

Exploring the Intersection of Artificial Intelligence and Neuroscience: Heuristics for the Inference of Emotional Signals through Brain-Computer Interfaces

Mauricio Rojas Contreras PhD.¹ 

¹Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia, mrojas@unipamplona.edu.co

Abstract– This research article outlines the process of heuristic generation through generative artificial intelligence for identifying emotional signal indicators in the context of brain signals captured by brain-computer interfaces. The methodology of the work is structured in key phases, starting with the study design to establish a robust framework. Through a comprehensive theoretical analysis, the conceptual and theoretical foundations instantiated in the concepts of emotional signals, brain-computer interfaces, and generative artificial intelligence are explored. The generation of heuristics for identifying indicators of emotional signals is broken down into the prompt design activities and the execution of the prompt in the generative artificial intelligence tool. Data triangulation is employed to validate and enhance the reliability of the heuristic by comparing it with theoretical references and the researcher's position. As a central scope, this article constructs a set of heuristics through generative artificial intelligence to identify indicators of emotional signals, which are subsequently translated into inputs for the implementation of technological solutions for various sectors of society.

Keywords– Emotional signals, brain-computer interface, neuroscience, artificial intelligence, heuristic.

Exploring the Intersection of Artificial Intelligence and Neuroscience: Heuristics for the Inference of Emotional Signals through Brain-Computer Interfaces

Explorando la Intersección de Inteligencia Artificial y Neurociencia: Heurísticas para la Inferencia de Señales Emocionales mediante Interfaces Cerebro-Computador

Mauricio Rojas Contreras PhD.¹ 

¹Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia, mrojas@unipamplona.edu.co

Abstract– This research article outlines the process of heuristic generation through generative artificial intelligence for identifying emotional signal indicators in the context of brain signals captured by brain-computer interfaces. The methodology of the work is structured in key phases, starting with the study design to establish a robust framework. Through a comprehensive theoretical analysis, the conceptual and theoretical foundations instantiated in the concepts of emotional signals, brain-computer interfaces, and generative artificial intelligence are explored. The generation of heuristics for identifying indicators of emotional signals is broken down into the prompt design activities and the execution of the prompt in the generative artificial intelligence tool. Data triangulation is employed to validate and enhance the reliability of the heuristic by comparing it with theoretical references and the researcher's position. As a central scope, this article constructs a set of heuristics through generative artificial intelligence to identify indicators of emotional signals, which are subsequently translated into inputs for the implementation of technological solutions for various sectors of society.

Keywords– Emotional signals, brain-computer interface, neuroscience, artificial intelligence, heuristic.

Resumen– Este artículo de investigación describe el proceso de generación de heurísticas a través de inteligencia artificial generativa para la identificación de indicadores señales emotivas en el contexto de las señales cerebrales captadas con interfaces cerebro computador. La metodología del trabajo se estructura en fases clave, comenzando con el diseño del estudio para establecer un marco robusto. A través de un análisis teórico exhaustivo, se exploran las bases conceptuales y teóricas instanciadas en los conceptos de señales emotivas, interfaces cerebro computador e inteligencia artificial generativa. La generación de heurísticas para

la identificación de indicadores de señales emotivas se desagrega en las actividades de diseño del prompt y la ejecución del prompt en la herramienta de inteligencia artificial generativa. La triangulación de datos se emplea para validar y aumentar la confiabilidad de la heurística confrontándola con los referentes teóricos y la posición del investigador. Como alcance central, este artículo construye un conjunto de heurísticas a través de inteligencia artificial generativa para identificar indicadores de señales emotivas, las cuales se convierten posteriormente en entradas para la implementación de soluciones tecnológicas para diferentes sectores de la sociedad.

Palabras claves– Señales emotivas, interfaz cerebro computador, neurociencia, inteligencia artificial, heurística.

I. INTRODUCCIÓN

En la intersección entre la inteligencia artificial y la neurociencia, se ha suscitado un creciente interés en el desarrollo de heurísticas destinadas a mejorar la inferencia de señales emocionales a partir de registros ElectroEncefalográficos (EEG) en interfaces cerebro-computador[1], [2]. Aunque estos avances prometen contribuciones significativas en campos como la educación, la terapia y la tecnología persisten desafíos cruciales que requieren una atención especial. Este artículo se centra en la identificación de heurísticas basadas en inteligencia artificial para abordar las brechas existentes, permitiendo una inferencia precisa y en tiempo real de las señales emocionales en contextos educativos, terapéuticos y tecnológicos.

