ser un indicador clave de la forma en que los estudiantes procesan información en asignaturas como física. En este contexto, el presente estudio no solo profundiza en la relación entre la actividad cerebral y el desempeño académico, sino que también propone nuevas estrategias para personalizar el nivel de dificultad de los problemas en función del perfil neurocognitivo del estudiante, estableciendo así una metodología replicable con herramientas accesibles y de bajo costo.

El estudio realizado tuvo una duración de seis meses, se dividió en dos etapas: la primera contempló la asignatura de Física I y la segunda, dio seguimiento a los alumnos aprobados evaluándolos en Física II e incluyó nuevos estudiantes de la primera asignatura. Se seleccionó esta clase debido a su alto índice de reprobación.

En la primera etapa de este estudio longitudinal, se seleccionó una muestra no probabilística de ocho estudiantes inscritos en Física I, priorizando voluntarios comprometidos para evitar interferir en sus actividades académicas, aunque esto pudo generar un sesgo en la percepción de la carga cognitiva. En la segunda etapa, la muestra se redujo a cinco estudiantes debido a limitaciones de tiempo, quedando conformada por cuatro hombres y una mujer. A pesar de esta reducción, el presente estudio mantuvo el enfoque en la observación de expresiones faciales y gestos no verbales como indicadores del esfuerzo cognitivo.

La metodología incluyó la clasificación de los participantes según su estatus académico (aprobados y no aprobados), con base en los resultados del primer experimento. Además del análisis de señales EEG, se integró la observación de expresiones faciales y gestos no verbales como un componente clave para comprender la respuesta emocional y cognitiva de los estudiantes ante distintos niveles de dificultad en los problemas de física.

Este estudio aporta tres contribuciones principales. Primero, identifica perfiles neurocognitivos diferenciados: los repitentes muestran amplitudes Gamma un 42 % mayores (ANOVA: $F = 5.3$, $p < 0.05$) y tiempos de concentración inicial de 2 minutos. Segundo, propone estrategias para personalizar niveles de complejidad según EEG [7]. Tercero, establece una metodología replicable con hardware de bajo costo [5].

II. METODOLOGÍA

Se adopta un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) y se enmarca como un estudio cuasiexperimental y longitudinal. Se analiza la relación entre la actividad cerebral de estudiantes de Física I y II durante evaluaciones y sus niveles de concentración. La muestra estuvo compuesta por 5 estudiantes, en contraste con estudios previos que contaron

con mayor número de participantes, debido a factores como el abandono de la clase y limitaciones de tiempo para la participación.

Este enfoque integral permitió recopilar y analizar exhaustivamente las variables de interés, facilitando la comparación de la actividad cerebral en distintos estados de evaluación y la validación de los resultados obtenidos.

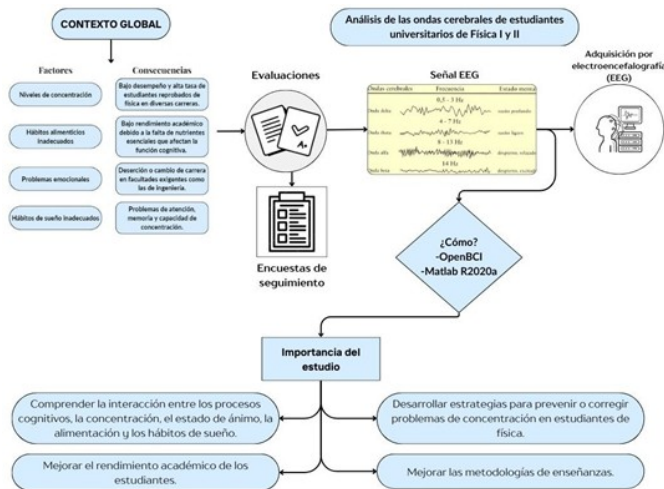


Figura 1. Metodología

A. Obtención de datos y diseño experimental

Las evaluaciones se realizaron en un ambiente controlado, en el cual cada sujeto fue sometido a una sesión de 20 minutos, durante tres semanas específicas (Semana 4, 5 y 8). Estas semanas fueron seleccionadas para capturar distintos estados académicos: previo a los exámenes parciales (Semana 4), durante la semana de exámenes (Semana 5) y durante el segundo parcial (Semana 8). Las pruebas, elaboradas y revisadas en colaboración con el personal del área de Matemáticas, presentan una estructura teórico-práctica y abordan temáticas alineadas con el temario de clase correspondiente.

