

Cambios cognitivos en una simulación de manejo

RESUMEN: La neuroergonomía, ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, debido a la necesidad de conocer el impacto sobre el estado de ánimo de los trabajadores, esto conforme a las actividades que estos desarrollan en los múltiples espacios de trabajo.

Una de las áreas que cobra importancia es la del transporte, el cual termina provocando diversos incidentes donde hay pérdidas económicas, materiales y humanas.

Por lo cual, en esta investigación, se realizó un análisis del estado cognitivo de los conductores dentro del simulador de manejo conocido como "City Car Driving", utilizando el dispositivo de electroencefalografía (EEG) Emotiv Insight para la recolección de información y posterior análisis de datos.

Bajo la realización de diversas tomas de datos, en múltiples participantes, se consideró un análisis utilizando como modelo las condiciones de tráfico ligero y tráfico pesado, con los cuales se estudió el cambio sobre las ondas cerebrales de los automovilistas al inicio de su conducción, al final y durante eventos de influencia.

De lo cual se obtuvo como resultado el aumento en las ondas cerebrales Theta y Alpha, lo cual según trabajos como el de Zhang [1], nos comentan que es una evidencia de presencia de un estado de fatiga en los operadores de transporte, asociado mayormente a un estado de cansancio y enojo.

PALABRAS CLAVE: Automovilista, Fatiga en los Conductores, Ondas Cerebrales, Seguridad Vial, Electroencefalograma (EEG).



Colaboración

Leonardo Alberto Alanís Castro; Ana Isela García Acosta; Jorge de la Riva Rodríguez, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Fecha de recepción: 16 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 18 de diciembre de 2023

ABSTRACT: Neuro ergonomics has had an exponential growth in recent years, due to the need to know the impact on the state of mind of workers, this according to the activities that they develop in multiple workspaces.

One of the areas that is gaining importance is transportation, which sees a continuous effect on drivers, due to the fact that they present an inconvenient or deficient mental state, which ends up causing several incidents where there are economic, material and human losses.

Therefore, in this research, an analysis of the cognitive state of drivers within the driving simulator known as "City Car Driving" was carried out, using the Emotiv Insight electroencephalography (EEG) device for the collection of information and subsequent data analysis.

Under the realization of various data collection, in multiple participants, an analysis was considered using as a model the conditions of light traffic and heavy traffic, with which the change on the brain waves of motorists at the beginning of their driving, at the end and during influencing events was studied.

The result was an increase in Theta and Alpha brain waves, which according to works such as that of Zhang [1], is evidence of the presence of a state of fatigue in transport operators, mostly associated with a state of tiredness and anger.

KEYWORDS: Driver, Driver Fatigue, Brainwaves, Road Safety, Electroencephalogram (EEG).

INTRODUCCIÓN

La ergonomía permite facilitar el desarrollo de las actividades laborales en una empresa en condiciones adecuadas, para ayudar al empleado a prevenir lesiones físicas, así como coadyuva en la optimización de los procesos para que estos sean más fáciles de realizar ante los diferentes trabajadores que se desempeñen en dichas tareas, según Saravia [2].

Derivado de la ergonomía, aparece el concepto de la neuroergonomía, la cual según Correa [3], es el estudio del comportamiento de la mente humana y su relación con las actividades que desempeñan las personas, en la cual se estudian las ondas cerebrales y los estados cognitivos de los trabajadores, buscando no solo encontrar riesgos físicos, sino también mentales que puedan afectar al trabajador, como lo son la fatiga mental, el sueño, estrés, molestia, enojo, carga mental, entre otros.

En la actualidad, existe un alto grado de accidentes viales causados por conductores de vehículos, que se encuentran en un estado mental inconveniente, como lo es el cansancio, el enojo, la somnolencia o la fatiga, que tiene como consecuencia la inhibición de las facultades mentales para la toma de decisiones, lo cual se nos ejemplifica en el trabajo realizado por Hu, & Wang [4], en el cual se realizó un estudio mediante un simulador de manejo e identifico los factores de fatiga en los conductores.

Kong et. al [5], desarrollaron un modelo el cual nos muestran el estudio de las ondas cerebrales mediante un equipo EEG que mide el cansancio y somnolencia en participantes que manejan dentro de un videojuego y que deben de estar atentos a una pantalla donde se presenta una "x", requiriendo que opriman un botón, generando datos sobre el nivel de respuesta, permitiendo analizar cómo se ve afectada la persona a medida que se genera el cansancio. En consecuencia, se asoció el aumento en las bandas Delta, Tetha, Alpha y la reducción de Beta, como parte de la presencia de fatiga.

