



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

**ANÁLISIS SEMANTICO DE LA COMUNICACIÓN BIOCIBERNÉTICA POR MEDIO
DEL MAPEO DE PATRONES EN ONDAS CEREBRALES**

**SEMANTIC ANALYSIS OF BIOCYBERNETIC COMMUNICATION BY MAPPING
PATTERNS IN CEREBRAL WAVES**

**ANÁLISE SEMANTICO DA COMUNICAÇÃO BIOCIBERNÉTICA ATRAVÉS DO
MAPEAMENTO DE PADRÕES EM ONDAS CEREBRAIS**

Tesis Doctoral presentada por

Cesar Rommel Salas

Departamento de Filosofía y Letras

Dirigida por

Prof. Dr. Jordi Vallverdu Segura (director)

Febrero, 2022



Universitat Autònoma de Barcelona

Memòria presentada per **Cesar Rommel Salas Guerra** per optar a el grau de Doctor
en Filosofia per la Universitat Autònoma de Barcelona.

Director

Prof. Dr. Jordi Vallverdu Segura

D. JORDI VALLVERDU SEGURA, Profesor del Departamento de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Barcelona.

CERTIFICA

Que la Tesis doctoral titulada:

ANALISIS SEMANTICO DE LA COMUNICACIÓN BIOCIBERNÉTICA POR MEDIO DEL MAPEO DE PATRONES EN ONDAS CEREBRALES.

Ha sido redactada en español y describe el trabajo de investigación realizado por D. Cesar Rommel Salas Guerra bajo mi dirección durante los últimos 4 años. La memoria de este estudio recoge un análisis exhaustivo y detallado de las respuestas del cerebro humano a diversos estímulos auditivos, visuales y táctiles en la atención.

En el estudio, para la generación de los estímulos se ha utilizado la herramienta BIOTIV específicamente desarrollada por el autor para esta investigación.

Por todo ello, considero que esta Tesis reúne la calidad y rigor científicos necesarios para que sea defendida en la Universidad Autónoma de Barcelona como requisito para que D. Cesar Rommel Salas Guerra opte al grado de 'Doctor' por la Universidad Autónoma de Barcelona.

Y para que así conste, firmo el presente certificado en Barcelona a 31 de Febrero del 2022.

Prof. Dr. Jordi Vallverdu Segura

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dr. Jordi Vallverdú Segura, por su tiempo y dedicación prestada al desarrollo de mi trabajo de investigación, sé que fueron muchos días de arduo trabajo. Al Dr. Jesús Adrián y Gerad Vilar directores del programa doctoral de filosofía por su apoyo incondicional. También quiero hacer extensivo mi agradecimiento a la Prof. Tomasita Pabón quien con su soporte y aliento me mantuvo erguido en esta noble tarea. Agradecimiento especial a los directivos, profesores y padres de familia de la Escuela Estatal Francisco Peres de la ciudad de Montes Claros, Minas Gerais, por su colaboración y apoyo en el desarrollo de esta investigación. De la misma forma a la directora, profesores y padres de familia de la Escuela Estatal Benjamín Versiani dos Anjos de la ciudad de Montes Claros, Minas Gerais, por su predisposición y apoyo para que se culmine con esta investigación.

DEDICATORIA

Con mucho amor para mis hijos Coral, Julie y Adiran; por todo su amor incondicional, comprensión y apoyo.

Tabla de Contenidos

CAPITULO I	10
INTRODUCCION	10
1.1 Planteamiento del problema	14
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.4 Descripción de Variables	19
Tabla 1	19
<i>Matriz con descripción de constructos</i>	19
Tabla 2	20
<i>Matriz con descripción de indicadores</i>	20
1.5 Modelo preliminar del estudio	20
.....	22
1.6 Significancia del estudio	22
CAPITULO II	24
REVISIÓN DE LITERATURA	24
2.1 La teoría del procesamiento de información	26
2.1.1 La gestión de información	27
2.2 Teoría de la convergencia simbólica	28
2.3 Teoría de la expectativa de violencia	29
2.3.1 El Humano y sus capacidades adaptativas	30

2.4 Teoría para la producción de signos.....	32
2.6 Neurofisiología del aprendizaje.....	36
2.6.1 Estímulos sensoriales entrantes	37
2.6.2 Actividad oscilatoria cerebral.....	38
2.6.3 La neurofisiología de la atención	40
2.7 Composición eléctrica cerebral	41
2.7.1 Los patrones de ondas cerebrales.....	41
2.7.2 Regiones cerebrales para el mapeo de ondas	42
CAPITULO III	48
METODOLOGÍA	48
3.1 Diseño de Investigación.....	48
3.2 Recolección de datos.....	48
3.3 Población de Estudio	49
3.4 Aspectos Éticos	50
3.4.1 Consentimiento informado y confidencialidad de los datos.....	50
3.4.2 Riesgos potenciales de la investigación.....	50
3.4.3 Beneficios potenciales de los participantes	51
3.5 Técnica de recolección de los datos.....	51
3.6 Materiales usados para la recolección de datos.....	53
CAPITULO IV.....	57

ANALISIS DE DATOS	57
4.1 Participantes	57
4.2 Criterios de inclusión y exclusión	58
4.3 Procedimiento de recolección de datos.....	61
4.3.1 Primera fase procedimiento: mapeo de ondas cerebrales	61
4.3.2 Segunda fase procedimiento Parte 1: Batería de evaluación cognitiva general CAB de CogniFit™	63
4.3.2.1 Evaluación de los criterios de calidad	64
4.3.3 Segunda fase procedimiento Parte 2: Simulador de inmersión virtual BIOVIT	65
4.3.3.1 Validación ecológica de la herramienta BIOVIT	66
4.4 Tercera fase procedimiento: Ambiente de experimentación con interfaz informática humana.....	67
4.4.1 Prueba BIOVIT: Guía de tareas y reglas.....	69
4.5 Procedimiento para el análisis estadístico de datos	71
4.6 Primera fase análisis de datos	76
4.6.1 Evaluación de cargas externas del modelo de la unidad A.....	76
4.6.2 Prueba de hipótesis para búsqueda de normalidad.....	78
4.6.3 Segunda fase análisis de datos: Pruebas descriptivas de tendencia central	79
4.6.4 Tercera fase análisis de datos: Creación del Modelo de Medición.....	80
4.6.5 Cuarta fase análisis de datos: Diseño de nueva escala de medición.....	81
4.6.5.3 Quinta fase análisis de datos	83

Prueba de hipótesis Mann-Whitney para la unidad de estudio B.....	83
CAPITULO V.....	86
RESULTADOS.....	86
5.1 Introducción.....	86
5.4 Discusión y Conclusiones.....	96
6 Referencias	100
APENDICE A-B.....	125

CAPITULO I

INTRODUCCION

Las capacidades adaptativas del ser humano hacia los cambios se generan biológicamente mediante las funciones ejecutivas y mnésicas, dentro de estas podemos mencionar la atención y memoria con su habilidad de recordar y llevar a cabo operaciones en el futuro (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017). Todo esto mediante procesos estructurados de codificación, interpretación y almacenamiento de información (Fombuena, 2016) vinculados a nuevos entornos digitales de procesamiento de información (Novikov, 2016),

Estos nuevos entornos producen datos diariamente, los cuales son almacenados, codificados e interpretados en la memoria, para luego ser gestionados con el uso de herramientas colaborativas, (Salas-Guerra, 2017). Por lo tanto, existen características únicas desarrolladas en el periodo digital, que se caracterizan por hábitos encaminados al uso e intercambio de información desde dispositivos electrónicos (David Tomas, Yoan Gutierrez & Isabel Moreno, 2015).

Este intercambio de información Griffin lo conceptualiza como un proceso relacional de creación e interpretación de mensajes que provocan una respuesta (Griffin, 2015). Por consiguiente, estos procesos de comunicación sincrónica deben ser entendidos y estudiados en la actualidad rumbo a la compleja y completa integración en la convergencia tecno-social (Espiritusanto, 2016) bajo la semántica de los procesos de interacción humano-información-maquina (Salas-Guerra, 2017).

Los nuevos paradigmas de investigación basados en la Interfaz cerebro-computadora estudian los procesos de aprendizaje por medio de la actividad oscilatoria

del cerebro la cual permite la sincronización entre grupos neuronales que intervienen en una acción motora, tarea cognitiva o perceptiva (Yuste et al., 2017; Corominas, 2016; Nanditha & A, 2017) siendo estas una serie de cualidades cognitivas, afectivas y fisiológicas, que posibilita conocer la manera en que las personas perciben, responden e interactúan en diferentes situaciones del diario vivir (Hoffmann, Freiberg & Liporace, 2015).

Una de las teorías que menciona la incorporación del aprendizaje a través de estímulos con el uso de la atención, la percepción y el almacenamiento es la teoría del procesamiento de la información (Moos, 2015). El proceso de aprendizaje usa el funcionamiento de la memoria a través del aumento gradual de las capacidades de procesamiento de la información en el desarrollo de habilidades para la obtención de conocimiento.

En consecuencia, el ser humano ejecuta métodos de codificación cognitiva que implican el procesamiento de información en la memoria (Andrews-Acquah, 2017), para que pueda ser recuperada posteriormente mediante la adquisición de información almacenada en ella. Esta teoría establece que existen límites en la cantidad de información que se procesa en cada etapa; este procesamiento de la información es interactivo y multitarea (Snowman & Biehler, 2014).

Otro teórico que define la percepción y el procesamiento de la información como dimensiones del aprendizaje es David Kolb (Rodríguez-Cepeda, 2018). Este investigador afirma que la preferencia por el aprendizaje abstracto aumenta con la edad, disminuyendo sus formas de actividad y pragmatismo, como es el caso de la educación andragógica (Hoffmann, Freiberg & Liporace, 2015).

No obstante, estos procesos pueden verse interrumpidos por diferentes factores; este estudio se enfocará en el ruido como primer factor, el cual es perjudicial en el desempeño cognitivo (Söderlund et al., 2010; Bunzeck, 2015), la percepción, función motora y la toma de decisiones (Faisal et al., 2009). Sin embargo, la revisión de literatura también establece que existen diferentes clases de ruido (Helps et al., 2014), como el “Ruido Blanco” con beneficios a nivel cognoscitivo (Velasco, 2013).

Segundo factor para considerarse en este estudio es el síndrome hiperkinético el cual es uno de los trastornos más comunes en la infancia, con una tasa de prevalencia que alcanza el 7%. La inatención es una de las características de este trastorno, que afecta las tareas prospectivas, el sistema de alerta y los procesos de receptividad de estímulos (Fang et al., 2019).

Estos factores expuestos anteriormente impiden que la atención extraiga las características de un estímulo, aumentando la actividad cerebral involucrada en su procesamiento (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017), ya que las redes neuronales involucradas en la atención, como el sistema de alerta, son las encargadas de mantener los procesos de receptividad de los estímulos y la preparación de respuestas (Rothlein et al., 2016) luego de recibir información de los sentidos.

Por consiguiente, una de las consideraciones relevantes en este estudio es la realidad virtual (VR) como una herramienta tecnológica beneficiosa a probarse en los procesos vinculados al desempeño cognitivo (Andersen, Mikkelsen, Konge, Cayé-Thomasen, & S-rensen, 2016; Bonetti, Warnaby, & Quinn, 2018) y el aprendizaje (Seeber et al., 2018).

La literatura reciente establece que los entornos virtuales inmersivos permiten trabajar con una serie de tareas que el cerebro realiza continuamente mediante la gestión de información en los estímulos visuales, audibles y táctiles (Diemer, Alpers, Peperkorn, Shibani, & M'hilberger, 2015) en situaciones de la vida real a través de procesamiento cognitivo (Venturini et al., 2016; van den Broek & Helder, 2017; Hilken et al., 2018).

Entre los nuevos retos en el desarrollo de los estímulos visuales, audibles y táctiles, la integración de experiencias online y su adaptación a entornos personales han integrado experiencias omnicanal de realidad virtual y aumentada (Hilken et al., 2018) que fusionan contenidos digitales como imágenes y animaciones en un entorno físico donde el usuario interactúa en tiempo real.

Por lo tanto, la realidad virtual permite el desarrollo de estímulos visuales dinámicos y táctiles mediante la codificación óptima de la información sensorial (Navarra & Waterhouse, 2019) minimizando la distracción de los estímulos entrantes (Venturini et al., 2016). Dentro del paradigma que establece el potencial de la realidad virtual para revolucionar la educación (Andersen et al., 2016) estos entornos pueden permitir al usuario sumergirse en una simulación de actividades cotidianas (Jensen & Konradsen, 2018).

Entre los nuevos retos del procesamiento multidimensional y de estimulación sensorial esta la integración de experiencias online y su adaptación a entornos personales integrando experiencias en los procesos de aprendizaje (Hilken et al., 2018) donde se fusionan contenidos digitales como imágenes y animaciones en un entorno físico para que el usuario interactúe en tiempo real.

Para que este proceso sea efectivo el uso de técnicas de diseño (UX) y usabilidad son de relevancia en estos nuevos entornos, esto se debe al grado de seguimiento espacial en la interfaz de usuario que no depende sólo de la orientación sensorial relativa a los sentidos de orientación, sino de la experiencia inmersiva a través de los grados de libertad en los movimientos de rotación - traslación a través de sensores de seguimiento y profundidad.

Para concluir, la interfaz humano-computador (HCI) requiere un diseño robusto de experiencia de usuario (UX) para realizar un seguimiento de los movimientos traslacionales y rotacionales (Seeber et al., 2018); lo cual facilita el desarrollo de estímulos perceptibles dinámicos como la información visual, auditiva y táctil, siendo estas de suma importancia para las funciones cognitivas como el aprendizaje.

1.1 Planteamiento del problema

Evidencia científica plantea que los mecanismos oscilatorios neurales desempeñan un papel primordial en funciones cognitivas como el aprendizaje, la memoria, la activación sensorial y percepción (Lozano-Soldevilla & VanRullen, 2019). Esta evidencia sugiere que las oscilaciones de banda alfa se activan en regiones corticales a través de múltiples sistemas sensoriales, particularmente cuando estas regiones están involucradas en el procesamiento de información irrelevante o distractora (Foxy & Snyder, 2011).

Dentro de estos procesos de comunicación la capacidad de retener información por un corto periodo de tiempo es de relevancia para tareas cognitivas como la planificación y la competencia verbal (Pavlov & Kotchoubey, 2017), ya que el sistema de

memoria humana utiliza procesos de codificación, organización y recuperación de datos (Díaz-orueta et al., 2016).

La literatura reciente establece que el ser humano necesita hacer inferencias sobre el medio ambiente para planificar y alcanzar objetivos con éxito, para hacer estas inferencias Młynarski y Hermundstad (2018) proponen que el sistema nervioso puede construir un modelo interno que vincule los estímulos sensoriales entrantes con las propiedades conductuales.

En la actualidad estudios no invasivos realizados por medio de fMRI funcional y tomografía por emisión de positrones PET han reportado correlación entre actividades en la corteza frontopolar y el rendimiento cognitivo (Mansouri et al., 2017), por lo tanto, una de las características cognitivas fundamentales es la capacidad de controlar la medida en que atendemos los estímulos.

Es por esta razón que al verse afectada la atención por la distracción de los estímulos como el ruido la carga perceptiva y cognitiva aumenta, limitando la capacidad para realizar procesos cognoscitivos importantes como el aprendizaje (Barnett et al., 2016). Este es el caso del síndrome hiperkinético o déficit de atención con hiperactividad (TDAH) al cual se ha identificado como uno de los trastornos más frecuentes en la población infantil (Rubiales, Bakker & Russo, 2014).

Existe suficiente evidencia científica que vinculan al síndrome hiperkinético con varios problemas de disfunción en el procesamiento sensorial (Navarra & Waterhouse, 2019), donde estos pacientes presentan problemas en la modulación sensorial en comparación con otros sin TDAH.

La regulación inadecuada del procesamiento sensorial se está reconociendo actualmente como una dimensión adicional en la sintomatología del síndrome hiperkinético (Navarra & Waterhouse, 2019), donde varios estudios han descrito alteraciones positivas inducidas por agentes psicoestimulantes.

Del mismo modo, estudios recientes han demostrado que el desarrollo de procesos atencionales preparatorios supone el éxito en tareas prospectivas (Grandi & Tirapu-Ustárriz, 2017) ya que una de las cualidades de la atención es ayudar a la extracción de las características de un estímulo, aumentando la actividad cerebral implicada en el procesamiento del mismo (Rothlein, DeGutis, & Esterman, 2016).

Sin embargo, se ha sugerido evaluar dicho déficit con el uso de pruebas ecológicas con realidad virtual (Picard et al., 2017), debido a que estos entornos permiten al usuario sumergirse en una simulación de actividades cotidianas (Parsons, Carlew, et al., 2017) facilitando el desarrollo de estímulos perceptibles dinámicos como el procesamiento, propagación y sincronización de información; características atribuidas a la actividad oscilatoria del cerebro (Kissinger et al., 2018).

Por lo tanto, a la medida en que dependamos de información visual para guiar la información auditiva, los factores contextuales e individuales se producirán de forma natural y frecuente (Marian et al., 2018). Estos factores son controlados por el cerebro el cual dirige todas las funciones mnésicas, las cuales incluyen recibir e interpretar información que a la vez es procesada a través de sensores como la vista, audición y el tacto (Hassanien & Azar, 2015).

Aunque en estudios recientes se ha demostrado que las neuronas sensoriales se adaptan dinámicamente a las cambiantes distribuciones de los estímulos de manera que

establecen una óptima codificación (Młynarski & Hermundstad, 2018). Aún no está clara la interacción entre estos dos componentes, ya que se ha encontrado que las deficiencias en el procesamiento sensorial esta correlacionado con los problemas de comportamiento y cognición (Navarra & Waterhouse, 2019). Además, de problemas en la falta de respuesta debido a lo cual la persona tarda en responder a la información sensorial entrante.

Por último, otro tipo de problema en el procesamiento sensorial está determinado por la dificultad de interpretar las características específicas de estímulos sensoriales como el sonido y el proceso de alerta en la visión, creándose en ocasiones un proceso de discrepancia espacial entre el origen del sonido y el receptor.

Para concluir con este enunciado queda por comprobarse si la modulación del procesamiento de la señal sensorial es un componente importante de la mejora del rendimiento inducida por agentes psicoestimulantes o el uso de pruebas ecológicas con realidad virtual (Parsons, Carlew, et al., 2017).

También, comprobar si las pruebas ecológicas de realidad virtual permiten el desarrollo de estímulos perceptibles dinámicos mediante codificación óptimas de la información sensorial (Navarra & Waterhouse, 2019), minimizando de esta forma la distracción de los estímulos entrantes (Barnett et al., 2016).

1.2 Preguntas de Investigación

Buscando una respuesta al planteamiento del problema de esta investigación, se ha definido las siguientes preguntas de investigación:

- ¿El ruido blanco binaural de 100 a 750hz puede mejorar el rendimiento de la memoria visual de trabajo a corto plazo?

- ¿Existe alguna relación entre los niveles de actividad cerebral alfa y el incremento de la atención?
- En participantes de 7 a 12 años diagnosticados con el síndrome hiperkinético el uso de la herramienta de inmersión virtual BIOVIT ¿Puede causar rendimientos significativos en la retención e incremento de la atención?

1.3 Objetivos de la investigación

El presente estudio buscara responder las preguntas de investigación planteadas anteriormente mediante los siguientes objetivos descritos a continuación:

Primero: comprobar si los estímulos sensoriales entrantes como el ruido blanco binaural de 100 a 750hz mejora el rendimiento de la memoria visual de trabajo a corto plazo. Además, buscará explorar el comportamiento de la actividad cerebral alfa vinculadas al incremento de la atención.

Esto debido a que en los procesos de aprendizaje la memoria prospectiva y su habilidad para recordar y llevar a cabo ciertas operaciones en el futuro (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017) son de suma importancia debido a los proceso de gestión de información almacenada en recuerdos a corto plazo (Fombuena, 2016; Luna-Lario et al., 2017); este tipo de memoria exige y requiere de la atención para el desarrollo de sus funciones (Parra-Bolaños et al., 2017).

Segundo: considerando la importancia de la atención en el aprendizaje, este estudio también buscará medir la retención e incremento de la atención en pacientes de 8 a 12 años diagnosticados con el síndrome hiperkinético mediante el uso de procesos

de estimulación y mapeo de ondas cerebrales por medio de la herramienta de inmersión virtual BIOVIT.

Puesto que varios estudios han proporcionado pruebas suficientes sobre la eficacia del contenido de realidad virtual y los videojuegos en la evaluación de las funciones ejecutivas (Seeber et al., 2018) midiendo su alcance entre espacios tradicionales de investigación y con entornos de realidad virtual. (Pallavicini et al., 2019).

1.4 Descripción de Variables

Para tener un mejor entendimiento del fenómeno y sus variables de estudio en esta investigación a continuación se describirán y definirán los respectivos constructos e indicadores.