Antes de cada evaluación, se aplicaron encuestas (a través de Google Forms) para recabar información sobre variables independientes tales como el estado de ánimo, hábitos de sueño y alimentación. Este procedimiento permitió establecer correlaciones entre dichos factores y los niveles de concentración medidos durante las evaluaciones.

B. Adquisición de la señal EEG

La actividad cerebral se registró utilizando el equipo Ultra- Cortex Mark IV de OpenBCI. Este dispositivo, que incorpora la distribución predefinida de electrodos según el sistema internacional 10-20, utiliza una placa OpenBCI basada en un microcontrolador ChipKIT o ATmega, programable a través del entorno Arduino IDE. La placa Cyton, que forma parte del sistema, incluye un módulo de radio RFDuino y un dongle USB que actúa como "Host" para la transmisión de datos [29]. En la Figura 2 se presenta la pantalla que se visualizaba durante la realización de las pruebas con los sujetos. Esta interfaz ayudaba de gran manera para el monitoreo en tiempo real, ya que permite evaluar la intensidad

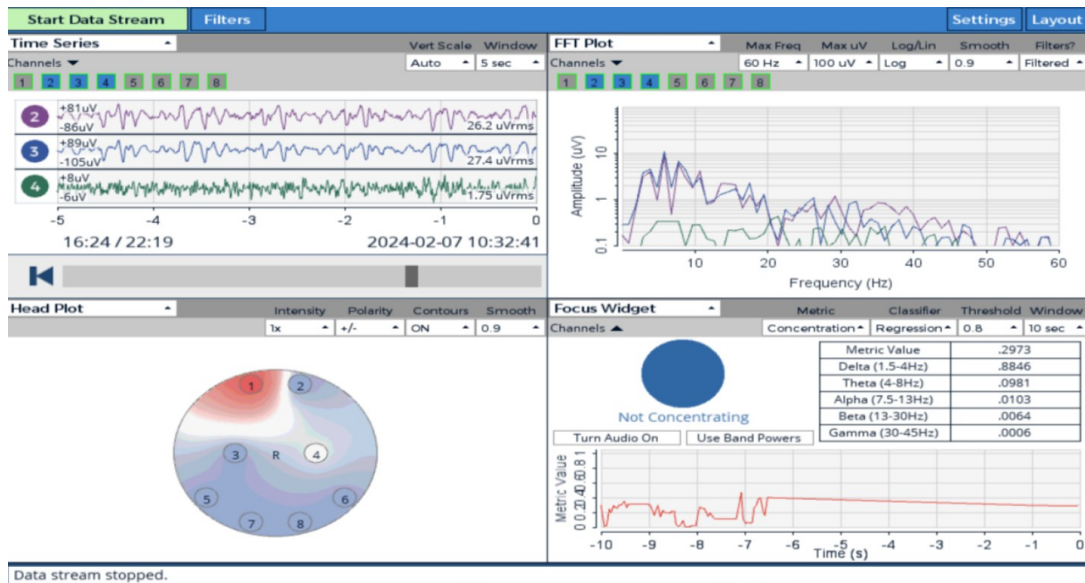


Figura 2. Software OpenBCI

de las señales EEG y, al mismo tiempo, brinda información de suma importancia sobre el estado del sujeto en el transcurso de su evaluación. Para la adquisición de las señales EEG, las pruebas se llevaron a cabo en un ambiente controlado, libre de interrupciones y distracciones, como se puede ver en la Figura 3. A cada uno de los participantes se les colocaba el UltraCortex Mark IV de OpenBCI, asegurando un ajuste correcto del casco para garantizar una correcta captación de las señales cerebrales. Posteriormente, se les indicaba el inicio de la prueba, la cual tenía una duración total de 20 minutos. Además, con el propósito de optimizar la calidad de los registros, se asignaba un minuto previo al inicio de la prueba para relajación, así mismo, al finalizar, se les brindaba un minuto de relajación.