Otros autores, como Zhang [6], refuerzan estos modelos de estudio del área de autotransporte, pero de una manera más formal, ya que estudian mediante un sistema EEG de 8 electrodos a conductores que manejan en tramos largos de entrega, y donde generan un sistema de aviso para que pueda detenerse el vehículo de manera remota, ante la presencia de un estado inconveniente del trabajador. El cual nos presenta que existe un aumento de la onda cerebral Theta y Alpha durante un estado de somnolencia, así como también una disminución de la señal Beta para esta misma condición.

Estos estudios antes mencionados están realizados en la zona de Asia y Europa, con las cuales ellos

generan un modelo de comprobación de sus datos y no se ha encontrado en la revisión de literatura mucha investigación sobre la aplicación de la Neuroergonomía en el área de transporte para zonas como México y Latinoamérica. Por lo cual la generación del presente proyecto nos da indicios para poder implementar un estudio a mayor profundidad en el futuro.

Así pues, el autor Fithriyyah [7] nos habla de la fatiga cognitiva a causa del trabajo monótono durante largos periodos de tiempo, lo que produce un deterioro en el rendimiento de los trabajadores. Por lo tanto, el trabajo de un conductor se relaciona con una actividad que puede requerir desde minutos hasta horas de estar sentado realizando una misma actividad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

Primeramente, la investigación se realizó conforme al método científico experimental, en el cual se establece mediante el proceso de observación, planteamiento del problema, hipótesis, experimentación, análisis y conclusión.

De esta manera, se establecieron los pasos a desarrollar del presente experimento, los cuales están representados en la Figura 1.

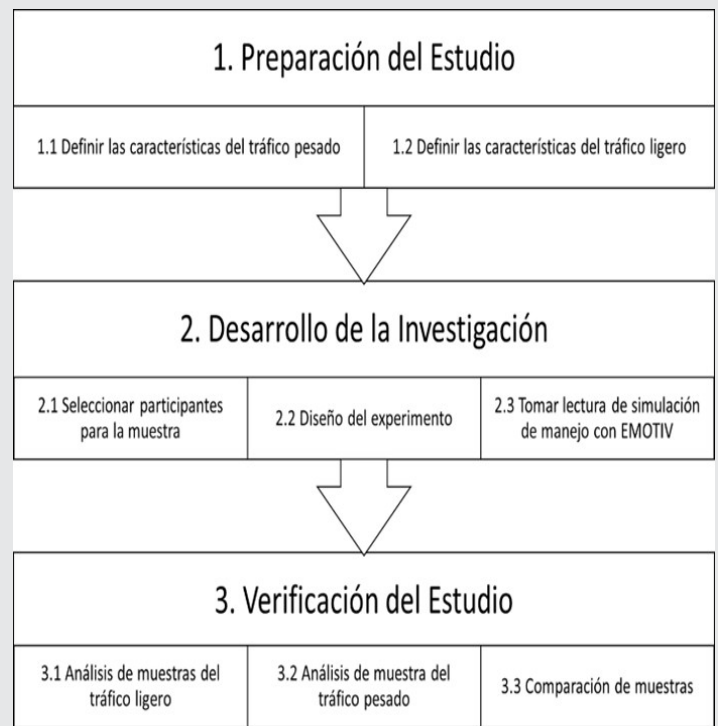


Figura 1. Diagrama de la Metodología utilizada en el experimento.

Fuente: Elaboración propia.

La metodología seleccionada se establece a partir de la necesidad de crear las condiciones de tráfico necesarias para implementar y desarrollar la investigación de una manera factible.

El estudio en cuestión, está basado en la aplicación de la neuroergonomía en diferentes condiciones laborales de los automovilistas. Conforme a una simulación de manejo con un software especializado y un seguimiento mediante un equipo de electroencefalografía, de este modo, analizar los cambios cognitivos en las personas en el área de transporte.

Permitiendo de esta manera el lograr obtener y analizar datos, que permitan identificar la existencia de la fatiga en los conductores, asociado a un bajo rendimiento laboral.