La ambigüedad en la relación causal entre las respuestas EEG y las emociones ha generado interrogantes fundamentales sobre la eficacia de las heurísticas actuales. La variabilidad individual en las respuestas cerebrales agrega una capa adicional de complejidad, mientras que la presencia de emociones mixtas presenta un desafío significativo para las herramientas existentes. La identificación de heurísticas específicas basadas en inteligencia artificial se presenta como un paso esencial para superar estos desafíos y garantizar la aplicabilidad práctica de estas herramientas en entornos dinámicos y diversos.

En cuanto a la categorización de las emociones, se han podido agrupar en emociones básicas, emociones sociales y estados de ánimo. Entre las emociones básicas se pueden ubicar la felicidad [3], la tristeza[4], la ira[5], el miedo, el asco y la sorpresa[6]. En la categoría de emociones sociales se incluyen la empatía[7], la envidia[8], la compasión[9] y la vergüenza[10]. En la categoría de estados de ánimo están el estrés[11], [12], la relajación[13] y la frustración[14].

En lo referente a las ondas cerebrales, estas se clasifican de acuerdo a las bandas de frecuencia determinadas por los intervalos, en forma específica la onda Delta se identifica en rangos de frecuencia entre 0.5 a 3.5 Hz, la onda Theta se presenta en rangos de frecuencia entre 3.5 y 7.5 Hz, la onda Alpha maneja rangos de frecuencia entre 7.5 y 12.5 Hz, la onda Beta se caracteriza por manejar rangos de frecuencia entre 12.5 y 30 Hz, la onda Gamma maneja rangos entre 30 y 60 Hz[15].

En lo concerniente a las interfaces cerebro-computador, estas se definen como un sistema de comunicación o control que se basa en ondas cerebrales (electroencefalograma - EEG) generadas conscientemente para controlar un mecanismo real o virtual[16]. En el contexto de esta investigación, se ha utilizado la ICC Emotiv Insigth, la cual capta las ondas cerebrales por medio de 5 sensores ubicados en la región frontal, parietal y occipital del cráneo[17].

Las interfaces cerebro-computador (ICC) registran a través de sensores las ondas cerebrales emitidas ante un estímulo con el fin de identificar patrones en las ondas que permitan identificar indicadores de variables emotivas. Estos patrones se articulan con las heurísticas para posteriormente procesarlos con herramientas de software y generar como salida los indicadores de cada emoción[18].

El objetivo general de esta investigación es identificar heurísticas basadas en inteligencia artificial que permitan la interpretación eficaz de señales emocionales registradas mediante interfaces cerebro-computador.

Esta investigación aborda directamente las limitaciones actuales en las heurísticas para la inferencia de señales emocionales, destacando la importancia de la identificación y

aplicación práctica de estas herramientas en diversos contextos. El desarrollo de heurísticas específicas y su validación contribuirá a fortalecer la base teórica y aplicada de la utilización de interfaz cerebro-computador en la interpretación de señales emocionales.

Este estudio se anticipa como un aporte significativo a los campos de la robótica, neuromarketing, educación y la inteligencia artificial, proporcionando una comprensión detallada de cómo las emociones pueden contribuir en la implementación de tecnologías avanzadas que permitan solucionar problemas de diferentes sectores de la sociedad. Se espera que los hallazgos de esta investigación guíen el diseño de herramientas tecnológicas basadas en las emociones de las personas, capitalizando la información emocional capturada a través de interfaces cerebro-computador.

La estructura del artículo se organizará de la siguiente manera: en la sección II se especifican los materiales y métodos, seguido por la sección III en la cual se presentarán y analizarán los resultados obtenidos, y finalmente, en la sección IV se discutirán las implicaciones y conclusiones del estudio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este artículo se soportó en un enfoque de investigación mixta, el cual combina tanto elementos cualitativos como cuantitativos en un solo estudio, buscando aprovechar las fortalezas de ambos enfoques. En forma específica, las etapas desarrolladas en el proceso de investigación se muestran en la fig. 1.