Tabla 1

Matriz con descripción de constructos

Código	Variable	Tipo	Definición	Referencia
ISE	Información Sensorial Entrante	Latente Exógena Formativa y Estructural	Capacidad compuesta por la detección, la discriminación y la codificación de la información sensorial.	(Navarra & Waterhouse, 2019)
ETP	Éxito en Tareas Prospectivas	Latente Endógena Formativa y Estructural	Desarrollar procesos atencionales preparatorios suponen el éxito en tareas prospectivas, ya que una de las cualidades de la atención es ayudar a la extracción de las características de un estímulo,	(Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017; Fombuena, 2016)

Tabla 2*Matriz con descripción de indicadores*

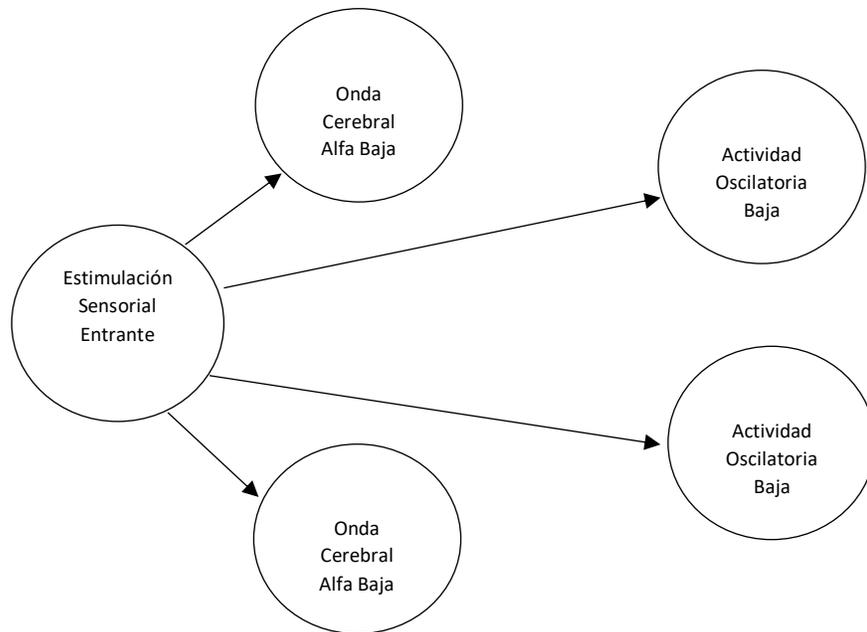
Código	Variable	Tipo	Definición	Referencia
ISE-1	Estimulo Audible	Observable	Sistema biológico para realizar inferencias del ambiente que lo rodea para lograr planificar y cumplir metas exitosamente, mediante la construcción de un modelo interno que vincule los estímulos sensoriales entrantes a las propiedades conductuales.	(Młynarski & Hermundstad, 2018)
PRU-1	Test de memoria con ruido blanco Binaural de 100 – 450 Hz	Exógena		
PRU-2	Test de memoria con ruido blanco Binaural de 100 – 750 Hz	Formativa y Medida		
ISE-2	Estimulo Visual	Observable	La visión periférica, la búsqueda visual, velocidad de procesamiento visual y la percepción de color están acompañados de un proceso de reducción de sensación a cognición vinculadas a las áreas de atención frontal.	(Navarra & Waterhouse, 2019)
		Exógena		
ANT	Atención	Observable	Es un proceso íntimamente relacionado a la memoria que nos proporciona la capacidad de seleccionar de todas las fuentes de estimulación información de relevancia y funcionalidad para el desarrollo de tareas y acciones a desempeñar.	(Ruiz-Contreras & Cansino, 2005)
RAeS-01		Exógena		
RAeS-02		Formativa y Estructural		

1.5 Modelo preliminar del estudio

En relación con la unidad de estudio A, el modelo preliminar incluye una variable independiente (estimulación sensorial entrante); cuatro variables dependientes (actividad oscilatoria baja, actividad oscilatoria alta, onda cerebral alfa baja y onda cerebral alfa alta).

Ilustración 1

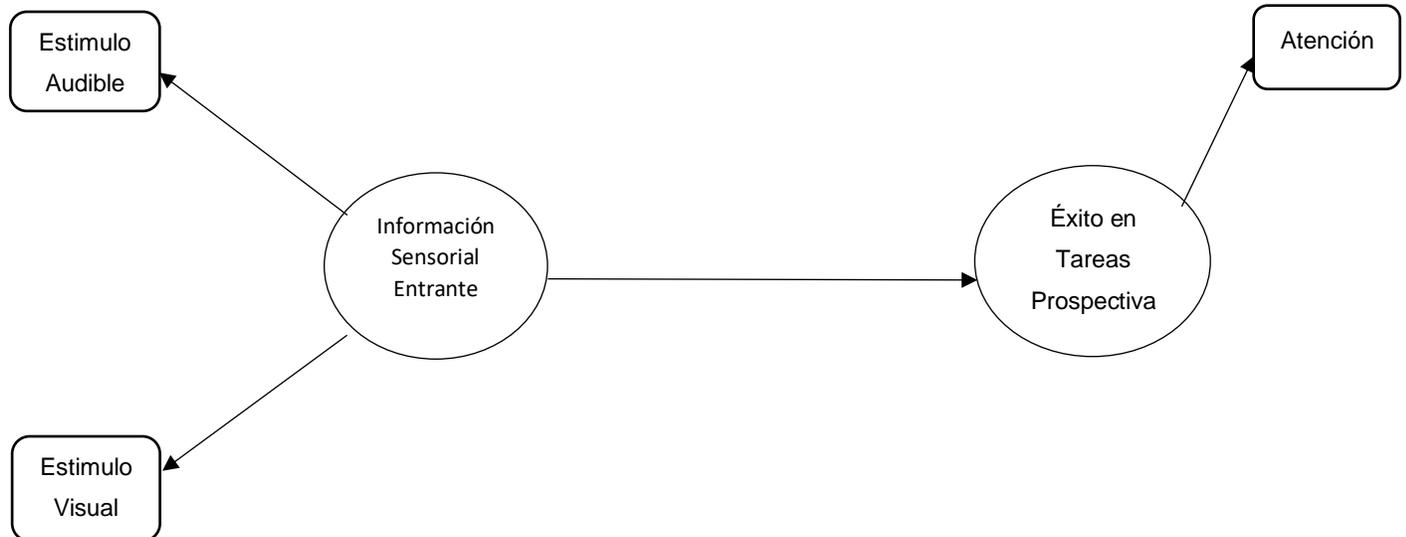
Modelo preliminar unidad de estudio A basado en constructos



En relación con la unidad de estudio B, el modelo preliminar se compone por dos constructos uno independiente (información sensorial entrante), y uno dependiente (Éxito en tareas prospectivas). Los indicadores que medirán la variable independiente son los estímulos audibles y el estímulo visual y en relación con la variable dependiente su indicador es la atención. Luego de terminada la revisión de literatura se presentará el modelo final con la formulación de la respectiva hipótesis de investigación.

Ilustración 2

Modelo preliminar unidad de estudio B basado en constructos e indicadores



1.6 Significancia del estudio

Esta investigación busca solventar los problemas identificados en la revisión de literatura expuestas en este estudio en relación con ciertos efectos producidos por la interacción simétrica en la comunicación Biocibernética, validando los estudios previos que afirman la existencia de una correlación entre actividades en la corteza frontopolar y el rendimiento cognitivo.

En términos de la universalidad su aportación se enmarca en el diseño e implementación de la herramienta de prueba y medición en inmersión virtual BIOVIT; la misma busca medir la atención en poblaciones vulnerables con el síndrome hiperactivo, el cual afecta a millones de niños sin importar su nacionalidad, raza, edad, condición social.

Dentro del proceso de validez ecológica de la herramienta, su uso fue considerado debido a que en la mayoría de las pruebas neuropsicológicas las actividades complejas de la vida real y la manera como los individuos manejan estas actividades en el diario vivir son difíciles de medir, por consiguiente, para fines de evaluación en este estudio se creó la herramienta de inmersión virtual BIOVIT adaptado de la prueba de múltiples mandados MET.

Esta herramienta juntamente con las variables seleccionadas busca explicar con mayor exactitud la manera como se puede solucionar el problema de la inatención. Además, de presentar una alternativa a los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje usados en niños diagnosticados con el síndrome hiperkinético, creando y contribuyendo con un modelo de aprendizaje en realidad virtual (M-kinen et al., 2020).

También pretende coadyubar en los procesos de innovación e identificación de oportunidades comerciales. Esto debido a la importancia del uso de tecnologías basadas en HCI el cual desempeña un papel de relevancia en la creación de tecnología. Esta contribución permitirá combinar el rigor y el control de las pruebas con estímulos fijos realizados en el laboratorio y simulaciones en ambientes de inmersión virtual mediante un enfoque basado en funciones (Parsons & McMahan, 2017) que inducen a los estímulos dinámicos en situaciones de la vida real (Blume et al., 2017).

Para concluir con este apartado, en vista de que el uso de tecnologías obsoletas son determinantes en pruebas de laboratorio tradicionales, este estudio modelara los procesos de adquisición, evaluación y validación de datos primarios mediante nuevas técnicas de análisis de la actividad sensorial en el mundo real (Parsons, 2015), plenamente usadas en entornos de realidad virtual.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Este capítulo iniciamos con un resumen introductorio a la importancia de la revisión de literatura de este trabajo de investigación, para que los temas puedan ser abordados con profundidad y claridad. Este resumen busca darle al lector una guía temática y conceptual de la relevancia teórica y práctica en la que se basa este estudio.

Iniciamos esta sección mencionando la existencia de ciertos artifacts inherentes al cambio del periodo tipográfico al digital (Abrol et al., 2017), los cuales permitirán abordar los nuevos procesos de comunicación, siendo estos relevantes en la actualidad al confrontar la pandemia mundial del COVID-19 (Ellis, 1994; Pangrazio, 2015).

Aunque en esta eventualidad fue notoria su importancia, en este trabajo se explicara la compleja interacción que existe entre el humano (h), información (i) y la maquina (m); la cual ha cambiado por completo la forma en que los humanos interactúan (Novikov, 2016) y se comunican mediante el uso de dispositivos electrónicos que procesan y transfieren información.

Existen nuevas tecnologías que gestionan los datos mediante protocolos enfocados en la continuidad, disponibilidad y universalidad de la comunicación los cuales tienen como propósito integrar la tecnología con la sociedad, como es el caso de los “Sistemas Físicos Cibernéticos” (Minerva & Biru, 2015). Estas tecnologías están regidas mediante políticas de control y gobernanza a nivel de procesos dentro de las unidades sociales (Rajkumar et al., 2010).

Estas tecnologías de gestión de información son la base dentro del proceso multidimensional de la comunicación, el cual establece ciertos factores polisémicos como

el intercambio y la cooperación produciendo cambios de sentido y significado. Estos cambios establecen capacidades fisiológicas en la percepción y sensibilidad por parte del observador (Aguado-Terrón, 2004; Stier et al., 2018).

Por lo tanto, es importante definir a la comunicación como el paso de una señal, desde la fuente a través del transmisor, a lo largo de un canal, hasta llegar a un punto de destino (Griffin, 2015). Dentro de este concepto teórico se ha de considerar que el proceso de comunicación maquina a máquina no tiene capacidad significativa sino simplemente movimiento de información.

En la actualidad la gestión de comunicación biocibernética (humano-maquina-humano) debe establecerse bajo el acto de procesamiento, propagación y sincronización de información en el destinatario (Kissinger et al., 2018) además de un profundo comportamiento interpretativo que llevara a una respuesta a esa motivación.

Por lo tanto, cocientes de la importancia de la gestión e información este trabajo expondrá y estudiara el nuevo paradigma de la realidad virtual que tiene el potencial para revolucionar la educación (Andersen et al., 2016). Por esta razón, se estudió las agendas de investigación actuales las cuales dan un señalamiento negativo a la falta de elementos prácticos que resuelven el uso de la simulación en la educación (Jensen & Konradsen, 2018).

Es evidente que estos señalamientos se fundamentan en su ineficiencia como método eficaz en el aprendizaje, lo cual fue de notoriedad en el periodo de la pandemia del COVID-19, que llevo a una profunda insatisfacción entre los estudiantes, profesores y padres de familia.

Esto debido a que el ser humano necesita hacer inferencias sobre el medio ambiente para planificar y alcanzar los objetivos con éxito; para hacer estas inferencias M'ynarski & Hermundstad, (2018) proponen el modelaje que vincule los estímulos sensoriales entrantes con las propiedades conductuales. Ya que existen ciertos patrones de deficiencia en la función visual que la literatura identifica como percepción de profundidad, visión periférica, búsqueda visual, velocidad de procesamiento visual y percepción del color (Navarra & Waterhouse, 2019) que van acompañados de un proceso de reducción de la sensación a la cognición vinculada en las áreas frontales.

Para concluir, estudios recientes han demostrado que el desarrollo de procesos de atención preparatorios presupone el éxito en las tareas prospectivas (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017) ya que una de las cualidades de atención es ayudar a la extracción de las características de un estímulo, aumentando la actividad cerebral implicada en el procesamiento de estos mediante la gestión de información (Rothlein, DeGutis, & Esterman, 2016).

2.1 La teoría del procesamiento de información

En esta sección, se discutirá las teorías que aportan su base conceptual a este trabajo de investigación, permitiéndonos entender la importancia del procesamiento de información, la comunicación grupal, la comunicación no verbal y la comprensión del mensaje, así como nuevos fenómenos lingüísticos basados en la evolución y transformación de códigos virtuales,

Iniciamos con la teoría del procesamiento de información la cual muestra el proceso que incorpora el aprendizaje mediante la estimulación del entorno con el uso de la atención, percepción y almacenamiento (Moos, 2015). Además del manejo de

información en la memoria mediante un incremento gradual en la capacidad de procesamiento de información la cual establece complejos procesos en el desarrollo de habilidades para la obtención de conocimiento.

Por lo tanto, el humano realiza procesos cognitivos de codificación que implica el procesamiento de la información en la memoria (Acquah, 2017), para que luego esta pueda ser recuperada mediante la extracción de información almacenada en la misma. Esta teoría establece que hay límites en la gestión de información que es procesada en cada etapa, siendo este procesamiento de información interactivo y multitarea (Snowman & Biehler, 2014).

2.1.1 La gestión de información

Los colectivos sociales han desarrollado una nueva manera de gestionar la información, estableciendo un modelo basado en el “Pensamiento Colaborativo” (Pang & Lee, 2008; Parsons et al., 2017), el cual conlleva un pensamiento amplio y global referente a la manera como el humano interactúa dentro de ambientes virtuales.

Este ecosistema trae en si un modelo colaborativo de participación, diversidad cultural, generacional e integración inherente a una nueva forma colectiva de comunicación y pensamiento social colaborativo (Nielsen, 2015), ya que la individualización en la gestión de información es prácticamente nula, esto debido al nuevo modelo colaborativo, el cual rige las redes sociales (Hillman, 2007; Joo & Teng, 2017; Rui & Stefanone, 2018).

Una de las principales características de la “Tecnología Social” es la manera como se comparte la información (Salas-Guerra, 2017), el uso de la Web 3.0 (Palotti et al., 2019) ha estandarizado la manera de compartir y gestionar información (Minerva & Abyi

Biru, 2015). Esto ha permitido el uso y exposición de datos en diferentes plataformas, siendo de suma importancia en el desarrollo de los procesos de “diseminación” lo cual conlleva “compartir y guardar información”.

Dentro de este proceso folksonómico es de suma importancia la clasificación, agrupación y organización de información para ser usada de una manera fácil a través de “Tags” (Hayman et al., 2007), la misma fue usada por primera vez por Thomas Vander Wal, este método de etiquetado social incrementa sustancialmente el proceso rápido de búsqueda, identificación y análisis de entidades relevantes asociadas o asignadas a una pieza de información (Hayman et al., 2007).

Para concluir, la tecnología social se nutre de los procesos de interacción humano – información - maquina H + I + M, y el impacto de la información en tiempo real. Por lo tanto, se ha de considerar la necesidad del estudio de los procesos de comunicación en grupos sociales con características y necesidades similares.

2.2 Teoría de la convergencia simbólica

La teoría de la convergencia simbólica estudia los procesos de comunicación en grupos para alcanzar cohesión (Kafle, 2014), donde los procesos de comunicación humana subyacen a los componentes de las realidades en formas de símbolos, concibiendo el proceso de comunicación en identificación de propias experiencias o ideales a través de consensos grupales.

Esta teoría explica el proceso de como las fantasías compartidas son interpretaciones imaginativas de eventos que satisfacen las necesidades psicológicas o retóricas de un grupo, estas unen a las personas para formar así una conciencia de grupo

como es el caso de los grupos de chat privados de WhatsApp o públicos como es el caso de Facebook (Dixon & Velten, 2016).

Para Griffin (Griffin, 2015) es importante establecer la diferencia entre un tema de fantasía el cual es compartido por un grupo, y una visión retórica cuando grandes grupos de personas comparten una fantasía que crea un sentido compartido de la realidad, desarrollándose así un proceso de identidad grupal (Beebe & Masterson, 2012).

Generalmente este fenómeno es observado en diferentes comunidades virtuales, donde emergen nuevas conductas aprendidas, no verbales mediante el uso de simbología digital (Bowler Jr, 2010), las cuales son inspiradas por visiones retóricas simbólicas como la ideografía, ideología, orientación y visión, esto crea y mantiene la conciencia de comunidad, grupo u organización (Kartikawangi, 2017).

2.3 Teoría de la expectativa de violencia

En los últimos cuarenta años esta teoría se ha extendido hacia conductas no verbales aplicándose en distintos contextos interpersonales basados en la comunicación y comprensión del mensaje (Burgoon, 2016). Esta teoría postula el desarrollo de ciertas expectativas sobre como otras personas deberían comunicarse con nosotros, la violación a esta expectativa desencadena ciertos cambios emocionales que impulsan a un proceso de interpretación y evaluación de esa violación (Rui & Stefanone, 2018).

Por consiguiente, como lo menciona Campo et al., (2004) al violar las expectativas de un receptor de un mensaje, se creara una respuesta de orientación la cual conducirá a un mayor enfoque en el contenido del mensaje, una vez que los receptores se centren en el mensaje se verán obligados a evaluarlos.

De acuerdo con (Averbeck & Miller, 2014) el lenguaje simple versus el lenguaje complejo puede tener un impacto potente en la capacidad de persuasión de un mensaje, esto implica que las personas se sienten más cómodas y comprometidas cuando la complejidad del lenguaje de un mensaje coincide con sus propias capacidades (Berne & Clark, 2006).

Dentro de redes sociales, las impresiones en apoyo o respaldo a una imagen expuesta públicamente establece una norma social (Rui & Stefanone, 2018), por lo tanto, los efectos en la influencia y control, están basados en la fuerza de vínculos creados, así como la credibilidad de la fuente.

El impacto sobre la personalidad de los miembros de la comunidad virtual mediante la autoestima, liderazgo y comportamiento en línea (Gutiérrez-Flórez et al., 2018), ha desarrollado nuevos líderes de opinión mediáticos, los cuales desarrollan mensajes en función a la demografía, creencias, valores, religión, política, que coadyuva en diferentes estilos de vida (Weeks et al., 2015).

2.3.1 El Humano y sus capacidades adaptativas

Las capacidades adaptativas del ser humano hacia los cambios (Espiritusanto, 2016), se generan biológicamente mediante la memoria y su habilidad de recordar y llevar a cabo operaciones en el futuro (Grandi & Tirapu-Ustárróz, 2017), estas operaciones están basadas en gran manera en el impacto de la comunicación en el sistema cognitivo.

Este impacto se basa en procesos estructurados que se realizan mediante la codificación, interpretación y almacenamiento de información (Fombuena, 2016), además de la adaptación a nuevos ambientes; sean estos por asimilación o acomodación

(Panadero, 2014). Esto permite entender algunos fenómenos causados dentro de los contornos cibernético-social, como es la adaptación (Novikov, 2016), el cual es un proceso que establece condiciones cambiantes basados en la adecuación de un sistema a un nuevo tipo de entorno.

Este nuevo entorno produce datos diariamente, los cuales son almacenados, codificados e interpretados en la memoria, para luego ser gestionados con el uso de herramientas basadas en pensamiento colaborativo e inteligencia artificial (Yuste et al., 2017). Por lo tanto, las nuevas generaciones han desarrollado hábitos encaminados a la gestión de información desde sus dispositivos electrónicos (Tomas, Gutierrez & Moreno, 2015).

Sin embargo, la comunicación efectiva es una variable determinante en una relación interpersonal saludable. Por tal razón, los nuevos procesos de comunicación basados en mensajes de texto, iconografía visual, spots de voz, micro videos, memes, hologramas y demás representaciones humanas deben ser entendidas y estudiadas en la actualidad rumbo a la compleja y completa integración de la convergencia tecno-social (Espiritusanto, 2016; Salas-Guerra, 2017), dentro de un proceso de estudio semántico del nuevo lenguaje natural.

Por consiguiente, debemos considerar que la comunicación es el proceso relacional de creación e interpretación de mensajes que provocan una respuesta (Griffin, 2015), estos mensajes pueden ser textuales, audibles o no verbales con el uso de símbolos, lo cual impacta notablemente en toda la sociedad, en especial en ciertas áreas de vulnerabilidad mediante patrones de impacto generados por la influencia masiva a través de las comunidades virtuales dentro de un metaverso.