Figura 3. Estudiantes en ambiente controlado.

C. Procesamiento y análisis de la señal

El archivo generado por OpenBCI (en formato .txt) se cargó en MATLAB R2020a para su procesamiento. Inicialmente, se aplicó un filtro pasa banda que permitió el paso de frecuencias en el rango de 1 a 60 Hz, eliminando o reduciendo el ruido eléctrico presente. Posteriormente, se representó gráficamente la señal en el dominio del tiempo y se aplicó la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para

identificar las frecuencias dominantes. La Transformada se define mediante la ecuación:

$$Y(k) = \sum_{j=1}^n X(j) W_n^{(j-1)(k-1)} \quad (1)$$

donde:

$$W_n = e^{-\frac{2\pi i}{n}} \quad (2)$$

[9].

Adicionalmente, se implementaron técnicas de filtrado adicionales (incluyendo filtros adaptativos) y métodos de segmentación, utilizando tanto MATLAB como Python, para aislar y analizar las diferentes bandas de frecuencia (alfa, beta, theta y delta) asociadas a distintos estados de concentración. También se aplicó el Análisis Estadístico (ANOVA) para evaluar variaciones significativas entre los estados de ánimo, la actividad cerebral y el desempeño durante las evaluaciones. Para llevar a cabo un análisis más completo de la señal, también se consideraban los gestos y expresiones faciales de los participantes en distintos momentos que desarrollaban su prueba. Estos gestos podían proporcionar información valiosa sobre el estado cognitivo y emocional de cada sujeto, permitiendo identificar patrones relacionados con la concentración y la aparición de signos de fatiga o frustración. La observación detallada de estos gestos resulta fundamental para complementar la interpretación de la actividad cerebral registrada, ya que reflejaban en tiempo real la respuesta del participante ante la prueba como se ilustra más adelante en la Figura 6 y en la Figura 7.

D. Metodología de validación

La validación de los datos se realizó de forma dual. Por un lado, se llevaron a cabo análisis de correlación entre la actividad cerebral (registrada en tiempo real mediante OpenBCI) y la carga cognitiva de los estudiantes durante las evaluaciones. Por otro, se contó con la validación de expertos: se consultó a profesionales en el área, entre ellos un neurólogo clínico e intervencionista, quien revisó y validó la representación en frecuencia de las ondas obtenidas en las gráficas.

Asimismo, el nivel de complejidad de los ejercicios fue contrastado mediante la retroalimentación de catedráticos del área de Ciencias y Matemáticas, y se obtuvo información cualitativa a través de observaciones de gestos y expresiones durante las sesiones. Esto permitió ajustar y explicar posibles variaciones en las señales EEG registradas antes y después de cada evaluación.

III. RESULTADOS

El presente estudio integra dos etapas de análisis que evidencian la compleja relación entre la actividad cerebral, las emociones y el rendimiento académico en estudiantes de Física I y II. La primera etapa se centró en investigar cómo la complejidad de las tareas y los estados emocionales se reflejan en la actividad cerebral, mientras que la segunda etapa analizó la influencia de factores externos (estado de ánimo, horas de sueño y hábitos alimenticios) en el desempeño académico.

A. Actividad cerebral, complejidad y estados emocionales

El análisis de las ondas cerebrales mostró que, a mayor complejidad de las asignaciones, se produce un incremento en la activación de las ondas gamma, lo que indica un procesamiento cognitivo avanzado y una mayor capacidad para resolver problemas complejos. Asimismo, durante los momentos de alta concentración se evidenció un aumento en las ondas alfa, asociadas a estados de relajación y ensoñación, lo cual favorece el rendimiento y la comprensión de los contenidos evaluados. En relación con las emociones, se observó que las emociones positivas, como la motivación y el interés, se vinculan a un incremento de las ondas beta, reflejando una mayor actividad cognitiva y emocional, mientras que las emociones negativas, por ejemplo, la ansiedad, se asocian a un aumento de las ondas delta. Además, las observaciones complementarias de expresiones faciales y posturas corporales revelaron que los estudiantes que manifestaban una alta concentración, mediante gestos como ceños fruncidos y posturas erguidas, presentaban una mayor actividad cognitiva.