Diseño del estudio

Inicialmente, definimos la condición del tráfico pesado y ligero, como estándar de medida para el estudio, las cuales según Aporte & Moreno [8], se considera al tráfico pesado dentro del estándar de hora pico u horario con alto grado de congestión vehicular, así como al tráfico ligero lo asocia con un horario de flujo libre y bajo nivel de tránsito vehicular teniendo una amplia facilidad de libertad de movilidad.

De los cuales se estableció en el presente experimento al tráfico pesado, como un espacio donde hay un alto grado de tráfico vial, existe una alta presencia de movimiento peatonal y donde se extienden las horas de traslado por la dificultad de circulación, lo cual se asocia con las horas pico, así como se muestra en la Figura 2.

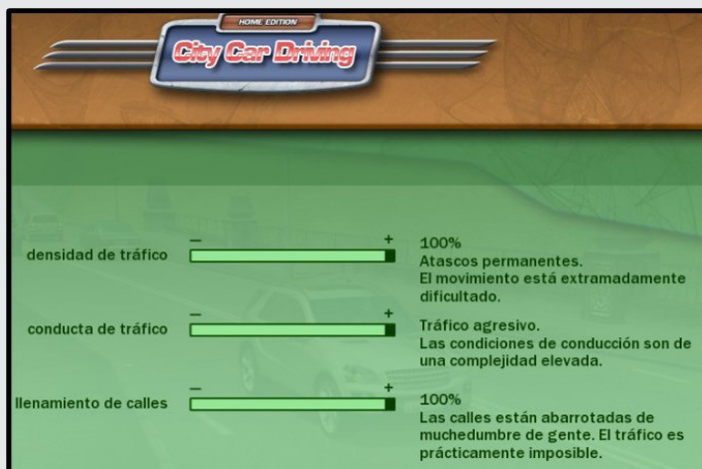


Figura 3. Pantalla de selección para el nivel de tráfico pesado. Fuente: elaboración propia.

Por el contrario el tráfico ligero, es asociado dentro del estudio como un espacio de bajo flujo vial, con facilidad de movimiento y traslado, asociado a un bajo flujo de movimiento peatonal, el cual puede ver en la Figura 3.

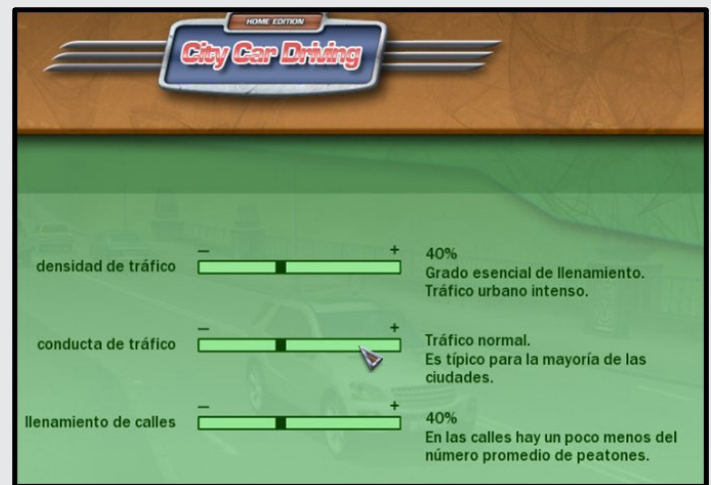


Figura 4. Pantalla de selección para el nivel de tráfico ligero. Fuente: elaboración propia.

Teniendo el estándar de tráfico para el simulador, se seleccionan los participantes, de los cuales se estableció que no deberían de tener alguna condición mental que afecte los resultados, además de no contar con adicciones frecuentes, como lo es fumar, consumir drogas o el uso de estupefacientes, dicha información se archivó para necesidad de seguimiento al proceso, como se muestra en la Figura 4.

DATOS GENERALES DE LOS PARTICIPANTES		
Nombre	Persona 4	
Edad:	19 años	
Sexo:	H	M
Licencia:	SI	NO
Hace cuanto tienes licencia:	1 mes	
Que tipo de vehiculo maneja:		
Trasmision manual:	SI	NO
Trasmision automatica:	SI	NO
Consumes alcohol:	SI	NO
Fumas:	SI	NO
Utilizas anteojos:	SI	NO
Trabajas:	SI	NO
Conoce el reglamento de transito:	SI	NO
Estas bajo algun tratamiento medico:	SI	NO

Figura 4. Ejemplo de evaluación realizada al participante. Fuente: elaboración propia.