2.4 Teoría para la producción de signos

La teoría de los signos bautizada como semiología y usada posteriormente con el termino semiótica por Saussure, Locke, Lambert y Peirce, muestra el estudio de los signos dentro de un enfoque social (Zecchetto, 2002). Los nuevos fenómenos lingüísticos basados en la evolución y transformación de códigos (Eco, 2000), y las nuevas formas de comunicación Biocibernética donde el uso de los signos representa el estado de las cosas, busca establecer la praxis del estímulo mediante la obtención de una respuesta.

No obstante, el signo visual como pieza de información está vinculado conjuntamente con el signo lingüístico para ser repetido infinitamente (Sonesson, 1997); esto nos muestra un proceso escalable en el uso de signos dentro de las nuevas manera de emplear mensajes dentro del ecosistema físico cibernético.

La imagen adquirió importancia al ser usadas socialmente en formas de comunicación (Sonesson, 1997) dentro del periodo tipográfico, ya en el periodo digital el uso cotidiano de herramientas de mensajería muestran la combinación entre el texto y los signos estableciendo validez en las percepciones culturales, procurando explicaciones teóricas que den razón coherente a los fenómenos de comunicación Biocibernética (Zecchetto, 2002).

Este proceso evolutivo del uso de imágenes en 2D y 3D en los procesos comunicativos emergen desde el uso rudimentario de piedras, papiros y luego en pinturas en iglesias, impresión y distribución de libros hasta llegar al uso cotidiano en nuestra actual era digital. Esto se debe a que la información es almacenada y compartida ubicuamente, permitiéndonos están inmersos en procesos de comunicación en tiempo real como es el caso del metaverso sin mediar ningún factor demográfico o sociocultural.

2.5 Teorías de aprendizaje basadas en la cibernética social

En esta sección se discutirá los retos y los problemas actuales de la enseñanza - aprendizaje con base a una profunda y sintetizada revisión de literatura, para luego abordar aspectos referentes a la neurofisiología del aprendizaje, los estímulos sensoriales entrantes y la actividad oscilatoria del cerebro con su relación al aprendizaje.

La educación en el periodo digital en el que vivimos está alcanzando retos nunca vistos, precedidos por fenómenos que involucran no solamente a unidades sociales tradicionales, sino también a las nuevas comunidades en realidad virtual. Aunque innovar es difícil, es un reto, que exige la necesidad de crear nuevos métodos de enseñanza que impacten a la actual generación de estudiantes, los mismos que llegan con nuevas necesidades y expectativas.

El aprendizaje se le ha definido como un proceso de adquisición, modificación de ideas, habilidades, conductas, las cuales son el resultado de la observación, experiencia, instrucción y razonamiento (Zapata-Ros, 2012). No obstante, el impacto de los fenómenos de la cibernética social analizados anteriormente alcanza tanto aspectos individuales, como colectivos en nuestra sociedad (Aladro Vico, 2011; Fitzpatrick, 2018).

Por lo tanto, la construcción del conocimiento desde el sujeto y el mundo que lo rodea (Cantero, 2014) busca entender la interrelación entre el estudiante, la información, la máquina y el profesor dentro del nuevo periodo digital, para lograr establecer un modelo que permita integrar al salón de clase un nuevo ambiente de aprendizaje.

Ese es el papel del diseño instruccional el cual busca identificar cualquier punto del proceso de diseño. A menudo una idea se desarrolla para dar en el núcleo

instruccional la cual es la base para que el diseñador establezca la base para el desarrollo de un programa académico (Brown & Green, 2006).

El diseño instruccional es un procedimiento sistemático que usa las teorías de aprendizaje e instrucción para garantizar su calidad, bajo un proceso de análisis de las necesidades y metas de aprendizaje (Brown & Green, 2006). Esto Incluye el desarrollo de materiales de instrucción y ocupaciones; así como prueba y evaluación de todas las actividades de instrucción y aprendizaje. Para entender mejor el papel de las teorías de aprendizaje e instrucción discutiremos las más relevantes que encajan con nuestra investigación.

2.5.1 Aprendizaje basado en problema

El aprendizaje basado en problemas (PBL) es un enfoque de instrucción donde los estudiantes aprenden resolviendo problemas desafiantes y abiertos. Los problemas son tareas auténticas y se resuelven en equipos de estudiantes de base social y contextual (González et al., 2013).

Los estudiantes confían en su conocimiento actual para resolver el problema planteado, identificando la información que necesitan para saber resolver el problema y las estrategias que se deben utilizar, ya que una de las habilidades que se busca desarrollar en este proceso es el análisis crítico, la toma de decisiones y la colaboración en equipo (Rodríguez-Cepeda, 2018).

El aprendizaje tradicional al ser comparado con el aprendizaje basado en problemas demuestra que los enfoques tradicionales de aprendizaje a menudo siguen un proceso lineal en el que el instructor dicta lo que se debe hacer. Una de las

características es presentar información y detalles que luego los estudiantes utilizan para resolver un problema.

Al contrario, en el aprendizaje basado en problemas, primero se presenta el problema y luego los estudiantes trabajan en equipos pequeños para resolver el problema donde cada uno de los pasos para solucionar el problema se relacionan entre sí y son iterativos. Dentro de este proceso el instructor identifica un problema deliberadamente complejo y motiva a los estudiantes en el proceso de investigación, reflexión y razonamiento (Borracci & Arribalzaga, 2015).

El problema debe estar vinculado al contenido del curso; Sin embargo, aunque no debería ser familiar para los estudiantes, debería ser relevante para el posible uso futuro en los ambientes de trabajo ayudando a enseñar a los estudiantes nuevas habilidades. Durante el aprendizaje basado en problemas, los estudiantes colaboran en pequeños equipos para explorar la situación del problema presentado. A través de esta exploración se espera que los estudiantes identifiquen ciertas necesidades dentro de sus propios conocimientos y habilidades (Savin-Baden, 2004).

2.5.2 Modelo de aprendizaje de Kolb

Una de las realidades a la que nos enfrentamos en el proceso académicos es que no todas las personas aprenden de la misma manera. Por lo tanto, es importante utilizar diferentes estilos de aprendizaje, según Hoffmann, Freiberg & Liporace, (2015) los estilos son una serie de cualidades cognitivas, afectivas y fisiológicas, que nos permiten conocer la forma en que las personas perciben, responden e interactúan en diferentes situaciones de aprendizaje.

David Kolb define la percepción y el procesamiento de la información como dimensiones del aprendizaje (Rodríguez-Cepeda, 2018), destacando un cierto nivel de importancia en la educación andragógica, donde este teórico afirma que la preferencia por el aprendizaje abstracto aumenta con la edad, disminuyendo esta forma de actividad y pragmatismo (Hoffmann, Freiberg & Liporace, 2015).

Según Romero, Salinas & Mortera, (2010), este modelo de aprendizaje incorpora cuatro capacidades básicas: experiencia concreta CE, observación reflexiva OR, conceptualización CA y experimentación activa EA. Kolb afirma que la experiencia tiene una relevancia en el proceso de aprendizaje condicionando la experiencia de vida (Rodríguez-Cepeda, 2018).

Para concluir, una importancia relevante a la experiencia adquirida, es el modo que con esta aseveración nos lleva a la práctica de procesos de enseñanza-aprendizaje con una base de conocimiento adquirido previamente la cual puede ayudar a estrechar el margen entre la tecnología y la educación.

2.6 Neurofisiología del aprendizaje

Los nuevos paradigmas basados en la Interfaz cerebro-computadora permiten estudiar el desarrollo de procesos de aprendizaje mediante oscilaciones flexibles entre estados de activación cognitivas (Corominas, 2016; Yuste et al., 2017; Nanditha, 2017). No obstante, estos procesos pueden verse interrumpidos por el factor ruido el cual es perjudicial en el desempeño cognitivo (Söderlund et al., 2010), afectando la percepción, función motora y la toma de decisiones (Faisal et al., 2009) igualmente, se ha demostrado que el ruido acústico puede disminuir selectivamente la precisión de la memoria (Bunzeck, 2015).

Sin embargo, la revisión de literatura también establece que existen diferentes clases de ruido (Helps et al., 2014), como el “Ruido Blanco” donde se puede encontrar beneficios a nivel cognoscitivo (Velasco, 2013). Evidencia científica plantea que los mecanismos oscilatorios neurales desempeñan un papel primordial en funciones cognitivas como el aprendizaje, la memoria, la activación sensorial y percepción (Lozano-Soldevilla & VanRullen, 2019).

Esta evidencia sugiere que las oscilaciones de banda alfa se activan en regiones corticales a través de múltiples sistemas sensoriales, particularmente cuando estas regiones están involucradas en el procesamiento de información irrelevante o distractora (Foxe & Snyder, 2011); esta activación debe producirse mediante el uso de estímulos entrantes como se discutirá a continuación.

2.6.1 Estímulos sensoriales entrantes

La literatura reciente establece que el sistema biológico necesita realizar inferencias sobre el medio ambiente para lograr planificar y cumplir metas exitosamente, para realizar estas inferencias Młynarski & Hermundstad proponen que el sistema nervioso puede construir un modelo interno que vincule los estímulos sensoriales entrantes a las propiedades conductuales (Młynarski & Hermundstad, 2018).

No obstante, existen ciertos patrones de deficiencia en la función visual que la literatura identifica como la percepción de profundidad, la visión periférica, la búsqueda visual, velocidad de procesamiento visual y la percepción de color (Navarra & Waterhouse, 2019) los cuales están acompañados de un proceso de reducción de sensación a cognición vinculadas a las áreas de atención frontal.

Las propiedades visuales de bajo nivel tienen ciertas características como el tono, la frecuencia espacial y la orientación (Ester et al., 2017), se han atribuido varias funciones a la actividad oscilatoria de las neuronas en el cerebro, incluido el procesamiento de la información, la propagación de la información y la sincronización entre las áreas del cerebro (Durkin et al., 2017).

La actividad oscilatoria dentro de bandas de frecuencia particulares se correlaciona con la carga cognitiva, la atención y otras funciones cerebrales de orden superior y las oscilaciones de baja frecuencia se pronuncian durante los estados de sueño (Kissinger et al., 2018).

2.6.2 Actividad oscilatoria cerebral

Estudios recientes establecen que las oscilaciones de baja frecuencia son importantes dentro de los procesos de percepción de los estímulos visuales (Einstein et al., 2017), varias funciones se han atribuido a la actividad oscilatoria en el cerebro incluyendo el procesamiento, propagación y sincronización de información (Kissinger et al., 2018) las mismas se correlacionan con carga cognitiva como la atención y algunos componentes de la función ejecutiva.

Por consiguiente, la función ejecutiva está caracterizada por una amplia gama de procesos cognitivos en el lóbulo prefrontal (Pallavicini et al., 2019) los mismos cubren procesos asociados a la inhibición reactiva o regulación del comportamiento en el logro de objetivos, control inhibitorio o impulsos para la toma de decisiones, memoria de trabajo y cognición reflexiva o la capacidad de adaptarse a las prioridades cambiantes.

En la memoria se establece un proceso complejo mental a través de la codificación, mantenimiento y recuperación de la información almacenada (Parra-Bolaños et al., 2017), no obstante, en estudios recientes se demostró que el daño en los lóbulos temporales podría afectar la capacidad de nuevo aprendizaje, sin afectarse el rendimiento en tareas a corto plazo (López, 2011).

Dentro de la neurofisiología del aprendizaje, están implícitos la vinculación de la corteza prefrontal y la memoria de trabajo (Santana, 2007). Por consiguiente, la memoria de trabajo es definida como un mecanismo complejo capaz de almacenar información, usar la información disponible y mantenerla por un breve periodo de tiempo (Gontier B., 2011).

En cuanto a la memoria retrospectiva y prospectiva por muchos años el énfasis del estudio se llevó a cabo desde una dimensión retrospectiva los cuales son los recuerdos de eventos y hechos del pasado, no obstante, la memoria prospectiva es la capacidad de recordad o llevar a cabo acciones en el futuro (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017).

Dentro de los proceso de gestión de información biológica la memoria prospectiva es definida como una habilidad para recordar y llevar a cabo ciertas operaciones en el futuro (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017), esto conlleva un proceso de recuperación de información que se encuentra almacenada (Fombuena, 2016).

Demostrando así su eficacia en los procesos de codificación e interpretación, ya que los recuerdos a corto plazo desarrollan suficientes recursos de recuperación semántica (Luna-Lario et al., 2017). Empero, la memoria icónica exige y requiere

atención (Parra-Bolaños et al., 2017) entendiéndose así la relación de este tipo de memoria con la atención.

Por lo tanto, podemos observar que la gestión de información parte del proceso de recuperación y gestión de la información guardada previamente mediante la memoria prospectiva, y la importancia de la atención por medio de la memoria icónica.

2.6.3 La neurofisiología de la atención

De una manera general las diferentes redes neuronales distribuidas a nivel cortical y subcortical como la formación reticular, amígdala, tálamo, ganglios basales, corteza parietal, corteza frontal y prefrontal con mayor participación en el hemisferio derecho están implicados en la atención (Parra-Bolaños et al., 2017) no obstante, esta participa activamente en el control ejecutivo y la detección de estímulos.

Estudios recientes han demostrado que desarrollar procesos atencionales preparatorios suponen el éxito en tareas prospectivas (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017) ya que una de las cualidades de la atención es ayudar a la extracción de las características de un estímulo, aumentando de esta manera la actividad cerebral involucrada en el procesamiento del mismo (Ruiz-Contreras & Cansino, 2005).

Dentro de los aspectos neurofisiológicos las redes neuronales implicadas en la atención como el sistema de alerta o excitación es responsable de mantener los procesos de receptividad a los estímulos contribuyendo a preparar la respuesta (Bartés-Serrallonga et al., 2014), localizada en el tálamo la cual recibe la información que nos llega a atreves de los sentidos.

Dentro de los procesos de atención, es de relevancia la toma de decisiones la cual emprende una acción concreta en un fenómeno determinado por numerosas y diversas influencias neurales (Santana, 2007). Este proceso parte de la influencia de las áreas sensoriales del córtex posterior en las motivaciones e instinto, el cual implica la habilidad de seleccionar estímulos débiles pero relevantes dentro de entornos de estímulos más fuertes protegiendo de esta manera las nuevas estructuras de comportamiento de interferencias internas y externas.

2.7 Composición eléctrica cerebral

La red neural posee una actividad constante a la que se le denomina ritmo basal (Antonio & Martínez, 2015), sus alternaciones dentro de la región cerebral conllevan una afectación emocional, fisiológica y racional. Nuestras emociones pueden interferirse mediante estímulos externos, los cuales preparan el sistema cognitivo para responder a las señales predeterminadas (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017), a su respectivos procesos físicos-mentales.

2.7.1 Los patrones de ondas cerebrales

Las ondas cerebrales se clasifican según su frecuencia (Morillo, 2005) (Antonio & Martínez, 2015) (Barraza, 2015), y están descritas con las siguientes características:

Table 3

Clasificación ondas cerebrales

	Beta	Alfa	Theta	Delta
<i>Frecuencia</i>	12Hz o mas	8 a 12Hz	4 a 7Hz	0.1 a 4Hz
<i>Región</i>	Frontal y frontal superior	Occipital	Fronto-centro temporal	Cuadrantes posteriores
<i>Amplitud</i>	Menor a los 50 Microvoltios	50 a 120 Microvoltios	No supera los 100	Mayor amplitud y menor frecuencia

				Microvoltios
<i>Estado</i>	Concentración mental, actividad mental intensa	Relajación y poca actividad mental	Meditación profunda	Sueño profundo
<i>Morfología</i>	Sinusoidal	Sinusoidal	Irregular	
<i>Encontrada</i>			15 años y adultos somnolientos	
<i>Tareas</i>	Movimientos de extremidades	Sujeto alerta o despierto	Automáticas, sin control	

2.7.2 Regiones cerebrales para el mapeo de ondas

El uso del electroencefalograma, llamado también EEG, permite en tiempo real medir la actividad eléctrica cerebral mediante (Lotte et al., 2015) las siguientes funciones:

- a) Medición de actividad cerebral con el empleo de sensores expuestos externamente en el cuero cabelludo del participante.
- b) Limpieza del ruido de los datos de entrada mejorando la señal a ser procesada.
- c) Extracción de características para descubrir valores relevantes mediante selección de canales y bandas de frecuencia (Mellinger, 2010)
- d) La clasificación asigna características de las señales extraídas en ciertos intervalos de tiempo, buscando patrones y estableciendo procesos de clasificación, normalmente apoyados por algoritmos de inteligencia artificial como eSense (Nanditha & A, 2017).
- e) La asociación de un patrón de onda cerebral vinculado en estudios de BCI a comandos corporales motores mediante señales cerebrales del participante, como es el ejemplo el parpadeo del ojo o levantar el brazo (Suresh & Shanmugaraju, 2016)

El espectro para el levantamiento de información lo establecen las siguientes regiones: Fp1, F7, F3, C3, T3, T5, P3, O1, Fp2, F8, F4, C4, T4, T6, P4, and O2; las cuales se explican a continuación de acuerdo a lo mencionado por (Ronald I. Herning, Warren Better, 2012):

Ilustración 3

Lóbulo prefrontal, región Fp1, Fp2 (elaboración propia)



Ilustración 4

Polo occipital, región O1, O2 (elaboración propia)

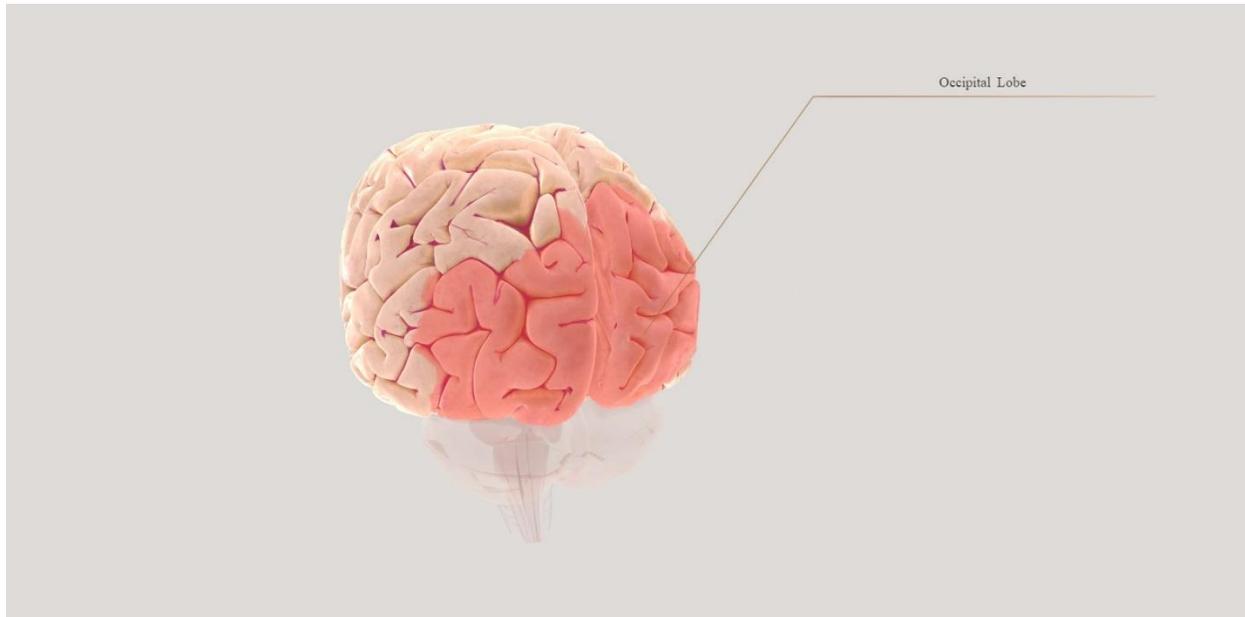


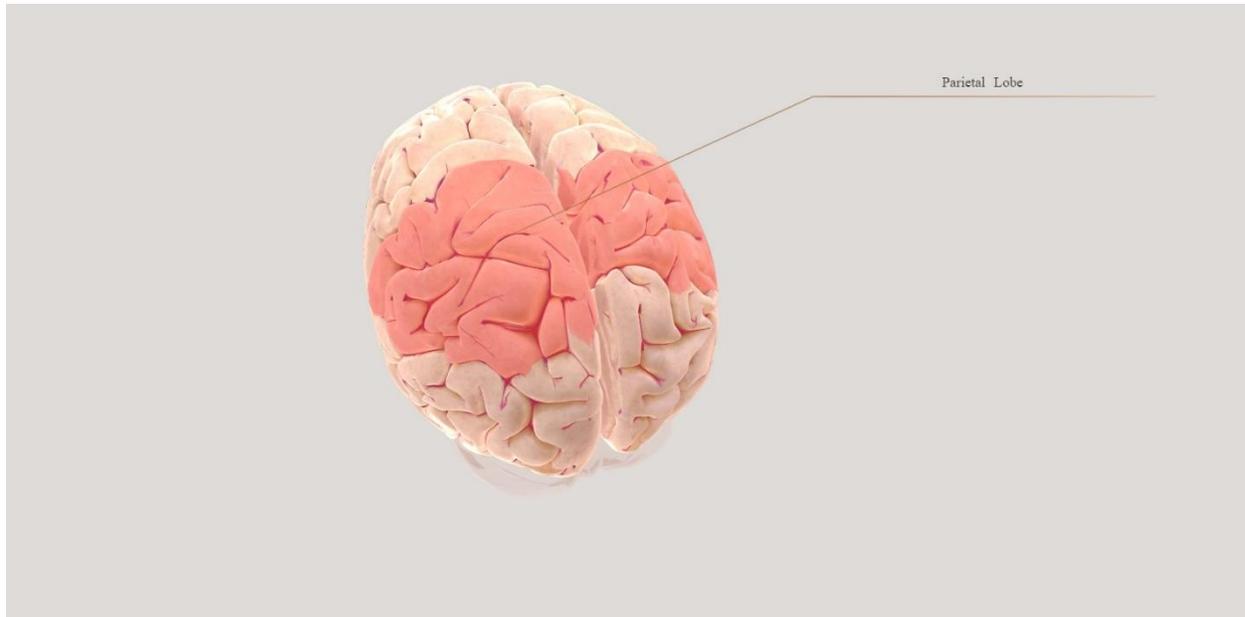
Ilustración 5

Lóbulo frontal, región F3, F4, F7, F8 (elaboración propia)



Ilustración 6

Lóbulo parietal, región P3, P4, T5, T6 (elaboración propia)



2.8 Los problemas de la atención y el TDAH

La atención ayuda a extraer las características de un estímulo, aumentando la actividad cerebral implicada en su procesamiento (Grandi & Tirapu-Ustárroz, 2017). Las redes neuronales involucradas en la atención, como el sistema de alerta, son responsables de mantener los procesos de receptividad a los estímulos, preparando la respuesta después de recibir información de los sentidos (Rothlein et al., 2016).