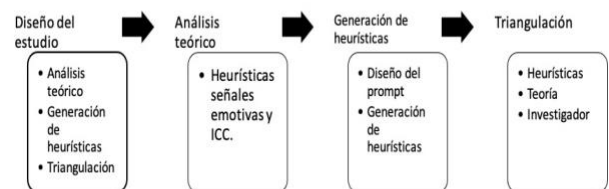


Fig. 1 Proceso de investigación Heurísticas señales emotivas.

La fase de diseño del estudio tiene por alcance la formulación de un diseño que aborde la pregunta de investigación; en forma específica, se identifican las etapas y métodos que permiten alcanzar de forma secuencial los objetivos de la investigación. Para este estudio, se

especificaron tres etapas que corresponden al análisis teórico, la generación de heurísticas de señales emotivas y la triangulación (Estrategias pedagógicas generadas, Teoría y posición del investigador).

La fase de análisis teórico tiene por alcance analizar los fundamentos teóricos que soportan el proceso de investigación; particularmente, se llevó a cabo una revisión de los fundamentos de señales emotivas, su clasificación y caracterización. En forma complementaria, se llevó a cabo una revisión de las interfaces cerebro computador, los tipos de onda que genera el cerebro.

La fase de Generación de heurísticas tiene por alcance la generación de heurísticas de señales emotivas a partir del registro de información captada por una interfaz cerebro computador. El proceso de generación de heurísticas se realizó a través de herramientas de inteligencia artificial generativa, particularmente mediante la utilización de herramientas basadas en grandes modelos de lenguaje denominados LLM por sus siglas en inglés. Esta etapa se estructura a través del diseño del prompt que permite generar las heurísticas y la generación a través del prompt de las heurísticas con las herramientas de inteligencia artificial generativa.

En cuanto a la identificación de las heurísticas de las señales emotivas se utilizaron herramientas de inteligencia artificial del tipo LLM (Modelos de lenguaje de gran escala)[19], específicamente se diseñó el prompt [20], el cual se especificó de la siguiente manera: “Identifique una heurística que utilice señales EEG registradas a través de una interfaz cerebro-computador para inferir los niveles de “señal emotiva” en tiempo real de forma no invasiva. Especifique la heurística en un párrafo de 7 líneas y utilice un lenguaje argumentativo, académico y formal.”

La fase de triangulación tiene por alcance confrontar las vistas de la información generada con la Inteligencia artificial, con la teoría soportada en los referentes teóricos y la posición del investigador[21]. Adicionalmente, esta fase tiene una fundamentación de carácter ético, debido a que realiza un análisis de la información generada por la inteligencia artificial confrontándola con la teoría y la posición del investigador.

III. RESULTADOS

La identificación de heurísticas de emociones que pueden detectarse mediante interfaces cerebro computador se llevó a cabo teniendo en cuenta la tipología de emociones básicas, emociones sociales y estados de ánimo. En forma específica, en el contexto de las emociones básicas se pueden enumerar la felicidad, la tristeza, la ira, el miedo, el asco y la sorpresa;

dentro de la categoría de emociones sociales se pueden listar la empatía, la envidia, la compasión y la vergüenza; finalmente, como instancias de estados de ánimo se contemplan el estrés, la relajación y la frustración.

En la categoría de emociones básicas, la heurística de la Felicidad se puede especificar a través de la asimetría hemisférica de bandas alfa en regiones frontales. Una mayor actividad alfa en áreas frontales izquierdas comparado con las derechas se ha correlacionado con estados afectivos positivos como la felicidad. Específicamente, la heurística calcula un índice de asimetría alfa frontal en ventanas de 5 segundos, infiriendo un estado de felicidad cuando el índice excede un umbral entrenado previamente. Esta heurística de procesamiento espectral EEG proporciona un método no invasivo sencillo para detectar felicidad.

La heurística de la Tristeza se especifica mediante un incremento de la potencia de ondas theta frontales en la señal de EEG. Una mayor actividad theta en regiones frontales se ha correlacionado con estados de ánimo negativos como la tristeza. Específicamente, la heurística compara la potencia promedio de theta contra un umbral, infiriendo tristeza cuando excede el umbral de forma consistente en ventanas de 10 segundos. Esta heurística de procesamiento espectral EEG provee un método no invasivo sencillo para detectar tristeza.