Después de esto, se estableció que los participantes deberían haber tenido un conocimiento previo sobre conducción de un automóvil, así como preferentemente contar con su licencia de conducir y tener una edad en el rango de 19 a 25 años.

Para comenzar, a los participantes se les informó que el estudio se llevaría a cabo en una simulación de manejo, que tendría una duración de 30 minutos, llevando en todo momento el dispositivo EEG Emotiv Insight (Figura 5), el cual recolecta los datos correspondientes a las ondas cerebrales.



Figura 5. Casco Emotiv Insight.
Fuente: <https://www.emotiv.com>.

Una vez definidos los puntos anteriores, se dio inicio con los estudios de manera presencial en el laboratorio de ergonomía, en el departamento de posgrado en el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Juárez.

Conforme a lo anterior, también se les dio un entrenamiento a los participantes sobre el uso del equipo, el funcionamiento del simulador y cuáles son las concesiones permitidas para el uso del dispositivo de EEG, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Entrenamiento de aspirantes en el simulador de manejo.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, cada uno de los participantes realizó tres repeticiones en tráfico ligero y tres repeticiones en tráfico pesado, las cuales estuvieron distribuidas de manera aleatoria en diversos días y horarios.

Cada simulación fue estudiada de manera individual para reconocer los parámetros de interés, como lo es su estado inicial, en el cual visualizamos que tan relajado se encuentra la persona antes de empezar con el experimento.

Finalmente, se evaluó el estado final del participante, en comparación con el estado de inicio, para reconocer que tanto cambiaron las ondas cerebrales, también se analizaron eventos específicos al momento de estar manejando. Por ejemplo, al momento de chocar, pasarse un semáforo o evitar atropellar un peatón, esto debido a que los efectos de sobreponerse a un evento similar puede provocar que la persona se mantenga en un estado emocional alterado, dichas observaciones se recopilaron en un formato de seguimiento, como el que se muestra en la Figura 7.

Reporte		
Nombre	Participante 11	
Supervisado	Revisor 1	
Número de practica	#1 Tráfico ligero	
Presión sanguínea	Inicial:70 Final: 80	
Fecha	Observación	Comentario
Min 1		El participante tuvo problemas con la aleatoriedad del simulador, debido a que los vehículos y peatones se cruzaban sin previo aviso.
Min 2	Invadío carril contrario	
Min 3	Hizo alto en lugar indevido	
Min 4	No marco direccional y condujo a exceso de velocidad	
Min 5		
Min 6		
Min 7	Manejo a exceso de velocidad	
Min 8		
Min 9		
Min 10		
Min 11		
Min 12		
Min 13	Se paso luz roja y golpeo un peaton	
Min 14		
Min 15		
Min 16		
Min 17	Frenado brusco	
Min 18	Choco un vehiculo	
Min 19		
Min 20		
Min 21		
Min 22	Se subio a la banqueta al girar	
Min 23		
Min 24		
Min 25	Frenado brusco e invasión de carril	
Min 26	Frenado brusco al atravesarse un peaton	
Min 27		
Min 28	Choco un vehiculo e invasión de carril	
Min 29		
Min 30		

Figura 7. Formato de seguimiento con identificación de sucesos. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Para terminar, una vez realizada la recopilación de la información tanto escrita como cognitivamente. Se analizaron los datos obtenidos para identificar las similitudes y diferencias de los estados cognitivos encontrados.

En la Figuras 8 y 9, se nos muestra el estado inicial de un participante tomado al azar de la muestra, en el cual podemos observar el comportamiento de las ondas cerebrales en un estado de relajación antes de iniciar con el experimento, donde se observa un estado de descanso representado en el valor de la onda Theta y Alpha.

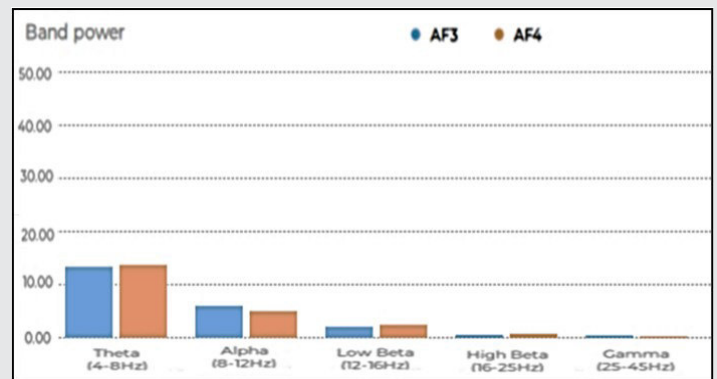


Figura 8. Valores de potencia de onda cerebral del participante 11 en la modalidad de tráfico ligero al iniciar el experimento. Fuente: Elaboración propia.