B. Factores externos y rendimiento académico

El estudio demostró que factores externos como el estado de ánimo, la calidad y cantidad de sueño, y los hábitos alimenticios tienen una influencia significativa en el desempeño académico. Se constató que los estudiantes con una disposición positiva tendieron a obtener mejores resultados, aunque se identificaron casos en los que otros

factores también incidieron en el rendimiento. Por ejemplo, en el análisis de las horas de sueño se encontró que tanto la cantidad como la calidad del descanso afectan el rendimiento: algunos sujetos mostraron una mejor actuación cuando dormían más horas, mientras que en otros la relación fue menos directa. De manera similar, una dieta balanceada se correlacionó con mayores niveles de concentración y un desempeño superior en las evaluaciones.

C. Segmentación de datos y análisis comparativo

Para profundizar en el análisis, se realizó una segmentación de los datos en función del rendimiento académico de los participantes, diferenciando entre sujetos con resultados más altos y aquellos con resultados más bajos. En el grupo de mejor rendimiento, se destacan los casos de los Sujetos B y C. El Sujeto B presentó picos altos en frecuencias asociadas a la concentración, lo cual se evidencia en la Figura 4. Este patrón se asocia a un estado de ánimo generalmente positivo, a pesar de algunas variaciones en sus patrones de sueño.

Por su parte, el Sujeto C obtuvo la calificación más alta (12 de 18 puntos) y mostró una clara correlación entre su estado emocional y la generación de ondas beta y gamma, indicadores de alta actividad cognitiva.

En contraste, los sujetos con resultados más bajos, que en este estudio corresponden a los matriculados en Física II, exhibieron un desempeño inferior. El Sujeto A, a pesar de mantener hábitos adecuados de sueño y alimentación, evidenció episodios de somnolencia reflejados en la predominancia de ondas theta, lo que se tradujo en un rendimiento académico menor. De manera similar, el Sujeto D mostró signos persistentes de somnolencia, tal como se aprecia en la Figura 5, donde se observan picos en frecuencias bajas, indicando un estado mental menos concentrado.

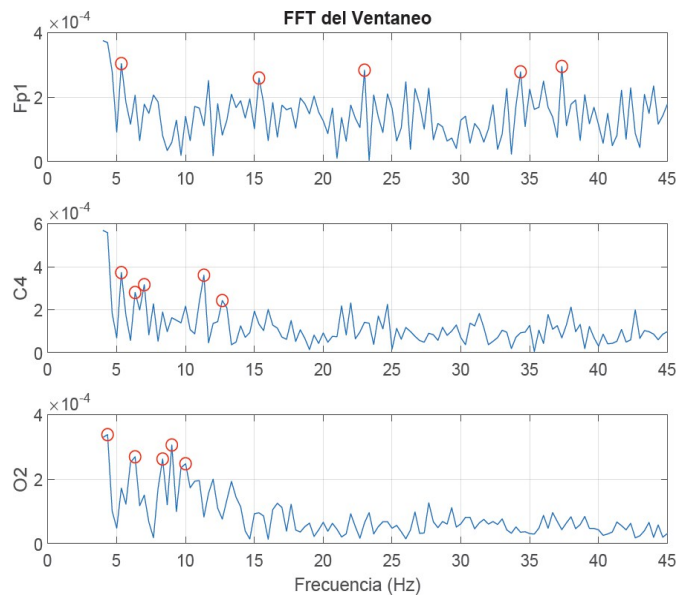


Figura 4. Semana 5, Sujeto B: Frecuencias de concentración más altas.