El síndrome hiperkinético o el déficit de atención con hiperactividad TDAH afecta con mayor frecuencia a la población infantil (Jensen & Konradsen, 2018). Hay evidencia sustancial que vincula el síndrome hiperkinético con varios problemas de disfunción del

procesamiento sensorial (Parsons & McMahan, 2017) presentando problemas de modulación sensorial en comparación con otros sin TDAH.

Para su tratamiento se usan agentes estimulantes los cuales buscan mejorar la calidad de vida de los pacientes; sin embargo, las pruebas ecológicas con realidad virtual son una opción muy alentadora que beneficia la modulación del procesamiento de señales sensoriales (Seeber et al., 2018).

Estas pruebas pueden mejorar la gestión de la información visual, audible y táctil a través de procesos mnésicos estructurados como la codificación, interpretación, almacenamiento de información (Fombuena, 2016) y la capacidad de recordar y realizar operaciones en el futuro (Fang et al., 2019).

2.9 La inmersión virtual y los estímulos visuales dinámicos

Dentro del paradigma que establece el potencial de la realidad virtual para revolucionar la educación (Rothlein et al., 2016; Młynarski & Hermundstad, 2018), los entornos de realidad virtual permiten al usuario sumergirse en una simulación de actividades diarias. La inmersión en realidad virtual ayuda en el desarrollo de estímulos visuales dinámicos mediante la codificación óptima de la información sensorial (Parsons et al., 2017) minimizando la distracción de estímulos entrantes (Navarra & Waterhouse, 2019).

La interfaz humano-ordenador HCI requiere un diseño robusto de experiencia de usuario UX para realizar un seguimiento de los movimientos traslacionales y rotacionales (Seeber et al., 2018), lo cual facilita el desarrollo de estímulos perceptibles dinámicos como la información visual y auditiva.

Varios estudios han proporcionado pruebas suficientes sobre la eficacia del contenido de realidad virtual y los videojuegos en la evaluación de las funciones ejecutivas (Seeber et al., 2018). Recientemente, el contenido de realidad virtual, basadas en nuevas experiencias de usuario UX y videojuegos se han estudiado para medir su alcance entre espacios tradicionales y entornos virtuales (Pallavicini et al., 2019).

La eficiencia del diseño UX en estos nuevos entornos se debe al grado de seguimiento espacial en la interfaz de usuario que no depende sólo de la orientación sensorial relativa a los sentidos de orientación, sino de la experiencia inmersiva a través de los grados de libertad en los movimientos de rotación – translación a través de sensores de seguimiento y profundidad.

Para concluir, el contenido de realidad virtual produce efectos específicos observados en la revisión de literatura, los cuales benefician el aumento y la retención de la atención de forma natural y frecuente (Andersen et al., 2016). Estos efectos incluyen el procesamiento, propagación y sincronización de la información atribuido a la actividad oscilante del cerebro (Kissinger et al., 2018), permitiendo al usuario realizar inferencias sobre el medio ambiente para planificar y alcanzar los objetivos con éxito (M'ynarski & Hermundstad, 2018).

Por consiguiente, este estudio tratará de responder a la pregunta de investigación mediante la formulación de la siguiente hipótesis:

H1: La herramienta de inmersión virtual BIOVIT mantienen e incrementan los niveles de atención en participantes de 7 a 12 años diagnosticados con el síndrome hiperkinético.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño de Investigación

En esta sección discutiremos el enfoque de la presente investigación, el cual será cuantitativa, buscando evaluar la posible causa en las relaciones exposición-resultado, mediante un proceso secuencial y de razonamiento deductivo para el análisis de la realidad objetiva que nos proponemos observar (Thiese, 2014).

La metodología de este estudio estará enmarcada en el diseño longitudinal de tendencia el cual busca identificar el estado de exposición, así como ejecutar un proceso de seguimiento para identificar qué participantes desarrollan los resultados de interés en esta investigación (Orengo, 2008).

3.2 Recolección de datos

La recolección de los datos se hará en un momento único e independiente con cada participante, ya que este enfoque de la investigación al ser longitudinal y de tendencia buscare medir el rendimiento de la atención mediante el mapeo de señales digitales recolectadas en ondas cerebrales a través de una serie de tiempo (Rubio, 2012). Para facilitar mejor la recolección y medición de datos de los dos experimentos realizados se crearon dos unidades de estudio denominadas unidad de estudio A y B.

Con la unidad A, estos resultados permitirán validar si los estímulos sensoriales entrantes como el ruido blanco binaural de 100 a 750hz pueden mejorar el rendimiento de la memoria visual de trabajo a corto plazo, además de explorar el comportamiento de la actividad cerebral alfa vinculadas al incremento de la atención.

Con la unidad B este estudio permitirá probar la herramienta BIOVIT basada en MET a través de una interfaz humano-ordenador HCI, y la posibilidad de replicar el estudio toda vez que nos proponemos obtener de dicha población los datos organizados en tablas diseñadas para tales fines (González, 2011).

Esta investigación cuenta con muestreo pseudoaleatorio intencional (Hueso & Cascant, 2012) ya que incorpora en la unidad A una población compuesta por participantes entre 21 y 50 años con escolaridad media y universitaria, y en la unidad B una población compuesta por participantes de 8 a 12 años de edad diagnosticados con el síndrome hiperkinético. Estas muestras estarán seleccionadas mediante los criterios de inclusión y exclusión, así como la respectiva autorización de los padres de familia y el de las respectivas autoridades de las instituciones académicas donde se realizaron los estudios.

3.3 Población de Estudio

El estudio con la unidad A se realizó en la ciudad de Montes Claros, estado de Minas Gerais en la República Federal de Brasil. Con la participación de 7 voluntarios ($n = 7$) con una edad promedio de 36.71, los participantes fueron distribuidos en dos grupos, el primero llamado GP1 con edades entre 21 a 30 y el segundo grupo GP2 con edades entre 41 a 50, con escolaridad media a universitaria.

Con la unidad B se evaluaron 18 participantes ($n = 18$) los cuales son estudiantes de escuelas públicas y/o municipales establecidas en el Municipio de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, Brasil. En ambos estudios el reclutamiento se realizó de forma incidental, mediante la difusión del proyecto, de viva voz a través de información expuesta en las respectivas asociaciones de apoyo a familiares de pacientes con el

síndrome hiperkinético, la participación fue siempre voluntaria, no remunerada y con el requisito previo de la lectura y aprobación de la hoja de información del proyecto de investigación, así como la firma de su respectivo consentimiento informado.

3.4 Aspectos Éticos

3.4.1 Consentimiento informado y confidencialidad de los datos

La participación fue siempre voluntaria, no remunerada y con el requisito previo de la lectura y aprobación de la hoja de información del proyecto de investigación y la firma de su respectivo consentimiento informado.

Los datos generados en el estudio fueron guardados en repositorio digital usando procesos de encriptación de información, cumpliendo de esta manera con las políticas de integridad, trazabilidad, y conservación adecuada durante el tiempo establecido mediante la generación sistemática de la generación de copias de seguridad periódicas, la cual será guardada por un lapso vigente de cinco años (UAB, 2013).

La copia de esta fue retornada al participante después que finalizó el estudio, garantizando evitar la diseminación por error o desconocimiento. De igual forma se realizó una copia de seguridad de los programas (*Software*) usados en el proceso de registro de datos de los pacientes por el tiempo establecido en el protocolo.

3.4.2 Riesgos potenciales de la investigación

Dentro de los riesgos o molestias que puedan derivarse de su participación en el estudio es importante establecer la diferencia entre un estudio de la actividad eléctrica cerebral mediante el uso de dispositivos invasivos y no invasivos.

- a. **El Electroencefalograma o EGG no invasivo:** El Electroencefalograma es aquella exploración neurofisiológica mediante el uso de electrodos sobrepuestos

en el cuero cabelludo, para registrar actividad en la corteza cerebral, estos registros se toman mediante procesos en la estimulación audible, visual o táctil.

- b. **La Electrocorticografía o ECOG invasivo:** La Electrocorticografía es aquella exploración neurofisiológica, la cual utiliza electrodos colocados directamente sobre la superficie expuesta del cerebro, para registrar actividad en la corteza cerebral, mediante el uso de craneotomías o en el quirófano durante una cirugía.

Por lo tanto, el **uso del EEG** se lo reconoce como un método seguro y no invasivo para aplicaciones neurofisiológicas.

3.4.3 Beneficios potenciales de los participantes

La presente investigación al buscar medir el impacto de los estímulos sensoriales dinámicos en el éxito de tareas prospectivas en pacientes diagnosticados con el síndrome hiperkinético o déficit de atención con hiperactividad TDAH, permitió solventar los problemas relacionados a la relación causal de estas variables en la literatura.

El uso de simulación de actividad cotidiana con realidad virtual como metodología novel usada para observar el comportamiento de los estímulos permitirá desarrollar previo resultados significantes herramientas de aprendizaje basadas en realidad virtual para pacientes de TDAH.

3.5 Técnica de recolección de los datos

En esta sección se explicará las técnicas y los materiales a usarse en el proceso de recolección, no obstante, en el siguiente capítulo se explica el procedimiento. La recolección de datos con técnica electroencefalográfica (Martínez & Guardiola, 2006) se realizó en la unidad A y B mediante un registro gráfico de la actividad eléctrica

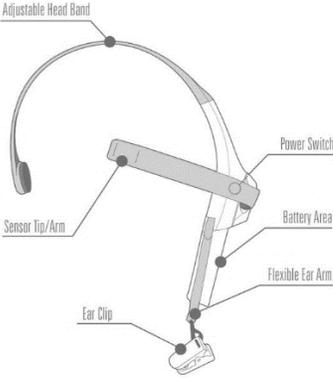
cerebral, compuesto por un numero variado de ondas que se presentan de forma aislada o en grupos.

Dentro de este proceso de registro de datos macrofisiológico del estudio no invasivo, los participantes fueron instruidos para mantenerse tranquilos para colaborar con el uso del EEG o Electroencefalograma monopolar denominado también como en inglés como “*Brain computer interface*” BCI (Yuste et al., 2017).

En relación con el EGG, el dispositivo consta de un adaptador craneal externo ubicado en el lado izquierdo de la frente llamado en la nomenclatura de posición de electrodos como región frontopolar Fp1 (ver ilustración 1 Prefrontal) del hemisferio izquierdo (Morillo, 2005), así como el uso de audífonos de alta fidelidad que bloquearan sonidos externos buscando escuchar solamente las muestras de estímulo auditivo.

Table 4

Especificaciones del EEG Monopolar NeuroSky

Specifications	NeuroSky EEG	Diagram
Weight:	90g	
Top sensor dimensions:	225mm x width:155mm x depth: 92mm	
Lower sensor dimensions:	225mm x width:155mm x depth:165mm	
Force Range:	30mw to 50mw - 6dBm RF max power	
Frequency:	2,420 - 2.471GHz RF	
Data Range:	250kbit/s RF	
Range:	10m RF	
Packet Loss:	5% via Wireless	
Uart baudrate:	57,600 baud	

Maximum input signal:	1mV pk range signal
Hardware Range Filter:	3Hz to 100hz
ADC Resolution:	12bits
Sample range:	512Hz
Esense calculation range:	1Hz

El dispositivo de recolección de datos dispone de unos algoritmos llamados eSense¹™ (NeuroSky, 2010) los cuales miden los niveles de atención y meditación, estos algoritmos desarrollan procesos y espectros dinámicos de oscilación mediante adaptación de fluctuaciones naturales en base a tendencias de cada participante mediante el uso de distractores de atención ambiental.

Además, los resultados del análisis pueden medirse mediante una escala asignada por el algoritmo eSense™ de una manera predetermina. Por consiguiente, esta escala permitirá medir la atención y meditación mediante los siguientes rangos: desempeño bajo (1-39), desempeño normal o base (40-60), desempeño superior (61-100).

3.6 Materiales usados para la recolección de datos

En el estudio con la unidad A se usó un electroencefalograma monopolar y una batería de evaluación cognitiva general CAB de CogniFit™ las cuales se describe más adelante. También se usó dos muestras de ruido blanco compuestas por dos archivos llamados sample-1-sound.wav (100 a 450hz) y sample-2-sound.wav (100 a 750hz).

¹ Algoritmo patentado por NeuroSky

Estas muestras de ruido blanco fueron usadas con cada participante por separado en las mismas condiciones ambientales. Para minimizar la densidad y elasticidad del medio de propagación se usaron audífonos de alta fidelidad. La descripción técnica de las muestras de ruido blanco está definida a continuación.

Tabla 5

Valores muestras control ruido blanco binaural

Muestra Control Ruido -1 MCR-1	Valores	Muestra Control Ruido -2 MCR-2	Valores
Complete name:	Sample-1-sound.wav	Complete name:	Sample-2-sound.wav
Format:	Wave	Format:	Wave
File size:	24.3 MiB	File size:	80.3 MiB
Duration:	1mn 11s	Duration:	3mn 58s
Overall bit rate mode:	Constant	Overall bit rate mode:	Constant
Overall bit rate:	2 822 Kbps	Overall bit rate:	2 822 Kbps
		Writing application:	Edison (libsndfile- .0.24)
		Comment:	Recorded on 11/23/2017 in Edison.
		Software:	Edison
Audio		Audio	
Format:	PCM	Format:	PCM
Format profile:	Float	Format profile:	Float
Codec ID:	3	Codec ID:	3
Codec ID/Hint:	IEEE	Codec ID/Hint:	IEEE
Duration:	1mn 11s	Duration:	3mn 58s
Bit rate mode:	Constant	Bit rate mode:	Constant
Bit rate:	2 822 Kbps	Bit rate:	2 822 Kbps
Channel(s):	2 channels	Channel(s):	2 channels
Sampling rate:	44.1 KHz	Sampling rate:	44.1 KHz
Bit depth:	32 bits	Bit depth:	32 bits
Stream size:	24.0 MiB (100%)	Stream size:	80.3 MiB (100%)

En el estudio con la unidad B, se usó un electroencefalograma monopolar, y la herramienta de inmersión virtual BIOVIT basada metodológicamente en la prueba MET desarrollada para este estudio mediante el uso de un dispositivo háptico mediante virtual Real Feel Racing con un entorno virtual de tres grados de libertad (3DoF) de seguimiento,

rastreado los movimientos rotacionales basados en sensores (acelerómetros, giroscopios y magnetómetros) integrados en el dispositivo móvil usado para la prueba.

Ilustración 7

Tres grados de libertad 3DoF (elaboración propia)

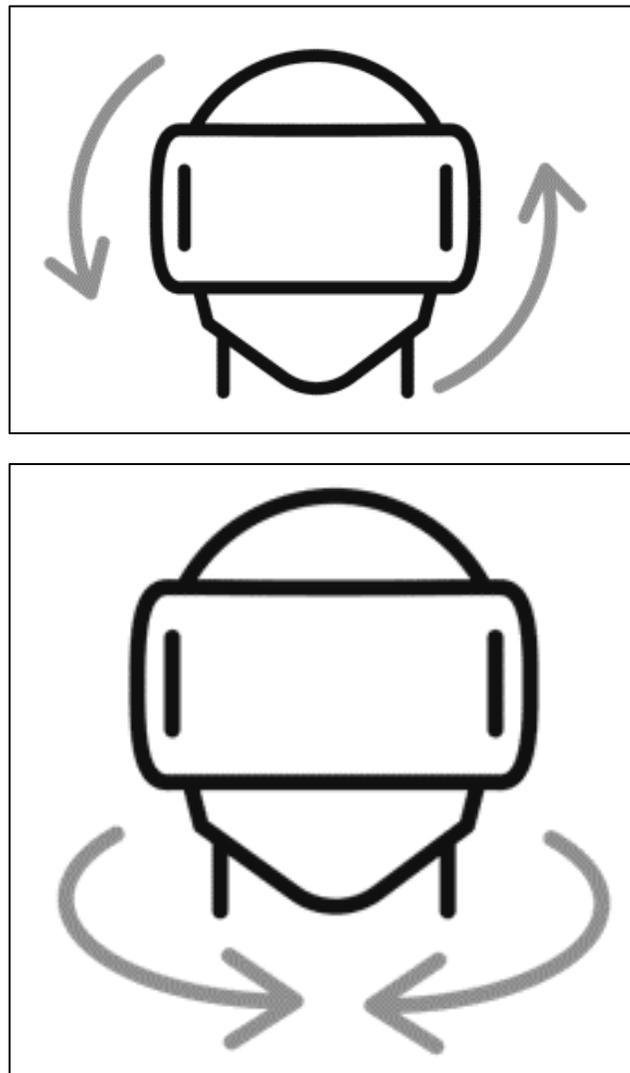




Ilustración 7

Simulador virtual RFR (virtual real feel racing)



CAPITULO IV

ANALISIS DE DATOS

4.1 Participantes

Esta investigación se realizó en la ciudad de Montes Claros, estado de Minas Gerais en la República Federal de Brasil entre 2018 y 2019 respectivamente, con dos unidades de estudio denominadas Unidad A y Unidad B. Este estudio se desarrolló bajo un proceso de estimulación y mapeo de ondas cerebrales para ambas unidades.

Con la unidad A se usó la batería de evaluación cognitiva general CAB de CogniFit™ inspirada en Wechsler Memory Scale WMS, Test Clásico Memory Malingering TOMM, y Torre de Londres TOL (Bloom et al., 2017), y con la Unidad B se usó la herramienta de inmersión virtual BIOVIT (Pallavicini et al., 2019) basada conceptualmente en la prueba MET (Shallice & Burgess, 1991), mediante el registro electroencefalográfico monopolar tomado de la región frontopolar del hemisferio izquierdo.

En este estudio de caso único se evaluaron 7 participantes ($n = 7$) por separado en la unidad A con una edad promedio de $37 \pm$, los participantes fueron distribuidos en dos grupos, el primero llamado GP1 con edades entre 21 a 30 y el segundo grupo GP2 con edades entre 41 a 50, con escolaridad media a universitaria.

Con la Unidad B se evaluaron 18 participantes ($n = 18$) por separado con una edad promedio de $10 \pm$ años, y organizados en dos grupos (GP1² $n = 6$) con edades de 8 a 12 y (GP2³ $n = 12$) con edades de 8 a 12, los dos grupos con similar grado de

² Grupo de participantes 1

³ Grupo de participantes 2

escolaridad “enseñanza fundamental” de acuerdo con la nomenclatura académica de Brasil.

El reclutamiento para la unidad A se realizó de forma incidental, mediante la difusión del proyecto seleccionándose n=7 participantes. En relación con la Unidad B se realizó un acercamiento a padres de familia de hijos con déficit de atención e hiperactividad, a través de los directivos escolares de los respectivos establecimientos educativos donde se seleccionó los n=18 participantes para el estudio de caso único, todo esto con el apoyo de los profesores de educación especial.

De acuerdo con lo reportado por los padres de familia y los directivos institucionales los participantes no fueron medicados para participar en el estudio. La participación en ambas unidades de estudio fue siempre voluntaria, no remunerada y con el requisito previo de la lectura y aprobación de la hoja de información del proyecto de investigación y la firma de su respectivo consentimiento informado por parte de los participantes, padres de familia y los respectivos directivos de las dos instituciones educativas que participaron en el estudio.

4.2 Criterios de inclusión y exclusión

Los participantes debían cumplir con los siguientes criterios de inclusión que se detalla a continuación:

4.2.1 Unidad de estudio A

Para los criterios de inclusión se consideró los siguientes factores:

- a) Residentes en la ciudad de Montes Claros, en el Estados de Minas Gerais en la República Federal de Brasil.

- b) Su primera lengua debe ser el portugués.
- c) Los rangos de edad serán de 21 a 50 Años.
- d) Género: femenino y masculino.
- e) Escolaridad enseñanza media a universitaria.
- f) La audición, visión y condiciones físicas deben ser adecuadas para realizar las evaluaciones (deben utilizarse las medidas protésicas correctoras, tales como el uso de gafas, audífono o cualquier otro dispositivo).
- g) Capacidad suficiente de ver, escuchar y capacidad de usar cualquiera de sus dos extremidades para el uso de un dispositivo electrónico táctil.