Por último, se realizó un análisis de los eventos ocurridos, como por ejemplo que se invada el carril en el cual se va circulando, como se puede observar en la Figuras 12 y 13.

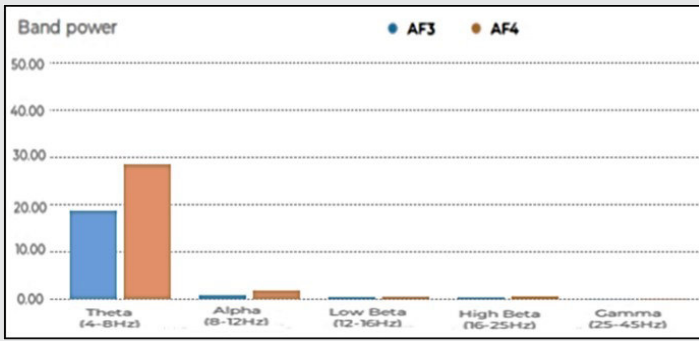


Figura 9. Valores de potencia de onda cerebral del participante 11 en la modalidad de tráfico ligero al iniciar el experimento. Fuente: Elaboración propia.

Estos datos se compararon con el estado final para reconocer si existió un cambio en el estado cognitivo de la persona, y si esto se asocia con los datos establecidos por diversos autores, como He [9], los cuales nos dicen que un aumento de la onda Theta y la onda Alpha, aunado con la reducción de beta, es una evidencia de la aparición de fatiga en la persona.

De igual manera, el estudio permite comparar el estado cognitivo del mismo participante, conforme al estado final después de un estudio de 30 minutos de manejo, permitiendo reconocer las diferencias de cambio en las ondas cerebrales, en las cuales se ve una disminución de Theta y Alpha conforme al estado inicial, como se muestra en la Figura 10 y 11.

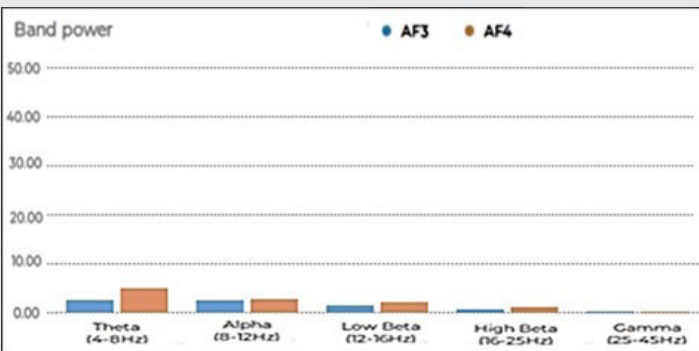


Figura 10. Valores de potencia de onda cerebral del participante 11 en la modalidad de tráfico ligero al finalizar el experimento. Fuente: Elaboración propia.

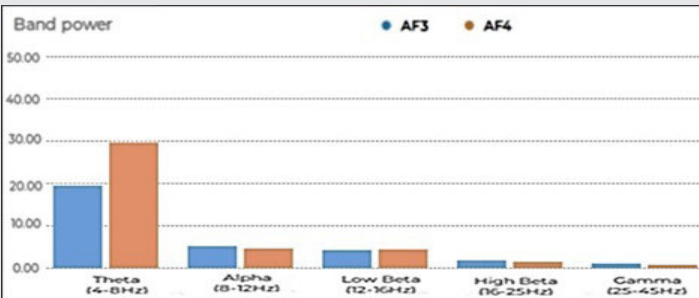


Figura 11. Valores de potencia de onda cerebral del participante 11 en la modalidad de tráfico ligero al finalizar el experimento. Fuente: Elaboración propia.