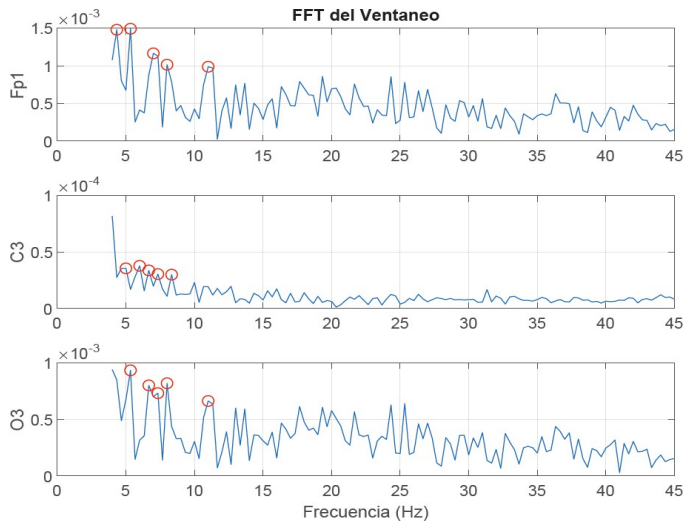


Figura 5. Semana 8, Sujeto D: Frecuencias de concentración más bajas.

D. Análisis de expresiones faciales

Además del análisis de las frecuencias cerebrales, el estudio también consideró las expresiones faciales y los gestos no verbales como indicadores clave de la carga cognitiva y las respuestas emocionales de los estudiantes. Se observó que expresiones como cejas fruncidas, miradas de perplejidad y suspiros profundos (Figura 7), junto con gestos como el toque de la barbilla y movimientos inquietos de las manos (Figura 6), coincidieron con aumentos en las bandas de alta frecuencia, particularmente en las ondas Gamma, lo que refuerza la relación entre la actividad cortical y las reacciones conductuales frente a tareas cognitivamente demandantes. Estos gestos pueden complementar el análisis de las señales EEG, proporcionando una visión más completa de la experiencia cognitiva de los estudiantes. Este enfoque integrador permite no solo entender los patrones de actividad cerebral, sino también los indicadores conductuales asociados con la carga cognitiva, ofreciendo una perspectiva más holística sobre cómo los estudiantes enfrentan los desafíos académicos.



Figura 6. Gestos [Elaboración propia]

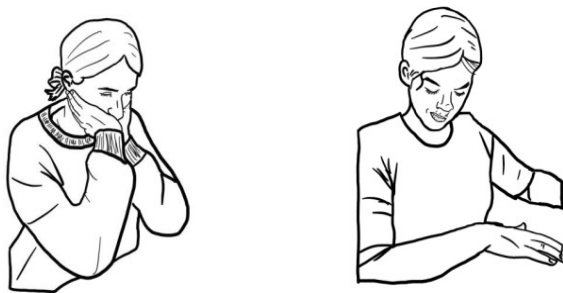


Figura 7. Gestos [Elaboración propia]

E. Niveles de concentración de EEG

La clasificación de las ondas cerebrales permitió identificar diferentes niveles de concentración. Se estableció que un estado de atención relajada y tranquila se asocia a frecuencias en el rango de 13–15 Hz; un estado de pensamiento activo y moderada concentración se refleja en frecuencias entre 15–20 Hz; y una alta actividad cognitiva, caracterizada por una intensa focalización mental, se vincula a frecuencias de 20–30 Hz. Los sujetos con mejores resultados mostraron una mayor presencia de ondas beta y gamma, mientras que aquellos con un desempeño inferior presentaron una predominancia de ondas theta. Esta relación se corrobora con la teoría de las ondas cerebrales [3], [4], [9], [12].

La Tabla I resume las frecuencias observadas en cada evaluación para los distintos sujetos, evidenciando la presencia recurrente de ondas theta, beta y gamma a lo largo de las distintas semanas evaluativas.