La heurística de la Ira se basa en un incremento de la potencia de ondas theta en regiones prefrontales junto con una reducción de alfa en áreas temporales. Este patrón se ha correlacionado con estados de ira. Específicamente, la heurística calcula la relación theta/alfa y compara contra un umbral, infiriendo ira cuando excede el umbral de forma consistente en ventanas de 10 segundos.

La heurística del Miedo se especifica a través de una reducción de la potencia de ondas alfa en regiones occipitales y temporales de la corteza. Una desincronización alfa en estas áreas sensoriales se ha correlacionado con estados de alerta y percepción de amenazas. Específicamente, la heurística compara la potencia alfa contra un umbral, infiriendo miedo cuando disminuye por debajo del umbral de forma consistente en ventanas de 10 segundos.

La heurística del Asco se describe a través de un incremento de la sincronía entre señales EEG de la ínsula y la amígdala. Una mayor conectividad entre estas regiones límbicas se ha correlacionado con respuestas de aversión y rechazo. Específicamente, la heurística calcula un índice de acoplamiento ínsula-amígdala y lo compara contra un umbral, infiriendo asco cuando excede el umbral de forma consistente.

La heurística de la Sorpresa se soporta en la detección de una mayor amplitud del potencial P300 en regiones frontocentrales ante eventos inesperados. La P300 es un

componente ERP asociado a la actualización del contexto durante eventos sorprendidos. Específicamente, la heurística compara la amplitud P300 tras eventos infrecuentes vs frecuentes, infiriendo sorpresa cuando la diferencia excede un umbral entrenado.

En la categoría de emociones sociales, la heurística de la Empatía se especifica a través de la detección de una mayor sincronía entre señales EEG de la corteza prefrontal medial y regiones límbicas como la amígdala. Un aumento en la conectividad entre estas áreas se ha correlacionado con respuestas empáticas. Específicamente, la heurística calcula un índice de acoplamiento fronto-límbico y lo compara contra un umbral, infiriendo empatía cuando excede el umbral de forma consistente.

La heurística de la Envidia se describe a través de una mayor actividad theta en la corteza prefrontal medial junto con una reducción de ritmos alfa en regiones occipitotemporales. Este patrón se ha correlacionado con respuestas de envidia ante estímulos provocativos. Específicamente, la heurística calcula un índice theta/alfa y lo compara contra un umbral, infiriendo envidia cuando excede el umbral de forma consistente.

La heurística de la Compasión se describe mediante la detección de una mayor actividad de ondas gamma en regiones frontales y temporales ante estímulos que provocan respuestas empáticas. Un incremento de oscilaciones gamma en estas áreas se ha correlacionado con sentimientos de compasión. Específicamente, la heurística compara la potencia gamma contra un umbral, infiriendo compasión cuando excede el umbral de forma consistente en ventanas de 10 segundos.

La heurística de la Vergüenza se especifica a través de la detección de un aumento de ritmos theta en áreas frontales junto con una reducción de ondas alpha en regiones parieto-occipitales. Este patrón se ha correlacionado con respuestas de vergüenza ante situaciones sociales negativas. Específicamente, la heurística calcula un índice theta/alfa y lo compara contra un umbral, infiriendo vergüenza cuando excede el umbral de forma consistente.

En la categoría de estados de ánimo, la heurística del Estrés se especifica a través de un incremento de la potencia de ondas beta y una disminución de alfa en regiones frontales y temporales. Este patrón se ha correlacionado con la activación del eje HPA ante estrés agudo. Específicamente, la heurística calcula una relación beta/alfa y la compara contra un umbral, infiriendo estrés cuando excede el umbral de forma consistente en ventanas de 10 segundos.

La heurística de la Relajación se describe a través de un incremento de la potencia de ondas alpha en regiones parieto-

occipitales. Un aumento de oscilaciones alpha en estas áreas sensoriales se ha correlacionado con estados de calma y relajación. Específicamente, la heurística compara la potencia alpha contra un umbral, infiriendo relajación cuando excede el umbral de forma consistente en ventanas de 10 segundos.

La heurística de la frustración se soporta en un aumento de la potencia de ondas theta en áreas frontales junto con una disminución de ritmos alpha en regiones parieto-occipitales. Este patrón se ha correlacionado con estados de frustración y desánimo. Específicamente, la heurística calcula un índice theta/alfa y lo compara contra un umbral, infiriendo frustración cuando excede el umbral de forma consistente.