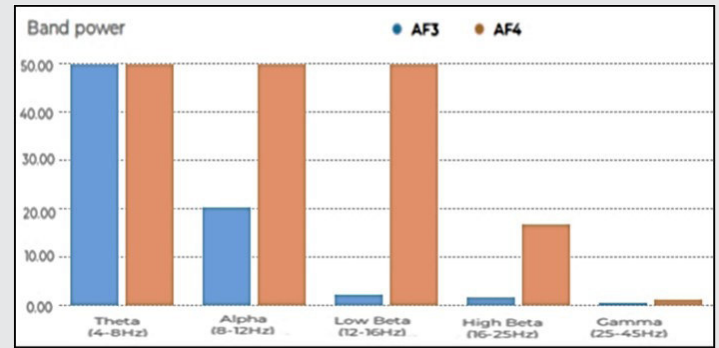


Figura 12. Valores de potencia de onda cerebral del participante 11 en la modalidad de tráfico ligero en el evento de invasión de carril. Fuente: Elaboración propia.

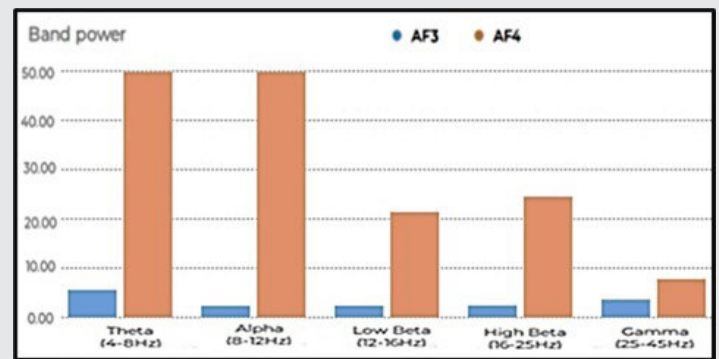


Figura 13. Valores de potencia de onda cerebral del participante 11 en la modalidad de tráfico pesado en el evento de invasión de carril. Fuente: Elaboración propia.

Esto nos da un panorama del comportamiento de las ondas cerebrales y el estado cognitivo del participante, en donde se puede observar el incremento de la onda Theta y Alpha en comparación del estado inicial, provocado por una situación no controlable.

Aunado al estudio de los gráficos de desempeño de estado cognitivo de las personas, también se evaluaron las gráficas de desempeño del estado cognitivo, donde se identificó aumento o disminución pronunciada en la recta de valor.

Para encontrar el momento de interés en el tiempo de evaluación, se analizó el gráfico de desempeño, donde se identifican las áreas de compromiso (Engagement), excitación (Excitement), enfoque (Focus), interés (Interest), relajación (Relaxation) y estrés (Stress), como se muestra en la Figura 14.

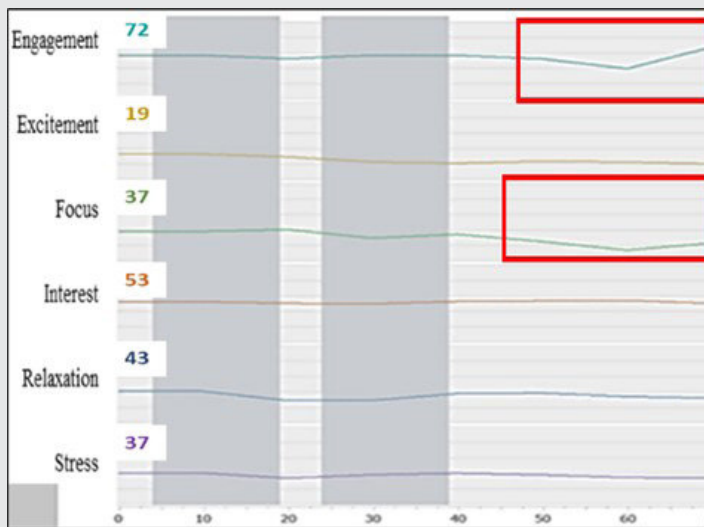


Figura 14. Valores de potencia de onda cerebral del participante 11 en la modalidad de tráfico pesado en el evento de invasión de carril.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos del experimento muestran un aumento en el nivel de actividad cerebral de los múltiples participantes, dentro del área del lóbulo frontal, en comparación con las áreas temporal y parietal.

En síntesis, se encontró que en la mayor parte de los casos se presentó un aumento en el comportamiento de la onda cerebral Theta y alpha en la modalidad de tráfico ligero de manera significativa conforme al estado normal, mientras que gamma no mostró aumento.