TABLA I
FRECUENCIAS OBSERVADAS

Sujeto	Semana	Frecuencias Observadas
A	4	Theta (4–8 Hz), Beta alta (34 Hz, 47–48 Hz)
	5	Theta (4–8 Hz), Beta media (21 Hz), Gamma (40–43 Hz)
	8	Theta (4–8 Hz)
B	4	Theta (5–8 Hz), Beta media (18–20 Hz)
	5	Theta (4–8 Hz), Beta baja (12 Hz), Beta media (15–21 Hz)
	8	Theta (4–8 Hz), Beta baja (11–13 Hz), Beta media (22–24 Hz)
C	4	Theta (4–8 Hz), Beta media (20–23 Hz), Gamma (32–35 Hz)
	5	Theta (4–8 Hz), Beta media (21–24 Hz), Gamma (35 Hz)
	8	Theta (4–8 Hz)
D	4	Theta (6–8 Hz), Beta media (20–22 Hz)
	5	Theta (4–8 Hz), Beta (10–12 Hz), Beta media (20–22 Hz)
	8	Theta (4–8 Hz), Beta baja (12–14 Hz), Beta media (15–18 Hz)
E	4	Theta (4–8 Hz), Beta media (21–24 Hz)
	5	Theta (4–8 Hz), Beta baja (12–15 Hz), Beta media (20–23 Hz)
	8	Theta (4–8 Hz)

F. Integración de variables

En conjunto, los resultados confirman que la interacción entre los factores externos y la actividad cerebral es determinante para el rendimiento académico. Los estados emocionales positivos y los hábitos saludables favorecen la generación de ondas cerebrales asociadas a altos niveles de concentración, mientras que la somnolencia y las emociones negativas se reflejan en patrones que indican un desempeño inferior. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para el

desarrollo de estrategias educativas que optimicen la enseñanza en Física, integrando la evaluación tanto de variables objetivas (señales EEG) como subjetivas (encuestas, observaciones de expresiones faciales y posturas corporales). El análisis de las frecuencias cerebrales registradas en los sujetos a lo largo de las semanas revela patrones en la actividad cortical relacionados con diferentes estados cognitivos, reflejados en la Tabla I. Las frecuencias de 13-15 Hz se asocian con un estado de atención relajada, mientras que las de 15-20 Hz reflejan concentración moderada y las de 20-30 Hz indican alta demanda cognitiva. Aunque las ondas Theta (4-8 Hz) generalmente se asocian con relajación, en nuestro estudio se observó que corresponden a una concentración baja. Por otro lado, las ondas Beta (14-30 Hz) reflejan una concentración moderada, mientras que las Gamma (30- 40 Hz) están asociadas con una alta demanda cognitiva. La actividad en la banda Theta se mantuvo constante, sugiriendo un componente estable relacionado con procesos previos a la concentración, mientras que se observaron variaciones en las frecuencias Beta y Gamma, lo que indica cambios en la demanda cognitiva. En cuanto a las tendencias por sujeto, el sujeto A presentó una alta actividad cortical en las primeras semanas, con una reducción de la demanda cognitiva en la semana 8; el sujeto B mostró una mayor variabilidad en las frecuencias Beta y Gamma, sugiriendo cambios en el procesamiento de la información; el sujeto C presentó una combinación de relajación y demanda cognitiva moderada-alta, con una posterior disminución de la activación cognitiva en la semana 8; el sujeto D experimentó variabilidad en la activación cortical a lo largo del estudio, con una tendencia hacia una menor exigencia cognitiva; y el sujeto E mostró una mayor variabilidad en los procesos cognitivos, con una estabilización en la banda Theta hacia la semana 8. Los patrones evolutivos sugieren una disminución progresiva de la actividad en las bandas Beta y Gamma, con una estabilización en Theta, lo que podría estar relacionado con la adaptación a la tarea o una menor exigencia cognitiva en las etapas finales del estudio. Estas variaciones reflejan diferencias individuales en como cada sujeto procesa la información, y la presencia de Gamma en las primeras semanas en algunos sujetos indica una mayor demanda cognitiva, mientras que su ausencia en la semana 8 refuerza la hipótesis de una reducción en la carga cognitiva.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que las demandas cognitivas más altas se presentan en las primeras semanas del estudio, seguidas de una disminución progresiva de la actividad en las bandas de alta frecuencia, lo que podría sugerir un proceso de automatización o eficiencia cognitiva adquirida con la experiencia. En este estudio, la segmentación de los participantes reveló que los estudiantes repitentes presentaron una mayor actividad de ondas gamma, lo que podría indicar una mayor carga cognitiva asociada a la ansiedad o al esfuerzo adicional requerido para abordar los ejercicios. Asimismo, se identificó que el estado de ánimo, la alimentación y el sueño influyen en el rendimiento académico, aunque con variaciones individuales significativas. En términos metodológicos, la integración de encuestas y registros EEG permitió obtener una visión más detallada de estos efectos. No