En cuanto al proceso integral de identificación de los indicadores de señales emotivas a través de ICC, se puede especificar de la forma como se visualiza en la fig. 2.



Fig. 2 Proceso de generación indicador señal emotiva

En la actividad cerebral se refiere al comportamiento de las neuronas ante un estímulo, posteriormente el Registro a través de ICC comprende la captación de las ondas cerebrales a través de los sensores de la interfaz, el análisis de ondas cerebrales comprende la categorización de las ondas de acuerdo a la ubicación de cada sensor, la generación de la heurística comprende el filtro de las ondas de acuerdo a la heurística y generación del indicador, finalmente se visualiza el indicador generado en la fase previa.

Con el ánimo de garantizar un carácter ético y confrontar la información generada a través de las herramientas de inteligencia artificial generativa se llevó a cabo la triangulación como se muestra en la fig. 3.



Fig. 3 Proceso de triangulación

Como resultado del proceso de triangulación, se puede evidenciar que este método del orden cualitativo permite validar y dar un carácter ético a la información generada a través de las Herramientas de Inteligencia Artificial. En forma específica, se puede decir que las heurísticas generadas por la inteligencia artificial generativa se basan en la actividad cerebral identificada en ciertas ubicaciones del cerebro y a la intensidad de la actividad en cada posición específica en correspondencia con la señal emotiva específica. En forma complementaria, las heurísticas se soportan en el análisis del tipo de onda identificada por sensores particulares ubicados en las posiciones específicas del cerebro.

IV. CONCLUSIONES

El proceso de construcción de heurísticas para la identificación de señales emotivas a través de interfaces cerebro computador tradicionalmente lleva un tiempo considerable para su prueba y validación; sin embargo, el uso de técnicas de inteligencia artificial optimiza el tiempo de diseño de las heurísticas y consecuentemente disminuye los tiempos de implementación de soluciones tecnológicas que usan los indicadores de señales emotivas como entrada.

El uso de inteligencia artificial en el diseño de heurísticas para la identificación de indicadores de señales emotivas es un campo emergente de aplicación de la IA; sin embargo, aún se deben implementar validaciones de estas heurísticas desde los campos de conocimiento de la psicología y la medicina con el fin de incrementar el nivel de confiabilidad de las soluciones tecnológicas que hacen uso de las heurísticas generadas a través de inteligencia artificial.

Las herramientas de inteligencia artificial generativa se están convirtiendo en una alternativa para optimizar los tiempos de implementación de soluciones tecnológicas para diferentes sectores; sin embargo, se deben llevar a cabo

procesos de análisis y validación exhaustivos con el fin de garantizar e incrementar los niveles de confiabilidad de los productos generados a través de este tipo de inteligencia artificial. A nivel conceptual, el método cuantitativo de la triangulación permite implementar un primer de validación al confrontar el conocimiento generado con la inteligencia artificial, con los referentes teóricos representados a través de textos, papers y la posición del investigador.