Para los criterios de exclusión se consideró los siguientes factores:

- a) Falta de voluntad o incapacidad del participante para colaborar adecuadamente en el estudio.
- b) Cualquier patología del sistema nervioso central, que pueda afectar a la cognición como la enfermedad de: Parkinson, huntington, tumor cerebral, hidrocefalia, parálisis supra nuclear progresiva, epilepsia, hematoma subdural, esclerosis múltiple, historia de infarto cerebral.
- c) Episodio depresivo mayor o trastorno distímico, según los criterios DSM-V.
- d) Enfermedad cardiovascular inestable o clínicamente significativa en los 6 meses anteriores y que, a juicio del clínico, pueda tener impacto en las capacidades mentales.
- e) Diabetes insulino dependiente.
- f) Historial o presencia de abuso de alcohol o drogas conocidas en los 24 meses anteriores a la elaboración de la prueba.

- g) Cualquier situación que pudiera hacer al participante, según la opinión del investigador principal, inadecuados para el estudio.

4.2.2 Unidad de estudio B

Para los criterios de inclusión se consideró los siguientes factores:

- a) Residentes en la ciudad de Montes Claros, en el Estado de Minas Gerais en la República Federal de Brasil.
- b) Poseer un diagnóstico clínico con déficit de atención e hiperactividad.
- c) Su primera lengua debe ser el portugués.
- d) Rangos de edad de 8 a 12 años.
- e) Escolaridad de enseñanza fundamental.
- f) La audición, visión y condiciones físicas deben ser adecuadas para realizar las evaluaciones (deben utilizarse las medidas protésicas correctoras, tales como el uso de gafas, audífono o cualquier otro dispositivo).
- g) Capacidad suficiente de ver, escuchar y capacidad de usar cualquiera de sus dos extremidades para el uso del simulador de inmersión virtual.

Para los criterios de exclusión se consideró los siguientes factores:

- a) Falta de voluntad o incapacidad del participante para colaborar adecuadamente en el estudio.
- b) Cualquier patología del sistema nervioso central, que pueda afectar a la cognición como la enfermedad de: párkinson, huntington, tumor cerebral, hidrocefalia, parálisis supra nuclear progresiva, epilepsia, hematoma subdural, esclerosis múltiple, historia de infarto cerebral.

- c) Episodio depresivo mayor o trastorno distímico, según los criterios DSM-V.
- d) Enfermedad cardiovascular inestable o clínicamente significativa en los 6 meses anteriores y que, a juicio del clínico, pueda tener impacto en las capacidades mentales.
- e) Diabetes insulina-dependiente.
- f) Cualquier situación que pudiera hacer al participante, según la opinión del investigador principal, inadecuados para el estudio.

4.3 Procedimiento de recolección de datos

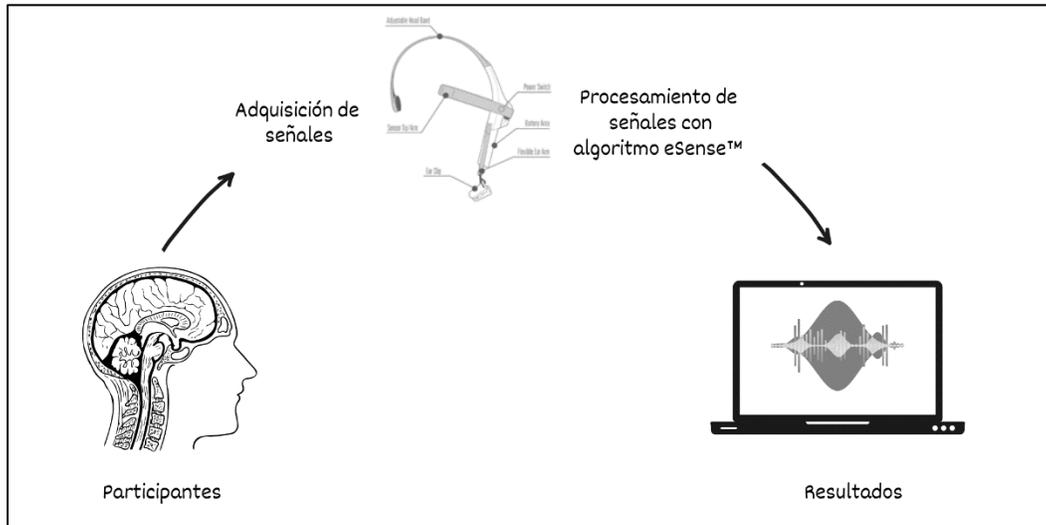
4.3.1 Primera fase procedimiento: mapeo de ondas cerebrales

En este apartado se describe el proceso referente a la recolección primaria de datos obtenidos por el mapeo de ondas cerebrales mediante la electroencefalografía (Martínez & Guardiola, 2006) el cual es un registro o mapeo gráfico de la actividad eléctrica cerebral, compuesto por un número variado de ondas que se presentan de forma aislada o en grupos (Antonio & Martínez, 2015).

Dentro de este proceso de registro de datos macro-fisiológicos no invasivo, los participantes de ambas Unidades de estudio fueron instruidos a mantenerse tranquilos, y colaborar con el uso del EEG o Electroencefalograma monopolar, denominado en inglés como "*Brain computer interface*" o BCI. Para realizar este registro de datos al participante se le coloca un sensor mediante un adaptador craneal externo en la zona próxima al lóbulo frontal llamado en la nomenclatura de posición de electrodos como región frontopolar Fp1 del hemisferio izquierdo (Morillo, 2005).

Ilustración 8

Proceso de la recolección de datos

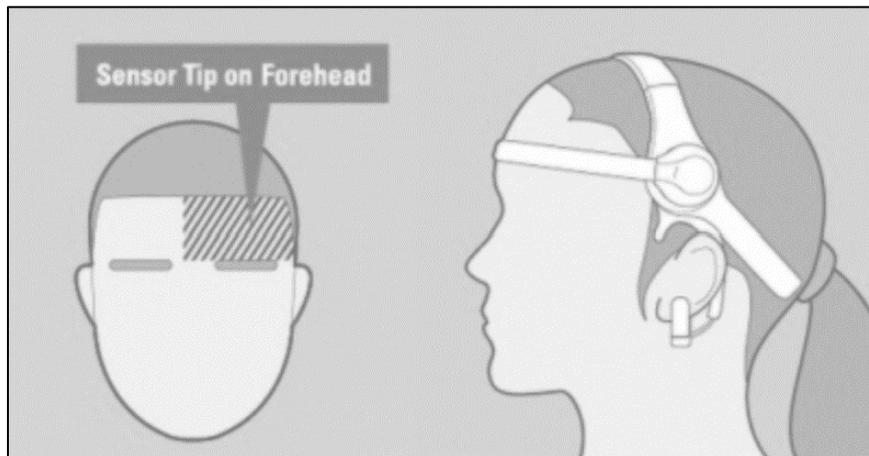


Esta zona es de mucha relevancia (ver Ilustración 9) ya que está encargada de la inteligencia, atención y memoria lo cual permitirá estudiar el cambio neuronal cuando el participante se someta a estímulos audibles, visuales o táctiles. El dispositivo de recolección de datos dispone también de un algoritmo llamado eSense⁴™ (NeuroSky, 2010) el cual mide los niveles de atención y meditación.

⁴ Algoritmo patentado por NeuroSky

Ilustración 9

Posición de electrodos sistema NeuroSky en la región Fp1



Este algoritmo desarrolla procesos y espectros dinámicos de oscilación mediante adaptación de fluctuaciones naturales en base a tendencias de cada participante mediante el uso de los respectivos estímulos entrantes, que en nuestro estudio fue la muestra de ruido blanco binaural y el simulador de inmersión virtual BIOVIT.

Para concluir, la escala asignada por el algoritmo eSense™ para la variable atención y meditación está compuesta por el siguiente rango de desempeño: a) bajo 1-39; b) normal o base 40-60; superior 61-100. La descripción técnica del electroencefalograma monopolar está disponible en la Tabla I.

4.3.2 Segunda fase procedimiento Parte 1: Batería de evaluación cognitiva general CAB de CogniFit™

Para realizar la prueba la memoria visual de corto plazo se usó la batería de evaluación cognitiva general CAB de CogniFit™, esta prueba está inspirada en: Wechsler Memory Scale (WMS), Test Clásico Memory Malingering (TOMM), y Torre de

Londres (TOL) (Bloom et al., 2017). Para la ejecución de esta prueba los participantes usaron audífonos de alta fidelidad que bloquearon sonidos externos buscando escuchar solamente las muestras de estímulo auditivo.

Las instrucciones entregadas a cada participante fueron las siguientes: estar atentos a los estímulos que aparecerán en la pantalla posicionados y distribuidos de manera aleatoria; los estímulos irán iluminándose uno detrás del otro hasta completar una serie siguiendo un orden; observar atentamente el turno del ordenador y el del participante; el usuario deberá recordar el orden de la presentación de los estímulos para posteriormente ir reproduciéndoles según se hayan presentado en su orden correspondiente; luego de terminado la secuencia del ordenador el participante deberá reproducir exactamente en la misma orden de la presentación del ordenador.

La finalidad de esta prueba fue recordar la cantidad máxima de series y su respectiva secuencia de la manera más precisa posible y atender de manera constante los estímulos visibles (Flores) que se presentaban en la pantalla del computador. La evaluación de esta prueba estuvo compuesta por una escala de resultados del 1 al 36, realizándose una sola vez por estímulo audible por participante en ambientes completamente similares.

4.3.2.1 Evaluación de los criterios de calidad

Cumpliendo con los criterios de calidad, el modelo fue sometido a un proceso de evaluación acorde a las recomendaciones encontradas en la revisión de literatura, donde se establece la importancia de que todo modelo multivariante sea evaluado mediante el cumplimiento de los criterios de fiabilidad y consistencia interna descritos más adelante literatura (Hair et al., 2012; Martínez & Fierro, 2018).

4.3.3 Segunda fase procedimiento Parte 2: Simulador de inmersión virtual BIOVIT

La incorporación conceptual de la prueba de mandatos MET (Shallice & Burgess, 1991) con el uso de tecnología Biocibernética de inmersión virtual BIOVIT, ofrece la posibilidad de proporcionar diversas condiciones complejas (Pallavicini et al., 2019) registrando y analizando los rendimientos individuales de cada participante, combinando el rigor y control de pruebas con estímulos fijos realizadas en laboratorio.

Este proceso se basa en simulaciones que reflejan estímulos dinámicos en situaciones de la vida real los cuales facilitan el desarrollo de estímulos perceptibles dinámicos (Parsons, et al., 2017) estimulando las actividades eléctricas del cerebro en la corteza frontopolar (Mansouri et al., 2017) y las cargas cognitivas fundamentales que es la capacidad de controlar la medida en que atendemos los estímulos.

La herramienta BIOVIT, tiene como objetivo estimular la función ejecutiva en fusión al mundo real mediante el uso de tecnología de inmersión virtual a través de una serie de tareas y reglas basadas en estímulos perceptivos dinámicos (Parsons, et al., 2017). Esta herramienta está compuesta por dos dimensiones: a) uso de recursos, b) uso del tiempo.

Esta herramienta estimulo las funciones ejecutivas al pedirles a los participantes que cumplan con los objetivos que requieren la resolución de problemas y la toma de decisiones dentro del ambiente de inmersión virtual, ya que varios estudios previos (Parsons, et al., 2017) han proporcionado evidencia suficiente sobre la eficiencia del contenido de realidad virtual y los videojuegos en la evaluación de funciones ejecutivas.

La literatura reciente enfatiza cada vez la necesidad de una nueva generación de pruebas dirigida por funciones (Pallavicini et al., 2019) con el propósito de estimular la aceptabilidad en cuanto al funcionamiento ejecutivo en el mundo real, y la factibilidad con la posibilidad de que las tareas se adapten según la necesidad de la población de estudio.

Investigaciones recientes han estudiado por separado los contenidos de realidad virtual y los videojuegos: hasta ahora, solo se han probado contenidos virtuales no basados en juegos o videojuegos no inmersivos (es decir, jugados en una computadora de escritorio) (Pallavicini et al., 2019). Asimismo, este enfoque tiene ciertas ventajas en términos de consumo de tiempo, costo económico, control preciso sobre la entrega de estímulos y seguridad (Serino & Repetto, 2018).

Por consiguiente, la herramienta BIOVIT como parte de una nueva generación de herramientas de inmersión virtual basada en video juego está diseñada para ser motivador y desafiante, proporcionando un fácil acceso a la experimentación basada en "diversión" y a un sentido de compromiso y autoeficacia, apoyando a que el cerebro adquiera habilidades nuevas y complejas (Stern et al., 2013).

4.3.3.1 Validación ecológica de la herramienta BIOVIT

La evaluación ecológica es llamada "enfoque basado en funciones" (Serino & Repetto, 2018), que implica la observación directa del comportamiento, el cual incluye tareas de la vida diaria. Dentro de este proceso de validación (Heart Stroke Foundation, 2019), la literatura hace referencia a considerar la importancia de la verosimilitud la cual se enfoca en la posibilidad de que un ambiente de estudio pueda ser replicable con el fin de que tenga lugar un comportamiento de interés (Pallavicini et al., 2019).

Todo esto, por la existencia de tecnologías obsoletas y estímulos estáticos relacionados al uso tradicional de pruebas de laboratorio dejando fuera los contextos de afecto y motivación que son requeridas en la evaluación de actividades del mundo real (Parsons, 2015). Efectivamente, la tecnología de inmersión virtual se ha identificado como adecuada para el desarrollo de entornos ecológicamente válidos, ya que los objetos 3D se presentan de manera consistente y precisa (Parsons et al., 2017).

Por lo tanto, la prueba BIOVIT se utilizó como parte de una nueva generación de herramientas de inmersión virtual, que resultaron estar listas para motivar y desafiar al participante, proporcionando un fácil acceso a la experimentación basada en la "diversión" y un sentido de compromiso y autoeficacia, apoyando al cerebro para adquirir una nueva y compleja habilidad (Prasad et al., 2018).

4.4 Tercera fase procedimiento: Ambiente de experimentación con interfaz informática humana

En este estudio se usó un electroencefalograma monopolar con las dos unidades de estudio. En el caso de la Unidad A se trabajó con una batería de evaluación cognitiva general CAB de CogniFit™ las cuales se describe más adelante. Los participantes usaron dos muestras de ruido blanco compuestas por dos archivos llamados sample-1-sound.wav 100 a 450hz y sample-2-sound.wav 100 a 750hz (ver Tabla 5). Estas muestras de ruido blanco fueron usadas con cada participante por separado en las mismas condiciones ambientales y para minimizar la densidad y elasticidad del medio de propagación se usaron audífonos de alta fidelidad

En el caso de la Unidad B, se diseñó de la prueba BIOVIT basada en MET a través de una interfaz humano-ordenador HCI, cumpliendo con los parámetros de usabilidad

que ayuda al usuario a realizar sus tareas sin problemas (Hassanien & Azar, 2015). También fue posible combinar y desarrollar nuevas técnicas como el uso de dispositivos hápticos adaptados a simuladores de inmersión virtual y la colección de actividad cerebral simultáneamente como la ejecución de la prueba en tiempo real.

Teniendo en cuenta el marco conceptual del MET (Shallice & Burgess, 1991) dentro de los requisitos del estudio, se estableció la necesidad de que el participante utilizara un dispositivo háptico que ayude en la adquisición de habilidades en tareas específicas de la ejecución de la prueba (Prasad et al., 2018).

El dispositivo háptico utilizado con el simulador de realidad virtual fue un volante que contribuirá al desarrollo de un nivel de compromiso generando emociones (M'kinen et al., 2020) debido a diferentes grados de presión (Girod et al., 2016), debido a que, en algunos estudios, se ha identificado que estos dispositivos utilizados junto con simuladores de realidad virtual contribuyen al uso adecuado de las manos para realizar tareas específicas.

Por lo tanto, el dispositivo háptico y el entorno virtual seleccionado para esta prueba fueron virtual Real Feel Racing (Bonetti et al., 2018) el cual tiene tres grados de libertad (3DoF) de seguimiento, rastreando los movimientos rotacionales basados en sensores (acelerómetros, giroscopios y magnetómetros) integrados en el dispositivo móvil (Pak & Maoz, 2019).

El entorno virtual de inmersión virtual consta de ocho pistas de carreras, que pueden ser seleccionadas por el participante. Además, consta de cuatro modelos de coches de carreras identificados con diferentes colores. Dentro de este entorno el

participante selecciona la vista panorámica, entre las que puede seleccionar: modo de perspectiva, primer plano, fondo y tercer plano.

Ilustración 10

Selección del color del auto dentro del virtual real feel racing



4.4.1 Prueba BIOVIT: Guía de tareas y reglas

Esta herramienta consta de una guía que se explicó a cada participante en su idioma nativo, el mismo incluyo:

4.4.1.1 Tareas:

Se pidió al participante que seleccionara la pista, el color del coche y la vista panorámica. Además, se le pidió que terminara la carrera en el menor tiempo posible, pero evitando accidentes que pudieran retrasarla.

Ilustración 11

Selección del entorno de juego dentro del virtual real feel racing

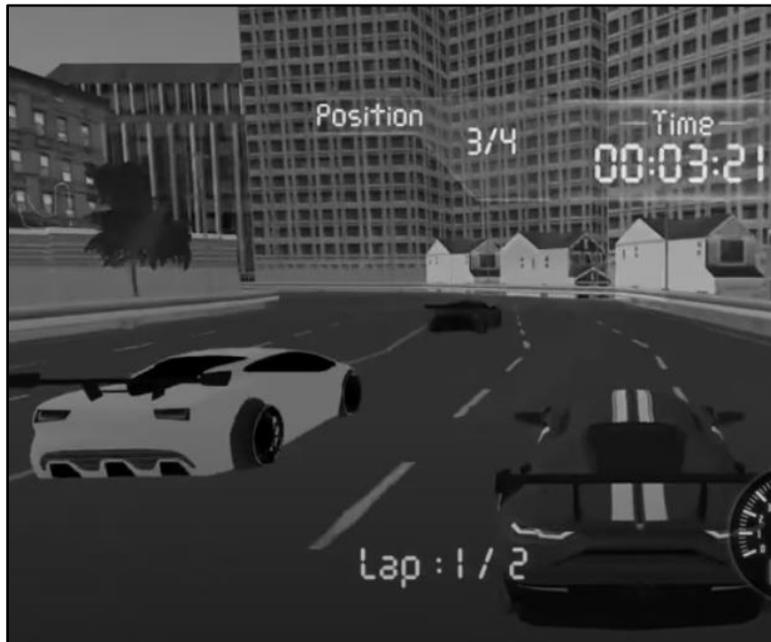


4.4.1.2 Reglas:

Se pidió al participante que no abandonara la carrera antes del tiempo necesario para completar la evaluación, ni que superara el tiempo necesario para completar la evaluación. Por último, se le pidió no retirar las gafas de realidad virtual antes del tiempo necesario para completar la evaluación.

Ilustración 12

Puesta en marcha de la evaluación dentro del virtual real feel racing



4.5 Procedimiento para el análisis estadístico de datos

Los datos fueron analizados en el programa para MS Windows 10, Minitab® versión 18.1 y Smart-PLS® versión 3.0, donde se realizaron estadísticas descriptivas e inferenciales, así como el diseño de una nueva escala de medición. También, se creó un modelo de ruta de mínimos cuadrados parciales PLS-SEM reflexivo en donde cada variable observada o indicador está relacionado con su respectivo constructo mediante el uso de un modelo de regresión creado para esta investigación.

Para cumplir con los supuestos de normalidad se realizaron las respectivas pruebas de Anderson-Darling y Kolmogórov-Smirnov (Salgado-Horta, 2015), con el

propósito de establecer dentro del diseño de esta investigación las pruebas paramétricas o no paramétricas a usarse.

En el caso de la unidad de estudio A, el análisis de datos busco responder las dos preguntas de planteadas en esta investigación: 1) ¿El ruido blanco binaural de 100 a 750hz puede mejorar el rendimiento de la memoria visual de trabajo a corto plazo?; 2) ¿Existe alguna relación entre los niveles de actividad cerebral alfa y el incremento de la atención?

En relación con la unidad de estudio B, el análisis de datos busco probar la hipótesis H1, la cual afirma que la herramienta de inmersión virtual BIOVIT mantiene e incrementa los niveles de atención en pacientes con el síndrome hiperkinético. Por consiguiente, este análisis estadístico permitió conocer cuáles fueron las tendencias de crecimiento de la atención mediante el procesamiento de señales digitales recolectadas en ondas cerebrales que operan bajo una serie temporal de tiempo con el uso de tecnología de inmersión virtual.

4.6 Modelos de análisis de datos

Para definir y ordenar los datos primarios adquiridos se creó en cada unidad de estudio un modelo para su uso y análisis buscando producir datos estructurados, consistentes y de alta calidad. Seguidamente, se describirá los modelos de cada unidad de estudio.