obstante, se presentaron limitaciones, como el tamaño reducido de la muestra, el abandono de participantes y la falta de control sobre ciertos hábitos fuera del entorno experimental. Estos factores sugieren la necesidad de estudios adicionales con muestras más amplias y condiciones más controladas para comprender mejor la interacción entre los estados cognitivos y las variables externas en el rendimiento académico.

A medida que este estudio se amplía y se realizan más investigaciones con muestras más grandes en aulas de clases, se podrá generar un cuerpo de evidencia más sólido que permita establecer una relación más clara entre las frecuencias cerebrales y los niveles de estrés o ansiedad en los estudiantes. Esto abriría la puerta para el diseño de nuevas metodologías de enseñanza que se adapten mejor al perfil neurocognitivo de los estudiantes, con el fin de reducir las cargas cognitivas excesivas y promover un ambiente de aprendizaje más eficiente. Si se investiga más a fondo cómo la actividad cortical varía en función de la carga cognitiva y las emociones, los resultados podrían contribuir a la creación de estrategias pedagógicas personalizadas que mejoren el bienestar y el rendimiento académico de los estudiantes, favoreciendo una mayor comprensión y participación en las clases.

V. REFERENCIAS

- [1] C. A. C. Cardona, "Problemáticas fundamentales de la formación en física básica," *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, no. 24, pp. 131–140, 2008.
- [2] M. d. S. Elizondo Treviño, "Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la física," *Presencia universitaria*, vol. 3, no. 5, pp. 70– 77, 2013.
- [3] A. Y. K. Chan, *BIOMEDICAL DEVICE TECHNOLOGY: Principles and Design*. CHARLES C THOMAS • PUBLISHER, LTD., primera edición ed., 2008.
- [4] R. M. Rangayyan, *Biomedical Signal Analysis*. Hoboken, New Jersey: IEEE Press Editorial Board, segunda edición ed., 2015.
- [5] S. D. You, "Classification of relaxation and concentration mental states with eeg," *Information*, vol. 12, no. 5, p. 187, 2021.
- [6] I. A. Zaeni, U. Pujianto, A. R. Taufani, M. Jiono, and P. S. Muhammad, "Concentration level detection using eeg signal on reading practice application," in *2019 International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)*, vol. 6, pp. 354–357, IEEE, 2019.
- [7] J. A. Pulgar and I. R. Sánchez, "Impacto de un programa de renovación metodológica en las estrategias cognitivas y el rendimiento académico en cursos de física universitaria," *Formación universitaria*, vol. 7, no. 5, pp. 3–14, 2014.
- [8] D. Sánchez-López, S. R. León-Hernández, and C. Barragán-Velásquez, "Correlación de inteligencia emocional con bienestar psicológico y rendimiento académico en alumnos de licenciatura," *Investigación en Educación Médica*, vol. 4, no. 15, pp. 126–132, 2015.
- [9] P. A. Abhang, B. W. Gawali, and S. C. Mehrotra, "Chapter 3 - technical aspects of brain rhythms and speech parameters," in *Introduction to EEG-and Speech-Based Emotion Recognition* (P. A. Abhang, B. W. Gawali, and S. C. Mehrotra, eds.), pp. 51–79, Academic Press, 2016.
- [10] M. Suardiaz-Muro, M. Morante-Ruiz, M. Ortega-Moreno, M. A. Ruiz, P. Martín-Plasencia, A. Vela-Bueno, et al., "Sueño y rendimiento académico en estudiantes universitarios: revisión sistemática," *Revista de neurología*, vol. 43, no. 53, pp. 2–22, 2020.
- [11] Martini, Timmons, and Tallitsch, *Anatomía Humana*. Pearson, 2009.
- [12] K. S. Saladin, *Anatomía y fisiología. La unidad entre forma y función*. Lugar de publicación: McGraw-Hill, 6 ed., 2011.
- [13] B. Higashida Hirose, "Ciencias de la salud (2da. ed., pp. 1-3, 6, 47-51, 269-270)," 1991.
- [14] A. Amaya-Hernández, M. Ortega-Luyando, and J. M. Mancilla-Díaz, "Cómo, qué y por qué ocuparnos de la alimentación," *Journal of Behavior and Feeding*, vol. 1, no. 1, pp. 51–59, 2021.
- [15] Organización Mundial de la Salud, "Hoja informativa - dieta saludable." <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>, Fecha de acceso: Mayo 2024.
- [16] G. C. de la Sociedad Española and S. de Nutrición Comunitaria,