REFERENCIAS

- [1] L. Moreno, C. Peña-Cortes, and S. Thomas, "Advance in the registration of encephalographic signals through a brain-computer interface in traditional academic activities to generate strategies in the teaching process," Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible, 2018.
- [2] M. R. Contreras, C. A. P. Cortes, and L. A. Moreno, "Analysis of emotional variables with Brain-Computer Interface correlated with sleep indicators in scientific writing in higher education," in Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2021. doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.467.
- [3] j. Aramburo-Lizarraga, "Propuesta de instrumentode evaluaciónde las emociones básicas de los estudiantes dentro de un programa de tutoría universitaria," RIDE, vol. 14, no. 27, 2023.
- [4] A. R. Ulloa Pimienta and R. del C. Sánchez Trinidad, "Metaconocimientos de los estados emocionales de estudiantes de educación superior," Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, vol. 7, no. 1, pp. 445–460, Jan. 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i1.4403.
- [5] R. S. Braicovich, "Constructionism and anger, rage and indignation. Deconstructing the discrete and adaptive character of emotions," Revista de Humanidades de Valparaíso, no. 21, pp. 43–64, 2023, doi: 10.22370/rhv2023iss21pp43-64.
- [6] L. Gomez, L. I. Ledesma-Amaya, L. E. Bosques-Brugada, and A. E. Moreno-Calva, "El rol de la expresión facial en el procesamiento de emociones: Una revisión sistemática," Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula, vol. 11, no. 21, pp. 30–36, Jan. 2024, doi: 10.29057/esat.v11i21.11964.
- [7] M. I. Angelita Ocampo Jaramillo and E. I. Lucía González Carrión, "La Empatía como Instrumento conciliador en la Optimización del Desarrollo Académico en el Contexto Universitario," Polo del conocimiento, vol. 8, no. 2, pp. 1423–1434, 2023, doi: 10.23857/pc.v8i2.
- [8] J. A. González Guzmán, M. Antonieta, C. Terán, A. Cuevas Jiménez, J. Trinidad, and G. Herrera, "UNA APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DE LA ENVIDIA DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL AN APPROACH TO THE STUDY OF ENVY FROM A SOCIOCULTURAL PERSPECTIVE," Revista AMazónica, LAPESAM/GMPEPE/UFAM/CNPq, vol. 17, no. 1, pp. 798–834, 2024.
- [9] J. Villalón L., -Profesor Mbtc, and C. Mbsr, "Mindfulness, compasión e intercuidado: su marco conceptual," Pínelatinoamericana, vol. 3, no. 1, pp. 42–53, 2023.
- [10] M. Morales Salinas, "Emociones sociales y obesidad," Psic-Obesidad, vol. 12, no. 46, pp. 21–27, Jun. 2023, doi: 10.22201/fesz.20075502e.2022.12.46.85854.
- [11] E. G. Fita, J. M. Parreño, and T. M. Rodríguez, "Cybervictimization and emotional intelligence: the role of moods," Revista Complutense de Educación, vol. 34, no. 3, pp. 679–689, 2023, doi: 10.5209/rced.80017.
- [12] A. D. Demera-Chica, N. D. Alcívar-González, and J. R. Cañarte-Murillo, "El estrés y su relación con trastornos mentales en América Latina," MQRInvestigar, vol. 8, no. 1, pp. 706–724, Jan. 2024, doi: 10.56048/MQR20225.8.1.2024.706-724.
- [13] M. Hernández-Herrarte, P. Zamora-Martínez, and M. Maxera Abella, "PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS NO VERBAL

- DE LA EXPRESIÓN DE LAS EMOCIONES,” Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula, 2024.
- [14]C. Schetsche, L. Gago-Galvagno, and A. E. Mustaca, “Emotional regulation strategies and their effects on frustration intolerance: Structural Equation Modeling,” *Revista CES Psicología*, vol. 16, no. 1, pp. 88–110, 2023, doi: 10.21615/CESP.6281.
- [15]D. Calderón Martínez, “Procesamiento de ondas cerebrales con microprocesador ARM para control de coche teledirigido,” Universidad de Sevilla, 2016.
- [16]K. Holewa and A. Nawrocka, “Emotiv EPOC neuroheadset in brain - computer interface,” *Proceedings of the 2014 15th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 2014.
- [17]M. Rojas-Contreras, C. A. Peña-Cortés, and S. M. Cañas-Rodríguez, “Measurement of emotional variables through a brain-computer interface in the interaction with books with augmented reality in higher education,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1674/1/012016.
- [18]M. R. Contreras, C. A. P. Cortes, and S. M. Cañas, “Neural signal capture with brain-computer interface to estimate the level of emotional variables in the usability of books with augmented reality,” in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 2020. doi: 10.18687/LACCEI2020.1.1.179.
- [19]I. Alberts, L. Mercolli, and T. Pika, “Large language models (LLM) and ChatGPT: what will the impact on nuclear medicine be?,” *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, vol. 50, pp. 1549–1552, 2023.
- [20]J. David Velásquez-Henao, C. J. Franco-Cardona, and L. Cadavid-Higuaita, “Prompt Engineering: a methodology for optimizing interactions with AI-Language Models in the field of engineering •,” *Dyna (Medellin)*, 2023.
- [21]A. Hernán, F. Avila, M. Matilla González, and S. M. Licea, “LA TRIANGULACIÓN METODOLÓGICA COMO MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. APUNTES PARA UNA CONCEPTUALIZACIÓN LA TRIANGULACIÓN METODOLÓGICA COMO MÉTODO DE INVESTIGACIÓN METHODOLOGICAL TRIANGULATION AS A METHOD OF SCIENTIFIC RESEARCH. NOTES FOR A CONCEPTUALIZATION,” *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 2019.