En comparación con la modalidad de tráfico pesado, se puede visualizar un aumento en la onda Theta, con una reducción de la presencia de la onda beta en el área frontal, el cual está fuertemente relacionado con un estado de fatiga mental.

Los métricos de desempeño obtenidos sobre los estados cognitivos de los diversos participantes, nos permitieron realizar la comparación de las distintas modalidades de tráfico, mostraron cambios representativos en el grado de compromiso y enfoque de los participantes, presentando también un aumento significativo durante sucesos o eventos relevantes; también en la modalidad de tráfico pesado, hubo una disminución respecto al estado de excitación y relajación, al necesitarse un mayor nivel de atención.

CONCLUSIONES

Se define a la fatiga como un estado que altera las capacidades humanas. Respecto a lo que se obtuvo del proyecto, se pudo identificar que sí existe un aumento en la actividad de las ondas Theta y Alpha, las cuales están asociadas a la fatiga, según lo establecido por Zhang [1].

El aumento de la onda Theta, podemos establecer que se presenta un estado de somnolencia o cansancio, el cual se produjo en algunos participantes.

De acuerdo con Reyes [11], la onda gamma se asocia con una actividad neuronal compleja, donde hay un desgaste psicológico y mental, el cual provoca la pérdida de atención y por ende llega a influir en la fatiga, ya que la persona al intentar evitar la somnolencia aumenta su nivel de atención para no dormirse.

En conclusión, existe evidencia de la presencia de fatiga, debido al aumento de la presencia de la onda cerebral Alpha y Theta, que en conjunto con la presencia de la onda gamma, se puede establecer la existencia de un desgaste mental generado por la actividad y el entorno en que se desarrolla la actividad de manejo, lo cual nos da un panorama de la existencia de la fatiga del operario.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial al Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez y a su departamento de posgrado de investigación, por el apoyo dado conforme a la infraestructura y personal de apoyo requeridos para el funcionamiento del proyecto.

Así también, agradezco el apoyo brindado por parte de CONAHCYT, por el apoyo económico que se me dio para la realización de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Zhang, Z., Luo, D. y Rasim, Y., Li, Y., Meng, G., Xu, L. & Wang, C. (2016). *A Vehicle Active Safety Model: Vehicle Speed Control Based on Driver Vigilance Detection Using Wearable EEG and Sparse Representation*. China: Editorial MDPI.
- [2] Saravia, M. (2006). *Ergonomía de concepción: Su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- [3] Correa, Á. (2018). *Neuroergonomía: una ciencia sobre el cerebro y la comodidad*. Granada: Universidad de Granada.
- [4] Hu, J. & Wang, P. (2017). *Noise Robustness Analysis of Performance for EEG-Based Driver Fatigue Detection Using Different Entropy Feature Sets*. 19(8), 385-414.
- [5] Kong, W., Lin, W., Babiloni, F., Hu, S. & Borghini, G. (2015). *Investigating Driver Fatigue versus Alertness Using the Granger Causality Network*. China/Italia: Editorial MDPI.
- [6] Zhang, Z., Luo, D., Rasim, Y., Li, Y., Meng, G., Xu, J. & Wang, C. (2016). *A Vehicle Active Safety*

Model: Vehicle Speed Control Based on Driver Vigilance Detection Using Wearable EEG and Sparse Representation. China: Editorial MDPI.

[7] Fithriyyah, H., Yulianti, E. & Freddy, D. (2020). *Characterization of Individual Alpha Frequency of EEG Signals as an Indicator of Cognitive Fatigue. Journal of Physics: Conference Series, 1505(012068).*

[8] He, S., Chen, L. & Yue, M. (2018). *Reliability Analysis of Driving Behaviour in Road Traffic System Considering Synchronization of Neural Activity. NeuroQuantology, 16(4), 62-68.*

[9] Aporte, A. & Moreno, J. (2017). *Autómatas celulares y su aplicación a la modelación del tráfico automotor en la ciudad de Caracas. Tekhne, 5-15.*

[10] Minguillon, J., Lopez, M. & Pelayo F. (2016). *Stress Assessment by Prefrontal Relative Gamma. Frontiers in Computational Neuroscience.*

[11] Reyes, A. (2013). *Interfaz cerebro computador mediante la clasificación de señales electroencefalográficas. Facultad de Ingeniería Pontifica, Universidad Javeriana.*