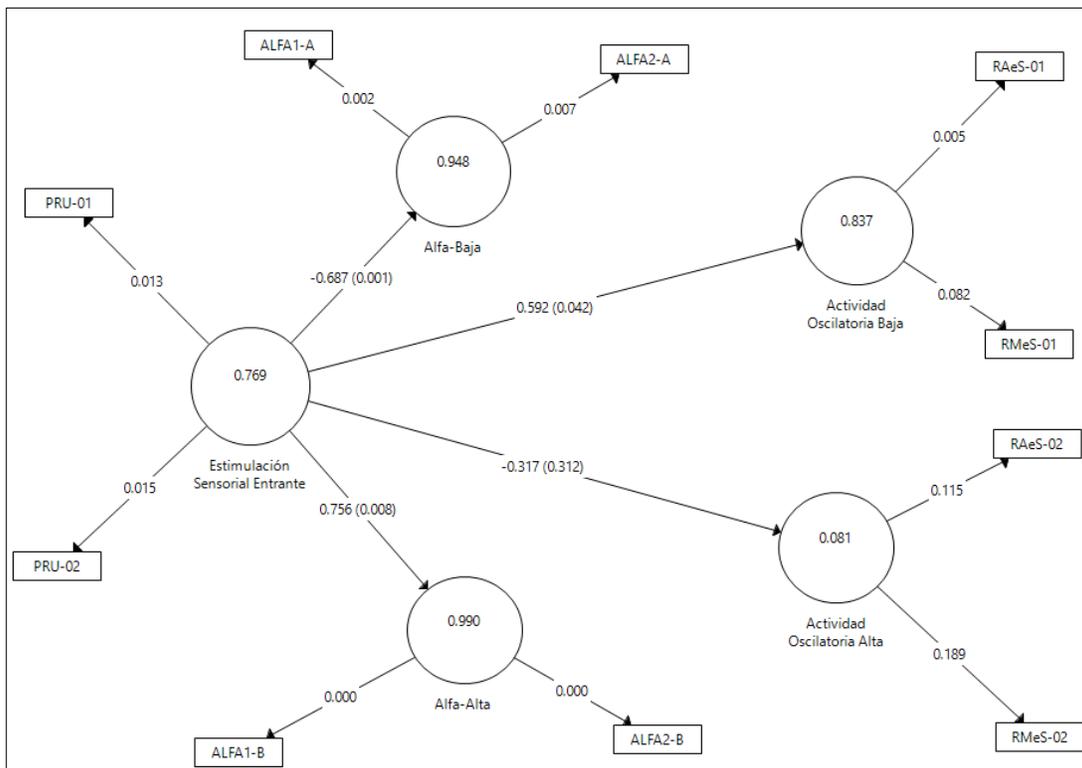
Para la unidad de estudio A, se creó un modelo de ruta de mínimos cuadrados parciales PLS-SEM reflexivo en donde cada variable observada o indicador está relacionado con su respectivo constructo mediante el siguiente modelo de regresión

$$X_{pq} = \lambda_{p0} + \lambda_{pq}\epsilon_q + \epsilon_{pq}$$

Donde λ_{pq} es la carga asociada a la p-ésima variable observada del q-ésimo bloque, y ϵ_{pq} es el error que incorpora la imprecisión en el proceso de medida (González, 2018).

Ilustración 12

Modelo de ruta de mínimos cuadrados parciales PLS-SEM reflexivo



4.6.1 Evaluación del modelo de ruta de mínimos cuadrados parciales PLS-SEM

Cumpliendo con los criterios de calidad, el modelo fue sometido a un proceso de evaluación acorde a las recomendaciones encontradas en la revisión de literatura (Hair et al., 2012) (Martínez & Fierro, 2018) donde se establece la importancia de que todo

modelo multivariante sea evaluado mediante el cumplimiento de los siguientes criterios de fiabilidad y consistencia interna.

Para medir la fiabilidad del constructo, se usó la prueba de fiabilidad compuesta PFC, mediante la cual se observó valores mayores a 0.7 en el caso de todos los constructos con excepción a la actividad oscilatoria alta. En relación con la prueba de validez convergente se usó la prueba AVE la cual mide que la varianza del constructo pueda explicarse a través del indicador, mediante la cual sus valores fueron mayores a 0.5 cumpliéndose con el criterio de validez.

Tabla 6

Prueba de Evaluación del Modelo Constructos

CONSTRUCTOS	AVE	PFC
Actividad Oscilatoria Alta	0.640	0.080
Actividad Oscilatoria Baja	0.721	0.837
Alfa - Alta	0.980	0.990
Alfa - Baja	0.901	0.948
Estimulación Sensorial Entrante	0.624	0.768

Con relación a la identificación de multicolinealidad se realizó la prueba de factor de inflación de la varianza o FIV la cual permite determinar la existencia de multicolinealidad, los resultados reflejaron valores inferiores a 5 en la escala de este

índice (Mulero, 2010) lo cual permite inferir la inexistencia de multicolinealidad en las variables de estudio.

Tabla 7

Prueba de Evaluación del Modelo Indicadores

CÓDIGO	INDIADORES	VIF
RAeS-01	Atención	1.26
RAeS-02	Atención	1.10
RMeS-01	Meditación	1.26
RMeS-02	Meditación	1.10
PRU-01	Test de memoria con ruido blanco Binaural de 100 – 450 Hz	1.06
PRU-02	Test de memoria con ruido blanco Binaural de 100 – 750 Hz	1.06
ALFA 1-A	Alfa baja con ruido blanco Binaural de 100 – 450 Hz	2.92
ALFA 2-A	Alfa baja con ruido blanco Binaural de 100 – 750 Hz	2.92
ALFA 1-B	Alfa Alta con ruido blanco Binaural de 100 – 450 Hz	13.17
ALFA 2-B	Alfa Alta con ruido blanco Binaural de 100 – 750 Hz	13.17

Para la unidad de estudio B, se creó un modelo de análisis de crecimiento de atención, el cual se desarrolló sobre la base de una serie temporal no estacionaria, para la cual las respectivas pruebas preliminares de crecimiento exponencial, lineal,

cuadrática y curva “S” se usaron para determinar qué modelo se ajusta mejor a los datos de esta investigación.

Al comparar los datos obtenidos en las pruebas MAPE (error porcentual absoluto medio), MAD (desviación absoluta de la media) y MSD (desviación cuadrada de la media) permitieron identificar el modelo cuadrático como el más significativo y con el mejor ajuste, ya que los resultados obtenidos fueron inferiores a los otros modelos.

El modelo seleccionado incluye una serie temporal no estacionaria que permitirá mostrar la tendencia de crecimiento. La estimación del modelo cuadrático utiliza la siguiente función:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + e_t$$

Donde Y_t es el valor de la atención en el tiempo, β_0 es la constante, β_{1-2} los coeficientes, t valor de la unidad de tiempo y e_t el termino de error. Por consiguiente, si $\beta_1, \beta_2 > 0$, Y_t la observación es monótona creciente, si $\beta_1, \beta_2 < 0$, Y_t es monótona decreciente. De la misma forma si $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 < 0$, Y_t es cóncava hacia abajo, y si $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 > 0$, Y_t su forma es cóncava hacia arriba.

4.6 Primera fase análisis de datos

4.6.1 Evaluación de cargas externas del modelo de la unidad A.

Para poder evaluar la contribución empírica del modelo es necesario realizar el análisis de las cargas, ya que cuando el peso de un indicador no es significativo pero la carga es mayor <0.50 el indicador se puede mantenerse. No obstante, cuando el peso

del indicador no es significativo y su carga es inferior a >0.50 es importante analizar la relevancia teórica del modelo.

En este proceso de evaluación de fiabilidad compuesta las cargas externas de este modelo reflectivo arrojaron valores mayores a 0.7 cumpliéndose con el criterio de fiabilidad compuesta, estableciéndose que el 50% de la varianza del indicador esta explicada por su factor.

Tabla 8

Prueba de Evaluación de Cargas Externas

CÓDIGO	AOA	AOB	ALA	ALB	ESE
RAeS-01		0.913			
RAeS-02	0.915				
RMeS-01		0.780			
RMeS-02	-0.664				
PRU-01					0.831
PRU-02					0.746
ALFA 1-A				0.970	
ALFA 2-A				0.927	
ALFA 1-B			0.989		
ALFA 2-B			0.991		

También, se realizó un análisis de correlación entre las variables latentes, para saber el grado de asociación o correlación entre las variables del estudio. El grado de correlación se expresa aquí como un número comprendido entre -1 y +1 y se le conoce como coeficiente de correlación.

Tabla 9*Matriz de correlación entre variables latentes*

CÓDIGO	AOA	AOB	ALA	ALB	ESE
AOA	0.800				
AOB	-0.447	0.849			
ALA	-0.247	0.417	0.990		
ALB	0.122	-0.512	-0.679	0.949	
ESE	-0.317	0.592	0.756	-0.687	0.790

4.6.2 Prueba de hipótesis para búsqueda de normalidad

Para confirmar el supuesto de normalidad de los datos recolectados se realizó dos pruebas de hipótesis de normalidad donde:

H_0 establece que los datos siguen una distribución normal

H_1 establece que los datos no siguen una distribución normal

Dado los resultados de las dos pruebas con valores $p = 0.005$ en AD y valor $p = 0.010$ en KS, se rechaza la hipótesis nula y se confirma la alterna, por lo tanto los datos recolectados no siguen una distribución normal como lo menciona la literatura para la naturaleza de este tipo de datos (Russell, 2002).

Tabla 10*Resultados prueba Anderson-Darling*

Variabes	Media	Des.Est.	Observaciones	And.Darling	Valor p
MOC0-1	45.233	15.062	77566	300.082	0.005
MOC0-2	48.179	21.226	77566	531.850	0.005

MOC0-3	77.642	15.217	77566	988.968	0.005
MOC0-4	58.862	18.083	77566	405.306	0.005
MOC1-1	47.218	13.702	77566	223.417	0.005
MOC1-2	43.284	16.593	77566	1021.765	0.005
MOC1-3	78.769	13.137	77566	945.077	0.005
MOC1-4	43.080	17.258	77566	402.820	0.005
MOC1-5	48.602	14.321	77566	392.797	0.005
MOC1-6	56.832	21.716	77566	408.314	0.005
MOC1-7	51.642	17.421	77566	396.607	0.005
MOC1-8	42.252	10.371	77566	512.637	0.005
MOC2-1	73.134	17.820	77566	556.770	0.005
MOC2-2	54.353	20.798	77566	682.612	0.005
MOC2-3	46.945	12.966	77566	298.004	0.005
MOC2-4	72.466	14.850	77566	459.790	0.005
MOC2-5	59.452	15.008	77566	398.853	0.005
MOC2-6	40.626	16.167	77566	274.991	0.005

Tabla 11

Resultados prueba Kolmogórov-Smirnov

Variables	Media	Des.Est.	Observaciones	Kolm.Smirnov	Valor p
MOC0-1	45.233	15.062	77566	0.070	0.010
MOC0-2	48.179	21.226	77566	0.086	0.010
MOC0-3	77.642	15.217	77566	0.109	0.010
MOC0-4	58.862	18.083	77566	0.067	0.010
MOC1-1	47.218	13.702	77566	0.063	0.010
MOC1-2	43.284	16.593	77566	0.128	0.010
MOC1-3	78.769	13.137	77566	0.105	0.010
MOC1-4	43.080	17.258	77566	0.073	0.010
MOC1-5	48.602	14.321	77566	0.063	0.010
MOC1-6	56.832	21.716	77566	0.059	0.010
MOC1-7	51.642	17.421	77566	0.077	0.010
MOC1-8	42.252	10.371	77566	0.092	0.010
MOC2-1	73.134	17.820	77566	0.091	0.010
MOC2-2	54.353	20.798	77566	0.123	0.010
MOC2-3	46.945	12.966	77566	0.072	0.010
MOC2-4	72.466	14.850	77566	0.093	0.010
MOC2-5	59.452	15.008	77566	0.071	0.010
MOC2-6	40.626	16.167	77566	0.076	0.010

4.6.3 Segunda fase análisis de datos: Pruebas descriptivas de tendencia central

El análisis descriptivo de la actividad oscilatoria del cerebro fue medido mediante el registro grafico de la actividad eléctrica cerebral y los niveles de atención, los datos

por participante están compuestos con 77566 observaciones obtenidos de $n = 18$ pacientes estudiados por separado.

Tabla 12

Estadística descriptiva de condiciones experimentales

Variable	Observaciones	Media	Varianza	Desv.Est.	M_o
MOC0-1	77566	45.233	226.849	15.062	41
MOC0-2	77566	48.179	450.533	21.226	53
MOC0-3	77566	77.642	231.546	15.217	100
MOC0-4	77566	58.862	327.000	18.083	61
MOC1-1	77566	47.218	187.747	13.702	47
MOC1-2	77566	43.284	275.318	16.593	37
MOC1-3	77566	78.769	172.584	13.137	88
MOC1-4	77566	43.080	297.848	17.258	30
MOC1-5	77566	48.602	205.092	14.321	51
MOC1-6	77566	56.832	471.580	21.716	53
MOC1-7	77566	51.642	303.492	17.421	57
MOC1-8	77566	42.252	107.561	10.371	41
MOC2-1	77566	73.134	317.549	17.820	100
MOC2-2	77566	54.353	432.568	20.798	47
MOC2-3	77566	46.945	168.117	12.966	50
MOC2-4	77566	72.466	220.522	14.850	100
MOC2-5	77566	59.452	225.239	15.008	63
MOC2-6	77566	40.626	261.385	16.167	30

4.6.4 Tercera fase análisis de datos: Creación del Modelo de Medición

4.6.4.1 Escala de medición de tiempo

La escala del tiempo seleccionada fue en minutos y segundos ya que el proceso de recolección mediante el uso de la herramienta BIOVIT se realizó en una escala de minutos y segundos $t = 0,5.37$ que fue el tiempo máximo que duro las respectivas pruebas.

Tabla 13*Resultado del Análisis de tendencia de crecimiento*

Variable	M_o	MAPE	MAD	MSD	BIOVIT_t
MOC0-1	41	73.270	11.678	221.284	5.14
MOC0-2	53	48.216	14.719	304.994	5.37
MOC0-3	100	17.865	12.529	222.564	3.52
MOC0-4	61	29.386	14.666	322.506	3.09
MOC1-1	47	32.512	10.998	186.171	3.13
MOC1-2	37	35.782	12.154	232.832	3.09
MOC1-3	88	13.530	9.600	139.165	3.17
MOC1-4	30	48.280	13.512	297.418	5.28
MOC1-5	51	25.124	10.484	174.809	3.26
MOC1-6	53	36.967	14.060	303.367	3.43
MOC1-7	57	34.203	14.258	286.215	5.09
MOC1-8	41	22.224	8.264	98.226	4.04
MOC2-1	100	22.039	12.723	269.204	3.36
MOC2-2	47	54.210	15.829	396.084	3.25
MOC2-3	50	25.217	10.177	159.141	3.25
MOC2-4	100	17.500	11.716	199.137	3.22
MOC2-5	63	24.003	11.611	222.764	2.32
MOC2-6	30	77.343	11.759	204.672	3

4.6.5 Cuarta fase análisis de datos: Diseño de nueva escala de medición**4.6.5.1 Escala de frecuencia de grados de atención EFGA**

Debido a que la escala de medición de tiempo (t) usada por el simulador BIOVIT se compone de minutos y segundos con un tiempo máximo de duración de $t = 5,37$. (Tabla 4), y la escala asignada por el algoritmo eSense™ para medir la atención y la meditación es porcentual, y al no haber encontrado en la revisión de literatura una escala que se ajuste a las variables de estudio se creó una escala llamada "Escala de frecuencia de grado de atención - EFGA", que consiste en la siguiente función:

$$f_{biotiv} = \frac{M_o}{Mape} \times 100$$

Donde f es el valor de la escala compuesta de la atención en función a la estimulación de la herramienta de tecnología de inmersión virtual (*BIOVIT*), M_o son los valores que se repiten con mayor frecuencia dentro de las observaciones, MAPE es el error porcentual absoluto medio. De esta manera mientras mayor sea el resultado de la escala mejor será el proceso de atención.

Tabla 14

Escala de atención EFGA normal - superior

VARIABLE	M_o	MAPE	EFGA
MOC1-3	88	13.53	6.50
MOC2-4	100	17.50	5.71
MOC0-3	100	17.87	5.61
MOC2-1	100	22.04	4.53
MOC1-8	41	22.22	1.84
MOC2-5	63	24.00	2.62
MOC1-5	51	25.12	2.03
MOC2-3	50	25.22	1.98
MOC0-4	61	29.39	2.07
MOC1-1	47	32.51	1.44
MOC1-7	57	34.20	1.66

Tabla 15

Escala de atención EFGA bajo

VARIABLE	M_o	MAPE	EFGA
MOC2-2	47	54.21	0.86
MOC1-4	30	48.28	0.62
MOC0-1	41	73.27	0.55
MOC2-6	30	77.34	0.38

4.6.5.2 Validación Interna de la Escala de frecuencia de grados de atención EFGA

Para realizar la validación interna y estimación de fiabilidad de la escala EFGA, se usó la prueba Alpha de Cronbach y la Correlación de Pearson buscando evaluar la uniformidad interna de la escala, así como la fuerza y dirección de la relación entre elementos, los resultados arrojaron un $\alpha = 0.9593$ y $r = 0.922$ por consiguiente se mantendrá la EFGA como escala dentro de esta investigación.

4.6.5.3 Quinta fase análisis de datos

Prueba de hipótesis Mann-Whitney para la unidad de estudio B

Considerando que los resultados de la prueba de tendencia de crecimiento de la atención previamente realizada presento puntajes mínimos en el error porcentual absoluto medio MAPE, estos resultados permitieron validar el ajuste y exactitud del modelo.

Igualmente, al haberse observado el crecimiento de los valores que se repiten con mayor frecuencia dentro de las observaciones M_o y al no poseer una distribución normal se realiza la prueba no paramétrica Mann-Whitney para validar y determinar si las medianas de los dos grupos de resultados difieren significativamente ya que ha mayor crecimiento de la atención menor será el error porcentual absoluto medio.

Tabla 16

Primera prueba de hipótesis Mann-Whitney n=14

Variable	M_o	MAPE	N.Confia.	IC Inf.	Valor p
MOC1-3	88	13.53	95.32%	23.13	0.00
MOC2-4	100	17.50	95.32%	23.13	0.00
MOC0-3	100	17.87	95.32%	23.13	0.00
MOC2-1	100	22.04	95.32%	23.13	0.00

MOC1-8	41	22.22	95.32%	23.13	0.00
MOC2-5	63	24.00	95.32%	23.13	0.00
MOC1-5	51	25.12	95.32%	23.13	0.00
MOC2-3	50	25.22	95.32%	23.13	0.00
MOC0-4	61	29.39	95.32%	23.13	0.00
MOC1-1	47	32.51	95.32%	23.13	0.00
MOC1-7	57	34.20	95.32%	23.13	0.00
MOC1-2	37	35.78	95.32%	23.13	0.00
MOC1-6	53	36.97	95.32%	23.13	0.00
MOC0-2	53	48.22	95.32%	23.13	0.00

La primera prueba de hipótesis realizada en esta investigación se realizó con los datos de n=14 participantes estudiados por separado, y está representada por:

Hipótesis nula: $H_0: n_1 - n_2 = 0$

Hipótesis alterna: $H_0: n_1 - n_2 > 0$

El resultado para esta primera prueba establece un valor p = 0.001, lo cual nos permite declarar que existe significancia estadística rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna donde la variable M_o es mayor que la variable MAPE, estableciéndose que en estos participantes el nivel de atención se mantuvo y creció considerablemente con el uso de la herramienta BIOVIT.

Tabla 17

Segunda prueba de hipótesis Mann-Whitney n=4

Variable	M_o	MAPE	N.Confia.	IC Inf.	Valor p
MOC1-4	30	48.28	95.37%	-7.21	0.002
MOC2-2	47	54.21	95.37%	-7.21	0.002
MOC0-1	41	73.27	95.37%	-7.21	0.002
MOC2-6	30	77.34	95.37%	-7.21	0.002

Siguiendo con el mismo protocolo la segunda prueba de hipótesis se obtuvo de los datos de $n=4$ participantes estudiados por separado, y donde la respectiva prueba está representada por:

Hipótesis nula: $H_0: n_1 - n_2 = 0$

Hipótesis alterna: $H_0: n_1 - n_2 < 0$

El resultado para esta segunda prueba establece un valor $p = 0.002$, lo cual nos permite declarar que existe significancia estadística rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna donde la variable M_o es menor que la variable MAPE, estableciéndose que en estos participantes el nivel de atención disminuyó considerablemente con el uso de la herramienta BIOVIT.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1 Introducción

Para responder la primera pregunta de investigación en la unidad de estudio A, se usaron dos pruebas estadísticas; la primera prueba con ecuaciones estructurales bajo el modelo PLS-SEM, donde el nivel de significancia se determinó a partir de los valores proporcionados por los resultados de la prueba *t Student* por medio del algoritmo de remuestreo llamado (Boostrapping) con 5000 submuestras.

Los resultados están basados en una distribución *t* (4900) de una cola; con un valor crítico $t(0.05;4999) = 1.644$ (Martínez & Fierro, 2018). Este análisis encontró una relación significativa entre la estimulación sensorial entrante ASE con la actividad oscilatoria baja AOB con un valor $t = 1.732$ y *valor p* = .041. En el caso de la relación entre la estimulación sensorial entrante ASE con actividad oscilatoria alta AOA valor $t = 0.490$ y *valor p* = .311 no se encontró significancia.