“Guías alimentarias para la población española (senc, diciembre 2016); la nueva pirámide de la alimentación saludable”, *Nutrición hospitalaria*, vol. 33, pp. 1–48, 2016.

[17] O. Prospero-García, M. M. Díaz, I. A. Capuleño, M. P. Morales, J. L. Juárez, and A. E. R. Contreras, “Inteligencia para la alimentación, alimentación para la inteligencia”, *Salud mental*, vol. 36, no. 2, pp. 101–107, 2013.

[18] P. Carrillo-Mora, J. Ramírez-Peris, and K. Magaña-Vázquez, “Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario”, *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, vol. 56, no. 4, pp. 5–15, 2013.

[19] M. G. Rico-Rosillo and G. B. Vega-Robledo, “Sueño y sistema inmune”, *Revista alergia México*, vol. 65, no. 2, pp. 160–170, 2018.

[20] P. Benavides-Endara and C. Ramos-Galarza, “Fundamentos neurobiológicos del sueño”, *Revista Ecuatoriana de Neurología*, vol. 28, no. 3, pp. 73–80, 2019.

[21] J. Ibarra Mora, C. M. Hernández Mosqueira, and C. Ventura-Vall-Llovera, “Hábitos alimentarios y rendimiento académico en escolares adolescentes de Chile”, *Revista española de nutrición humana y dietética*, vol. 23, no. 4, pp. 292–301, 2019.

[22] G. Oropeza-Bahena, J. D. López-Sánchez, and D. E. Granados-Ramos, “Hábitos de sueño, memoria y atención en niños escolares,” *Revista mexicana de neurociencia*, vol. 20, no. 1, pp. 42–49, 2019.

[23] G. N. G. Acevedo, X. E. T. Romero, and R. M. F. Delgado, “Calidad del sueño en estudiantes universitarios. consecuencias y problemas. un reto en la sociedad actual”, *Revista Conrado*, vol. 19, no. S3, pp. 229–237, 2023.

[24] A. Parra-Castillo, L. Morales-Canedo, and M. Medina-Valencia, “Relación entre los hábitos alimentarios y el rendimiento académico en estudiantes de universidades públicas y privadas de la localidad de Chapinero, Bogotá”, *Perspectivas en Nutrición Humana*, vol. 23, no. 2, pp. 183–195, 2021.

[25] Y. Taki, H. Hashizume, Y. Sassa, H. Takeuchi, M. Asano, K. Asano, and Kawashima, “Breakfast staple types affect brain gray matter volume and cognitive function in healthy children”, *PLoS One*, vol. 5, no. 12, p. e15213, 2010.

[26] M. Villatoro, “Las prácticas culturales de alimentación y el efecto en el rendimiento académico en estudiantes universitarios,” *Revista Diálogo Interdisciplinario sobre Educación-REDISED*, pp. 29–47, 2019.

[27] M. van Amelsvoort and E. Krahmer, “Appraisal of children’s facial expressions while performing mathematics problems”, *Proceedings of the Thirty-First Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 1698–1703, Cognitive Science Society, 2009.

[28] I. Elia and K. Evangelou, “Gesture in a kindergarten mathematics classroom”, *European Early Childhood Education Research Journal*, vol. 22, no. 1, pp. 45–66, 2014.

[29] OPENBCI, “Open bci gui- documentation.” <https://docs.openbci.com/Software/OpenBCISoftware/GUIDocs/>, 2024.