Con la segunda prueba comparativa “post hoc” mediante el uso de regresión lineal simple se encontró una relación de significancia entre las ondas Alfa-1A con RAeS-01 con un *valor p* = .023 y Alfa 2-A con RAeS-01 un *valor p* = .047. Los resultados encontrados son cónsonos con los resultados del modelo PLS-SEM.

Con relación a los resultados obtenido en las diferentes pruebas realizadas por separado con los participantes de la unidad de estudio B, se encontró que el crecimiento de la atención mediante el procesamiento de señales digitales recolectadas en ondas cerebrales es ascendente sin componente de estacionalidad evidente.

El modelo de tendencia usado se ajusta bien a la tendencia general ya que el resultado de las pruebas MAPE (error porcentual absoluto medio) se reducen gradualmente mientras la escala asignada para la atención fluctúa en los rangos de 1 a 39 como desempeño bajo, 40 a 60 como desempeño normal o base y 61 a 100 como desempeño superior. A continuación, se presenta una matriz que relaciona los valores MAPE con las cantidades de atención más frecuentes usadas por los participantes.

Tabla 18

Niveles de atención superior con el uso de la herramienta BIOVIT

VARIABLE	M_o	MAPE	EFGA	ANÁLISIS DE TENDENCIA CUADRÁTICA	eSense™
MOC1-3	88	13.53	6.50		>61 Superior

MOC2-4	100	17.50	5.71	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC2-4 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 59.455 + 0.000720 \times t - 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 17.500 MAD 11.716 MSD 199.117</p>	>61 Superior
MOC0-3	100	17.87	5.61	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC0-3 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 86.088 - 0.000508 \times t + 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 17.865 MAD 12.529 MSD 222.564</p>	>61 Superior
MOC2-1	100	22.04	4.53	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC2-1 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 67.339 + 0.000805 \times t - 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 22.039 MAD 12.723 MSD 269.294</p>	>61 Superior
MOC1-8	41	22.22	1.84	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-8 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 48.400 - 0.000205 \times t + 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 22.2248 MAD 8.2642 MSD 98.2262</p>	>40 Normal

MOC2-5	63	24.00	2.62	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC2-5 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 59.033 + 0.000135 \times t - 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 24.003 MAD 11.611 MSD 222.764</p>	>61 Superior
MOC1-5	51	25.12	2.03	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-5 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 64.164 - 0.000896 \times t + 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 25.124 MAD 10.454 MSD 174.809</p>	>40 Normal
MOC2-3	50	25.22	1.98	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC2-3 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 38.571 + 0.000518 \times t - 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 25.217 MAD 10.177 MSD 159.141</p>	>40 Normal
MOC0-4	61	29.39	2.07	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC0-4 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 55.835 + 0.000305 \times t - 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 29.386 MAD 14.666 MSD 322.506</p>	>61 Superior

MOC1-1	47	32.51	1.44	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-1</p> <p>Modelo de tendencia cuadrática</p> $Y_t = 43.967 + 0.000224 \times t - 0.000000 \times t^2$ <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 32.512 MAD 10.998 MSD 186.171</p>	>40 Normal
MOC1-7	57	34.20	1.66	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-7</p> <p>Modelo de tendencia cuadrática</p> $Y_t = 40.196 + 0.000731 \times t - 0.000000 \times t^2$ <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 34.203 MAD 14.258 MSD 286.215</p>	>40 Normal
MOC1-2	37	35.78	1.03	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-2</p> <p>Modelo de tendencia cuadrática</p> $Y_t = 53.783 - 0.000987 \times t + 0.000000 \times t^2$ <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 35.782 MAD 12.154 MSD 232.832</p>	<39 Bajo
MOC1-6	53	36.97	1.43	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-6</p> <p>Modelo de tendencia cuadrática</p> $Y_t = 24.028 + 0.001495 \times t - 0.000000 \times t^2$ <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 36.967 MAD 14.060 MSD 303.637</p>	>40 Normal

MOC0-2	53	48.22	1.09	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC0-2</p> <p>Modelo de tendencia cuadrática</p> $Yt = 29.622 + 0.000362 \times t + 0.000000 \times t^2$ <p>Variable</p> <ul style="list-style-type: none"> Actual Ajustes <p>Medidas de exactitud</p> <ul style="list-style-type: none"> MAPE 48.216 MAD 14.719 MSD 304.994 	>40 Normal
--------	----	-------	------	--	------------

Tabla 19

Niveles de atención bajo con el uso de la herramienta BIOVIT

VARIABLE	M_o	MAPE	EFGA	ANÁLISIS DE TENDENCIA CUADRÁTICA	eSense™
MOC1-4	30	48.28	0.62	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-4</p> <p>Modelo de tendencia cuadrática</p> $Yt = 42.186 + 0.000012 \times t + 0.000000 \times t^2$ <p>Variable</p> <ul style="list-style-type: none"> Actual Ajustes <p>Medidas de exactitud</p> <ul style="list-style-type: none"> MAPE 48.280 MAD 15.512 MSD 297.418 	<39 Bajo
MOC2-2	47	54.21	0.86	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC2-2</p> <p>Modelo de tendencia cuadrática</p> $Yt = 45.040 + 0.000898 \times t - 0.000000 \times t^2$ <p>Variable</p> <ul style="list-style-type: none"> Actual Ajustes <p>Medidas de exactitud</p> <ul style="list-style-type: none"> MAPE 54.210 MAD 15.829 MSD 396.084 	>40 Normal

MOC0-1	41	73.27	0.55	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC0-1 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 41.827 + 0.000054 \times t + 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 73.270 MAD 11.678 MSD 221.284</p>	>40 Normal
MOC2-6	30	77.34	0.38	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC2-6 Modelo de tendencia cuadrática $Yt = 58.223 - 0.000721 \times t + 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable Actual Ajustes</p> <p>Medidas de exactitud MAPE 77.343 MAD 11.759 MSD 204.672</p>	<39 Bajo

5.2 Implicaciones en la industria de la educación

Los resultados de esta investigación permitieron proponer un nuevo paradigma en la educación el cual incorpora el diseño instruccional sistemático creado por Gagné (Andersen et al., 2016), y lo trasciende a un ecosistema completamente virtual, basado en una nueva metodología de enseñanza-aprendizaje.

Esta metodología nueva busca estimular la atención y el recuerdo de los conocimientos de habilidades previas esenciales y relevantes. Además del desarrollo de técnicas en la presentación de contenido 3D con el propósito de aprender, guiar y estructurar el trabajo del estudiante, provocando una respuesta propicia. También esta técnica busca mediante la retroalimentación promover la generalización del aprendizaje, facilitando el recuerdo.

Si bien el uso e implementación del aprendizaje cooperativo como estrategia tiene sus raíces en el constructivismo social y las teorías de desarrollo cognitivo de Vygotsky y Piaget (Arocho, 2017), el alcance que tiene este método de aprendizaje mediante inmersión virtual propuesto busca transformar el legado de las teorías que postulan la importancia del trabajo colaborativo en la profundización del razonamiento por medio de la construcción del conocimiento social mediante el uso de la inmersión virtual.

Del mismo modo, este nuevo modelo incluye la estrategia de aprendizaje basado en problemas (PBL) el cual es un enfoque de instrucción donde los estudiantes aprenden resolviendo problemas desafiantes y abiertos (Schools, 2007). Las tareas mediante un ambiente de inmersión virtual se resuelven con equipos de trabajo colaborativo de base social y contextual.

Esto debido a la importancia que tiene en el proceso de aprendizaje que los estudiantes confíen en su conocimiento actual para desarrollar un proceso de identificación de información (Kiley, Mullin, & Peterson, 1969) lo cual permitirá resolver problemas mediante el uso de estrategias (Services, 2005).

5.3 Producto de Investigación

La generación de conocimiento es fundamental en los procesos de innovación e identificación de oportunidades comerciales. La creación de prototipos son parte importante del HCI el cual desempeña un papel muy relevante en la creación de tecnología.

Los resultados encontrados en esta tesis doctoral exponen el vínculo de los asuntos complejos de las relaciones humanas con la tecnología a lo largo de los cuatro

años de arduo trabajo; tiempo en el cual viajamos más de cinco mil kilómetros para realizar las respectivas pruebas de campo y recolección de datos.

Con el propósito de presentar los resultados de forma práctica y no desde una perspectiva teórica solamente. Este estudio abordó algunos contextos profundos y controversiales de la vida cotidiana de un grupo vulnerable en nuestra sociedad como son los pacientes infantiles con el síndrome hiperkinético. Permittiéndonos crear el primer 'prototipo' HCI llamado “Simulador de Biotecnología de Inmersión Virtual” BIOVIT explicado ampliamente en los capítulos anteriores.

No obstante, con el propósito de aplicabilidad a una escala global se propuso un nuevo producto generado en nuestra investigación llamado “Modelo de Aprendizaje en Realidad Virtual” VILM como la evolución del prototipo de investigación para apoyar las indagaciones generativas en esta área de investigación emergente.

El VILM se modeló mediante el uso de los resultados interrelacionados impulsados por las dos unidades de investigación descritas en este estudio. Estas dos investigaciones con diseños diferentes trabajadas durante los últimos cuatro años permitieron abordar los problemas referentes a la importancia de la estimulación visual, audible y táctil en la atención.

Además de los beneficios de su uso en los procesos de aprendizaje. Esta sección concluye con una discusión de los desafíos y oportunidades del VILM y las implicaciones que sugieren en los negocios educativos.

5.3.1 Modelo de aprendizaje por inmersión virtual VILM: Desafíos y oportunidades

La educación moderna ha experimentado grandes desafíos en estos dos últimos años como la pandemia global del COVID-19. Circunstancia por la cual se identificó insatisfacción en la población estudiantil. Esto debido a la pobre calidad de la enseñanza basada en e-learning.

Está muy claro que el actual método llamado e-learning y todas sus modalidades no satisfacen la necesidad actual de los estudiantes, padres de familia y profesores, debido a que en la práctica este modelo no pudo ofrecer los resultados esperados. Sin embargo, los datos levantados en el periodo más crítico de la pandemia, permitió observar algunos puntos claves de considerar.

Primero, la existencia anterior a la pandemia de cursos y de metodologías de enseñanza online conocidos con diferentes nombres, y en el caso de los Estados Unidos la inversión millonaria de los recursos económicos gubernamentales en instituciones educativas público-privas, además, de la falta de preparación de las instituciones educativas con métodos y recursos probadas para hacer frente a dichas eventualidades, factor que se recomienda estudiar en futuras investigaciones.

Segundo, la necesidad crítica de nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de tecnología de inmersión virtual como menciona Seeber et al., (2018) quien establece que añadir información a través de elementos audibles y visuales al mundo físico a través de la producción de un entorno inmersivo virtual puede influir en las capacidades de grupos colaborativos, reuniones virtuales y espacios de interacción a través de la comunicación y presentación de información.

Planteamiento, que está estrechamente relacionado con los hallazgos empíricos de esta investigación. Por consiguiente, el arduo trabajo de estos últimos años ha permitido desarrollar el primer modelo de aprendizaje basado en inmersión virtual VILM®; la cual es una solución moderna, viable y económica a la necesidad de interacción, colaboración y experimentación que aqueja, desgasta y frustra a nuestra población estudiantil.

5.4 Discusión y Conclusiones

Para terminar con este último capítulo, se discutirá los hallazgos encontrados, los cuales establecen que existe suficiente evidencia para concluir que el ruido blanco binaural con oscilaciones de 100 a 450 Hz contribuyen con el rendimiento de la memoria visual de trabajo a corto plazo, y que el incremento de la atención esta significativamente relacionado con niveles de actividad cerebral alfa.

Además, mediante la comparación del modelo teórico y los resultados de las pruebas realizadas este estudio encontró que con el simulador de realidad virtual VIOBIT, la atención se mantuvo e incrementó en el 77.8% de los participantes diagnosticados con el síndrome hiperkinético, también, se observó que en el caso del 22.2% restante hubo un proceso de decrecimiento fenómeno que se recomienda estudiar en futuras investigaciones.

En relación con la prueba de hipótesis realizada en este estudio, sus resultados fueron estadísticamente significativos, ya que el nivel de confianza en el modelo se midió a todas las variables alcanzando del 95.32 al 95.37% en las pruebas realizadas. La escala de frecuencia EFGA midió el nivel del uso de atención con el BIOVIT.

En los participantes de la unidad A se registraron valores de 4.53 a 6.50 considerados superior, en 10 participantes se registraron valores de 1.03 a 2.62 considerados normal y en 4 participantes se registraron valores de 0.38 a 0.86 considerados débiles.

Dentro de la sección análisis de datos constan las tablas que muestran los resultados de las pruebas de normalidad realizadas a los datos recolectados en esta investigación. De igual manera se presentaron las pruebas de exactitud del modelo de análisis de tendencia cuadrática, los resultados apoyan la declaración de hipótesis de esta investigación.

Dentro de la unidad de estudio B, la hipótesis H1 muestra que la herramienta BIOVIT mantiene e incrementa los niveles de atención en participantes con el síndrome hiperkinético, ya que el 77.8% de los participantes alcanzaron este rango en la escala EFGA. El resultado para esta prueba establece un valor $p = 0.000$ y 0.002 , lo cual nos permite declarar que existe significancia estadística rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna donde los niveles de atención son mayores al error porcentual absoluto medio.

Luego de haber abordado las consideraciones, podemos concluir que los hallazgos en la unidad de estudio A la cual midió el impacto del ruido blanco binaural en la memoria de trabajo visual a corto plazo, permitió identificar la necesidad de realizar un estudio más profundo conducente a la exploración del impacto de la atención mediante estímulos visuales y audibles en inmersión virtual en procesos cognitivos como el aprendizaje.

Esto debido a que al ruido blanco no fue un factor perjudicial en el desempeño cognitivo (Söderlund et al., 2010), ni tampoco una característica inherente del procesamiento neural que afecta la percepción, la toma de decisiones y la función motora (Faisal et al., 2009) sino un factor que puede contribuir con el desarrollo cognitivo.

El simulador BIOVIT usado en este estudio permitió estimular la función ejecutiva del cerebro a través de una serie de tareas y reglas basadas en estímulos perceptuales (Parsons & McMahan, 2017) logrando cumplir objetivos mediante la resolución de problemas y la toma de decisiones dentro del entorno de inmersión virtual (M-kinen et al., 2020). Los hallazgos establecen que las tecnologías de inmersión en realidad virtual tienen un efecto significativo y dominante en los niveles de atención de participantes con el síndrome hiperkinético.

Su uso en el desarrollo de metodologías de aprendizaje en poblaciones vulnerables es de trascendental importancia, ya que los bajos costos de implementación y la diversidad de aplicaciones académicas permitirán a centros de enseñanza en países en vías de desarrollo solventar este problema que aqueja a miles de niños con déficit de atención e hiperactividad.

Los resultados muestran que el simulador BIOVIT usado para medir la retención y el aumento de la atención tuvo un efecto estadísticamente significativo en el 77% de los participantes permitiéndonos inferir en los beneficios de su uso a nivel académico en diferentes poblaciones estudiantiles.

Además, podemos concluir que la herramienta BIOVIT creada y probada en esta investigación podría ser una alternativa viable económica y técnica con alto grado de

eficacia en comparación con los modelos tradicionales de educación a distancia. Especialmente cuando damos énfasis a poblaciones vulnerables como la TDHA.

Con ánimos de aplicar a nivel industrial este modelo de aprendizaje organizacional se desarrolló una empresa emergente para la formación de especialistas en el uso de realidad virtual a nivel académico y negocios. Este beneficio está representado por bajos costos de implementación e integración con entornos académicos y de negocios tradicionales, además de la diversidad de aplicaciones académicas disponibles para realidad virtual.

6 Referencias

- Abrol, E., Groszmann, M., Pitman, A., Hough, R., Taylor, R. M., & Aref-Adib, G. (2017). Exploring the digital technology preferences of teenagers and young adults (TYA) with cancer and survivors: a cross-sectional service evaluation questionnaire. *Journal of Cancer Survivorship*, 11(6), 670–682. <https://doi.org/10.1007/s11764-017-0618-z>
- Aguado Terrón, J. M. (2004). Introducción a las Teorías de la Información y la Comunicación. *Introducción a Las Teorías de La Información y La Comunicación*, 252. <https://doi.org/10.2307/40181119>
- Aladro Vico, E. (2011). La Teoría de la Información ante las nuevas tecnologías de la comunicación. *CIC Cuadernos de Información y Comunicación*, 16, 83–93. https://doi.org/10.5209/rev_CIYC.2011.v16.4
- Andersen, S. A. W., Mikkelsen, P. T., Konge, L., Cayé-Thomasen, P., & Sørensen, M. S. (2016). The effect of implementing cognitive load theory-based design principles in virtual reality simulation training of surgical skills: a randomized controlled trial. *Advances in Simulation*, 1(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s41077-016-0022-1>
- Andrews Acquah, E. Q. (2017). Using the Information Processing Approach to Explain the Mysteries of the Black Box : Implications for Teaching Religious and Moral Education. *Journal of Information Engineering and Applications*, 7(7), 1–4. https://www.nugschina.org/portal/member_academics/academics_uploads/48768e8063d753ccd28d3be241bd8d58.pdf
- Antonio, N., & Martínez, F. (2015). Análisis de ondas neuronales: un estudio previo

para terapia psicológica sin fármacos. *CELERINET*, 5(3), 23–27.

http://eprints.uanl.mx/3403/1/Análisis_de_ondas_neuronales.pdf

Arocho, W. C. R. (Universidad D. P. R. (2017). *Materiales en línea. Proyecto para el Desarrollo de Destrezas de Pensamiento. Actualidad de las ideas pedagógicas de de Jean Piaget y Lev Vygotsky: Invitación a la lectura de los textos originales*. 1–8.

www.pddpupr.org. <https://www.redalyc.org/pdf/805/80531304.pdf>

Averbeck, J. M., & Miller, C. (2014). Expanding Language Expectancy Theory: The Suasory Effects of Lexical Complexity and Syntactic Complexity on Effective Message Design. *Communication Studies*, 65(1), 72–95.

<https://doi.org/10.1080/10510974.2013.775955>

Barnett, M., McMahan, T., Parsons, T. D., Barnet, M., & McMahan, T. (2016). Impact of Distractors on Executive Control in Older Adults: Construct-Driven and Function-Led Approaches to Neuropsychological Assessment. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, July, 71–77.

<https://www.arctt.info/volume-14-summer-2016>

Barraza, J. I. M. (2015). *Sistema Brain Computer Interface*. Universitat Politècnica de Catalunya. <http://hdl.handle.net/2117/78057>

Bartés-Serrallonga, M., Adan, A., Solé-Casals, J., Caldú, X., Falcón, C., Pérez-Pàmies, M., Bargalló, N., & Serra-Grabulosa, J. M. (2014). Bases cerebrales de la atención sostenida y la memoria de trabajo: Un estudio de resonancia magnética funcional basado en el continuous performance test. *Revista de Neurologia*, 58(7), 289–295.

<https://doi.org/10.33588/rn.5807.2013348>

Beebe, S. A., & Masterson, J. T. (2012). Chapter of Communicating in small groups: principles and practices. *Communicating in Small Groups*, 1–31.

<https://mymission.lamission.edu/userdata/casarera/docs/Small-Groups.pdf>

Bloom, R., Schnaider-Beeri, M., Ravona-Springer, R., Heymann, A., Dabush, H., Bar, L., Slater, S., Rassovsky, Y., & Bahar-Fuchs, A. (2017). Computerized cognitive training for older diabetic adults at risk of dementia: Study protocol for a randomized controlled trial. *Alzheimer's and Dementia: Translational Research and Clinical Interventions*, 3(4), 636–650. <https://doi.org/10.1016/j.trci.2017.10.003>

Borracci, R. A., & Arribalzaga, E. B. (2015). Estilos de aprendizaje de kolb en estudiantes de medicina. *Medicina (Argentina)*, 75(2), 73–80.

[https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72678-4](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72678-4)

Bowler Jr, G. M. (2010). Netnography: A method specifically designed to study cultures and communities online. *The Qualitative Report*, 15(5), 1270–1275.

<http://dx.doi.org/10.46743/2160-3715/2010.1341>

Brown, A., & Green, T. D. (2006). *The essentials of instructional design: connecting fundamental principles ...* [http://books.google.com/books?id=-](http://books.google.com/books?id=-xBKAAAAYAAJ&pgis=1)

[xBKAAAAYAAJ&pgis=1](http://books.google.com/books?id=-xBKAAAAYAAJ&pgis=1)

Bunzeck, N. (2015). *Differential effects of white noise in cognitive and perceptual tasks*. 6(November), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01639>

Burgoon, J. K. (2016). Expectancy Violations Theory. *The International Encyclopedia of Interpersonal Communication*, 1–9.

<https://doi.org/10.1002/9781118540190.wbeic0102>

- Campo, S., Cameron, K. A., Brossard, D., & Frazer, M. S. (2004). Social norms and expectancy violation theories: assessing the effectiveness of health communication campaigns. *Communication Monographs*, 71(4), 448–470.
<https://doi.org/10.1080/0363452042000307498>
- Cantero, D. S. M. (2014). Teoría fundamentada y atlas.ti: Recursos metodológicos para la investigación educativa. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 16(1), 104–122. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/727>
- Corominas, M. (2016). *Programa-tratamiento con Neurofeedback en un grupo de internos del Departamento de Atención Especializada*.
<http://hdl.handle.net/2072/284976>
- David Tomas, Yoan Gutierrez, Isabel Moreno, F. A. (2015). Procesamiento del Lenguaje Natural. *Sociedad Espanola Para El Procesamiento Del Lenguaje Natural*, 55.
https://gplsi.dlsi.ua.es/sepln15/sites/gplsi.dlsi.ua.es.sepln15/files/attachments/RevisitaSEPLN55_0.pdf
- Díaz-orueta, U., Climent, G., Cardas-ibáñez, J., Alonso, L., Olmo-osa, J., & Tirapustárroz, J. (2016). Evaluación de la memoria mediante realidad virtual : presente y futuro. *Neurologia*, 62(2), 75–84. <https://doi.org/10.33588/rn.6202.2015453>
- Dixon, R. K., & Velten, J. C. (2016). Donald Trump's process of political persuasion : Using Communication Theory to explain an unexpected voter-rally during the 2016 presidential campaign. *American International Journal of Contemporary Research*, 6(3), 10–14. http://www.aijcrnet.com/journals/Vol_6_No_3_June_2016/2.pdf

Durkin, J., Suresh, A. K., Colbath, J., Broussard, C., Wu, J., Zochowski, M., & Aton, S. J. (2017). Cortically coordinated NREM thalamocortical oscillations play an essential, instructive role in visual system plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(39), 10485–10490.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1710613114>

Eco, U. (2000). *Tratado de Semiotica General* (5th ed.). LiberDuplex S.A.

<http://mastor.cl/blog/wp-content/uploads/2015/08/ECO-Tratado-de-Semi%C3%B3tica-General.pdf>

Einstein, M. C., Polack, P.-O., Tran, D. T., & Golshani, P. (2017). Visually Evoked 3–5 Hz Membrane Potential Oscillations Reduce the Responsiveness of Visual Cortex Neurons in Awake Behaving Mice. *The Journal of Neuroscience*, *37*(20), 5084–5098. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3868-16.2017>

Ellis, S. R. (1994). What are virtual environments? In *Computer Graphics and Applications, IEEE* (Vol. 14, Issue 1, pp. 17–22). <https://doi.org/10.1109/38.250914>

Ernesto Panadero, A. T. (2014). Teorías de autorregulación educativa: una comparación y reflexión teórica. *Psicología Educativa*, *20*(1), 688.

<https://doi.org/10.1016/j.pse.2014.05.002>

Espiritusanto, Ó. (2016). Los auténticos nativos digitales: ¿estamos preparados para la Generación Z? *REVISTA DE ESTUDIOS DE JUVENTUD*, *114*(12), 4–210.

<http://www.injuve.es/sites/default/files/2017/29/publicaciones/revistainjuve114.pdf>

Ester, E. F., Sprague, T. C., & Serences, J. T. (2017). Category knowledge biases sensory representations in human visual cortex. *BioRxiv*, *025872*, 170845.

<https://doi.org/10.1101/170845>

Eva Mulero, D. R. (2010). *Análisis Factorial Confirmatorio De La Escala “Medida De La Eficacia De Las Actividades De Investigación Y Desarrollo Y Su Relación Con La Venta De Nuevos Productos: Evidencia Empírica En Las Empresas Farmacéuticas Españolas*. <http://www.aeca1.org/xvicongresoaecca/cd/191d.pdf>

Faisal, a A., Selen, L. P. J., & Wolpert, D. M. (2009). UKPMC Funders Group Noise in the nervous system. *Learning*, 9(4), 292–303.

<https://doi.org/10.1038/nrn2258.Noise>

Fitzpatrick, N. (2018). Media Manipulation 2.0: The Impact of Social Media on News, Competition, and Accuracy. *Athens Journal of Mass Media and Communications*, January, 45–62. <https://www.athensjournals.gr/media/2018-4-1-3-Fitzpatrick.pdf>

Fombuena, N. G. (2016). Normalización y validación de un test de memoria en envejecimiento normal, deterioro cognitivo leve y enfermedad de Alzheimer. In *Universitat Ramon Llull*. <https://www.tdx.cat/handle/10803/9261>

Foxe, J. J., & Snyder, A. C. (2011). The role of alpha-band brain oscillations as a sensory suppression mechanism during selective attention. *Frontiers in Psychology*, 2(JUL), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00154>

Gontier B., J. (2011). Memoria de Trabajo y Envejecimiento. *Revista de Psicología*, 13(2), 111–124. <https://doi.org/10.5354/0719-0581.2004.17804>

González, I. (2018). Modelos PLS-PM. In *Universidad de Sevilla*. Universidad de Sevilla. <https://hdl.handle.net/11441/77637>

González, M. L., Marchueta, J., & Vilche, E. A. (2013). Modelo De Aprendizaje Experiencial De Kolb Aplicado A Laboratorios Virtuales En Ingeniería En Electrónica. *I Jornadas Nacionales de TIC e Innovación En El Aula*, 8. <http://hdl.handle.net/10915/26533>

González, Y. (2011). Distribuciones Muestrales. 2011, 12. http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales_didacticos/inferencia_estadistica/distrib_muestrales.htm

Grandi, F., & Tirapu-Ustárriz, J. (2017). Neuropsicología de la memoria prospectiva basada en el evento. *Revista de Neurología*, 65(5), 226–233. <https://doi.org/10.33588/rn.6505.2016501>

Griffin, E. (2015). Communication: A First Look at Communication Theory. In *A First Look At Communication Theory*. <https://www.afirstlook.com/home>

Gutiérrez Flórez, L. E., Correa Escobar, M. I., Henao Restrepo, A., Arango Botero, D., & Valencia Arias, A. (2018). Influence of social networks on the purchase decisions of university students. *Cuadernos de Gestión*, 18(1), 61–84. <https://doi.org/10.5295/cdg.150577lj>

Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Mena, J. A. (2012). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40(3), 414–433. <https://doi.org/10.1007/s11747-011-0261-6>

Hassanien, A. E., & Azar, A. T. (2015). BCI: Current Trends and Applications. *Spring*, 74(416), 416. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10978-7>

- Hayman, S., Schemes, I. C., & Square, R. W. (2007). Folksonomies and tagging: *Education.Au*, 1–33. http://origin-archive.ifla.org/IV/ifla73/papers/157-Hayman_Lothian-en.pdf
- Heart Stroke Foundation. (2019). *Multiple Errands Test (MET) - Stroke Engine*. <https://www.strokenengine.ca/en/assess/met/>
- Helps, S. K., Bamford, S., & Sonuga-barke, E. J. S. (2014). *Different Effects of Adding White Noise on Cognitive Performance of Sub-, Normal and Super-Attentive School*. 9(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112768>
- Hilken, T., Heller, J., Chylinski, M., Keeling, D. I., Mahr, D., & de Ruyter, K. (2018). Making omnichannel an augmented reality: the current and future state of the art. *Journal of Research in Interactive Marketing*, 12(4), 509–523. <https://doi.org/10.1108/JRIM-01-2018-0023>
- Hillman, H. (2007). *Social network theory*. 1–8. <https://doi.org/10.1108/MD-12-2013-0655>
- Hoffmann, Agustín Freiberg; Liporace, M. M. F. (2015). ESTILOS DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS INGRESANTES Y AVANZADOS DE BUENOS AIRES 1 - ProQuest. *Liberabit*, 21(1), 71–79. <https://doi.org/10.1364/JOSAB.23.002535>
- Hueso, A., & Cascant, M. J. (2012). *Metodología y Técnicas Cuantitativas de Investigación*. https://www.lalibreria.upv.es/portaEd/UpvGStore/products/p_6060-1-1

- I. Berne, J., & Clark, K. (2006). Comprehension Strategy Use During Peer-Led Discussions of Text: Ninth Graders Tackle “The Lottery.” *Journal of Adolescent & Adult Literacy - J ADOLESC ADULT LITERACY*, 49, 674–686.
<https://www.jstor.org/stable/40014091>
- Jack Snowman, & Biehler, R. (2014). Information Processing Theory. In *Psychology Applied to Teaching* (11th ed., pp. 1–21). Houghton Mifflin.
<https://www.worldcat.org/title/psychology-applied-to-teaching/oclc/228007807?page=citationSoja>
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Joo, T., & Teng, C. (2017). *Impacts of Social Media (Facebook) on Human Communication and Relationships : A View on Behavioral Change and Social Unity*. 7(4), 27–50. <https://doi.org/10.5865/IJKCT.2017.7.4.027>
- Kafle, H. R. (2014). Symbolic Convergence Theory. Revisiting Its Relevance to Team Communication. *International Journal of Comunnication*, 24(1), 16–29.
<https://www.researchgate.net/publication/275272865>
- Kartikawangi, D. (2017). Symbolic convergence of local wisdom in cross–cultural collaborative social responsibility: Indonesian case. *Public Relations Review*, 43(1), 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.pubrev.2016.10.012>
- Kissinger, S. T., Pak, A., Tang, Y., Masmanidis, S. C., & Chubykin, A. A. (2018). Oscillatory Encoding of Visual Stimulus Familiarity. *The Journal of Neuroscience*,

38(27), 6223–6240. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3646-17.2018>

López, M. (2011). Memoria de trabajo y aprendizaje: aportes de la neuropsicología.

Cuad. Neuropsicol^o, 5(1), 25–47.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=439642487003>

Lotte, F., Bougrain, L., Clerc, M., Lotte, F., Bougrain, L., Clerc, M., Eeg, E., Lotte, F.,

Bougrain, L., & Clerc, M. (2015). *Interfaces To cite this version :*

Electroencephalography (EEG) -based Brain-Computer Interfaces.

<https://doi.org/10.1109/IEMBS.2009.5334802>

Lozano-Soldevilla, D., & VanRullen, R. (2019). The Hidden Spatial Dimension of Alpha:

10-Hz Perceptual Echoes Propagate as Periodic Traveling Waves in the Human

Brain. *Cell Reports*, 26(2), 374-380.e4. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2018.12.058>

Luna-Lario, P., Peña, J., & Ojeda, N. (2017). Comparación de la escala de memoria de

wechsler-iii y el test de aprendizaje verbal española-complutense en el daño cerebral

adquirido: Validez de constructo y validez ecológica. *Revista de Neurología*, 64(8),

353–361. <https://doi.org/10.33588/rn.6408.2016437>

Mansouri, F. A., Koechlin, E., Rosa, M. G. P., & Buckley, M. J. (2017). Managing

competing goals - A key role for the frontopolar cortex. *Nature Reviews*

Neuroscience, 18(11), 645–657. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.111>

Margaret Kiley, Gerry Mullins, Ray Peterson, T. R. (1969). Leap into Problem-based

Learning. *Centre for Learning and Professional Development*, 1968, 1–69.

<http://www.adelaide.edu.au/clpd/resources/leap/leapinto/ProblemBasedLearning.pdf>

f

- Maria Russell, G. G. (2002). Análisis de Regresión Lineal con Errores Distribuidos Normal Sesgados. In *Centro de Investigación en Matemáticas: Vols. 1-02-30/10* (Issue I). Centro de Investigación en Matemáticas.
<https://hdl.handle.net/2440/71220>
- Marian, V., Hayakawa, S., Lam, T. Q., & Schroeder, S. R. (2018). Language experience changes audiovisual perception. *Brain Sciences*, 8(5), 1–14.
<https://doi.org/10.3390/brainsci8050085>
- Martínez Ávila, M., & Fierro Moreno, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico / Application of the PLS-SEM technique in Knowledge Management: a practical technical approach. In *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* (Vol. 8, Issue 16). <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
- Martínez, M., & Guardiola, G. T. (2006). Conceptos Básicos de Electroencefalografía. *Duazary*, 3(1), 18–23. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=512156334010>
- Mellinger, S. &. (2010). Brain Sensors and Signals. In *A Practical Guide to Brain-Computer Interfacing with BCI2000* (1era ed., p. 9=35). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-84996-092-2>
- Młynarski, W. F., & Hermundstad, A. M. (2018). Adaptive coding for dynamic sensory inference. *ELife*, 7, 1–43. <https://doi.org/10.7554/elife.32055>
- Moos, D. (2015). Information Processing Theory in Context. In *Educational Psychology* (Educational Psychology).
<http://homepages.gac.edu/~dmoos/documents/samplepaper.pdf>

- Morillo, L. E. (2005). ANÁLISIS VISUAL DEL ELECTROENCEFALOGRAMA. In *Guía Neurológica* (7th ed., Vol. 7, pp. 143–163). Asociación Colombiana de Neurología.
<https://www.acnweb.org/guia/g7cap17.pdf>
- Nanditha, M., & A, S. C. P. (2017). *EEG-Based Brain Controlled Robo and Home Appliances*. 47(3), 161–169. <http://dx.doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V47P227>
- Navarra, R. L., & Waterhouse, B. D. (2019). Considering noradrenergically mediated facilitation of sensory signal processing as a component of psychostimulant-induced performance enhancement. *Brain Research*, 1709(October), 67–80.
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2018.06.027>
- NeuroSky. (2010). *TGAM1 Spec Sheet*.
http://wecam.org/ece516/neurosky_eeg_brainwave_chip_and_board_tgam1.pdf
- Nielsen, (2015). *Estilos de Vida Generacionales*, (pp1-18). Nielsen Corp.
<https://www.nielsen.com/wp-content/uploads/sites/3/2019/04/EstilosdeVidaGeneracionales.pdf>
- Novikov, D. A. (2016). *Cybernetics: From Past to Future*. – Heidelberg: Springer, 2016.
– 107 p.
https://www.researchgate.net/publication/287319297_Cybernetics_from_Past_to_Future
- Orengo, J. (2008). *Qué Es Un Protocolo De Investigación* (pp. 1–25). SUAGM.
<https://biblioteca.uagm.edu/>
- Pallavicini, F., Pepe, A., & Minissi, M. E. (2019). Taking Neuropsychological Test to the

- Next Level: Commercial Virtual Reality Video Games for the Assessment of Executive Functions. *Springer Nature*, 11573(July). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23563-5>
- Palotti, J., Zuccon, G., & Hanbury, A. (2019). Consumer Health Search on the Web: Study of Web Page Understandability and Its Integration in Ranking Algorithms. *Journal of Medical Internet Research*, 21(1), e10986. <https://doi.org/10.2196/10986>
- Pang, B., & Lee, L. (2008). Opinion mining and sentiment analysis. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, 2(12), 1135. <https://doi.org/10.1561/1500000011>
- Pangrazio, L. J. (2015). Becoming digital : an exploration of digital media in young people's lives. In *Monash University*. Monash University. <https://doi.org/10.4225/03/58b781626a980>
- Parra-Bolaños, N., Fidel, M., & de la Peña, C. (2017). Atención y Memoria en estudiantes con bajo rendimiento académico. Un estudio exploratorio. *Reidocrea*, 6(7), 74–83. <http://www.ugr.es/~reidocrea/6-7.pdf>
- Parsons, T. D. (2015). Virtual reality for enhanced ecological validity and experimental control in the clinical, affective and social neurosciences. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(DEC), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00660>
- Parsons, T. D., Carlew, A. R., Magtoto, J., & Stonecipher, K. (2017). The potential of function-led virtual environments for ecologically valid measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 27(5), 777–807. <https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1109524>

- Parsons, T. D., Riva, G., Parsons, S., Mantovani, F., Newbutt, N., Lin, L., Venturini, E., & Hall, T. (2017). Virtual Reality in Pediatric Psychology. *Pediatrics*, 140(Supplement 2), S86–S91. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1758>
- Pavlov, Y. G., & Kotchoubey, B. (2017). EEG correlates of working memory performance in females. *BMC Neuroscience*, 18(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12868-017-0344-5>
- Picard, L., Abram, M., Orriols, E., & Piolino, P. (2017). Virtual reality as an ecologically valid tool for assessing multifaceted episodic memory in children and adolescents. *International Journal of Behavioral Development*, 41(2), 211–219. <https://doi.org/10.1177/0165025415616198>
- Rajkumar, R., Lee, I. L. I., Sha, L. S. L., & Stankovic, J. (2010). Cyber-physical systems: The next computing revolution. *Design Automation Conference (DAC), 2010 47th ACM/IEEE*, 0–5. <https://doi.org/10.1145/1837274.1837461>
- Roberto Minerva, Abyi Biru, D. R. (2015). Towards a Definition of the Internet of Things (IoT). *IEEE Internet Initiative*, 1, 1–86. https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf
- Rodríguez Cepeda, R. (2018). Los modelos de aprendizaje de Kolb, Honey y Mumford: implicaciones para la educación en ciencias. *Sophia*, 14(1), 73. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.698>
- Ronald I. Herning, Warren Better, J. L. C. (2012). *EEG of Chronic Marijuana Users during Abstinence: Relationship to Years of Marijuana Use, Cerebral Blood Flow*

and Thyroid Function. 76(October 2009), 211–220. <https://doi.org/10.1007/s11103-011-9767-z>. *Plastid*

Rothlein, D., DeGutis, J., & Esterman, M. (2016). Sensitivity to perceptual similarity is associated with greater sustained attention ability. *Journal of Vision*, 16(12), 420. <https://doi.org/10.1167/16.12.420>

Rubiales Josefina, Liliana Bakker, Diana Russo, R. G. (2014). MEMORIA VERBAL Y ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN EN NIÑOS CON TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN E HIPERACTIVIDAD. *Revista Mexicana de Psicología*, 31(2), 79–89. <http://www.revistapsicologia.uchile.cl/index.php/RDP/article/view/17804>

Rubio, C. A. (2012). Una exploración del Índice de condiciones de vida en Colombia, bajo la Perspectiva de la econometría espacial. *Scielo*. <https://revistas.uao.edu.co/ojs/index.php/REYA/article/view/164>

Rui, J. R., & Stefanone, M. A. (2018). That tagging was annoying: An extension of expectancy violation theory to impression management on social network sites. *Computers in Human Behavior*, 80, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.001>

Ruiz-Contreras, A., & Cansino, S. (2005). Neurofisiología de la interacción entre la atención y la memoria episódica: revisión de estudios en modalidad visual. *Revista de Neurología*, 41(12), 733–743. <https://doi.org/10.33588/rn.4112.2004619>

Salas-Guerra, C. R. (2017). Antropología de la Informática Social: Teoría de la Convergencia Tecno-Social. *ArXiv:1706.09094 Cornell University Library ISSN:*

2331-8422, 2–23. <http://arxiv.org/abs/1706.09094>

Salgado Horta, D. (2015). *Pruebas de normalidad*.

<https://www.scribd.com/doc/227274190/Pruebas-de-Normalidad>

Santana, N. (2007). Receptores Monoaminérgicos en Corteza Prefrontal: Mecanismo de Acción de Fármacos Antipsicóticos. In *Universidad de Barcelona*. Universidad de Barcelona. <https://sid-inico.usal.es/documentacion/receptores-monoaminergicos-en-corteza-prefrontal-mecanismo-de-accion-de-farmacos-antipsicoticos/>

Schools, C. C. (2007). Problem based learning. *Center for Teaching Excellence, 1956*.

https://www.usma.edu/cfe/Literature/Schools_07.pdf%0Ahttp://www.unifi.it/tree/dl/oc/b5.pdf

Seeber, I., Bittner, E., Briggs, R. O., de Vreede, G.-J., de Vreede, T., Druckenmiller, D., Maier, R., Merz, A. B., Oeste-Reiß, S., Randrup, N., Schwabe, G., & Söllner, M. (2018). Machines as Teammates: A Collaboration Research Agenda. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, 9, 420–429.

<https://doi.org/10.24251/hicss.2018.055>

Serino, S., & Repetto, C. (2018). New trends in episodic memory assessment:

Immersive 360° ecological videos. *Frontiers in Psychology*, 9(OCT), 1–6.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01878>

Services, E. (2005). *An Introduction to Problem-Based Learning Sir Wilfrid Laurier School Board*.

https://www.researchgate.net/profile/Dickson_Adom/post/What_is_Problem-

[based_learning/attachment/5cccaed23843b0b982510401/AS%3A754582812631040%401556917970331/download/An+Introduction+to+Problem-based+Learning.pdf](https://doi.org/10.1080/108010584609.2017.1334728)

Shallice, T., & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114(2), 727–741.

<https://doi.org/10.1093/brain/114.2.727>

Söderlund, G. B. W., Sikström, S., Loftesnes, J. M., & Sonuga-barke, E. J. (2010). *The effects of background white noise on memory performance in inattentive school children*. 1–10. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-6-55>

Sonesson, G. (1997). Semiótica cultural de la sociedad de imágenes: De la reproducción mecánica a la producción digital. *In Heterogénesis*, 20, 16–43.

https://www.academia.edu/1354881/Semi%C3%B3tica_cultural_de_la_sociedad_de_im%C3%A1genes

Stier, S., Bleier, A., Lietz, H., & Strohmaier, M. (2018). Election Campaigning on Social Media: Politicians, Audiences, and the Mediation of Political Communication on Facebook and Twitter. *Political Communication*, 35(1), 50–74.

<https://doi.org/10.1080/10584609.2017.1334728>

Suresh, G., & Shanmugaraju, S. (2016). E-Sense Algorithm Based Wireless Wheelchair Control Using Brain Waves. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, 11(3), 19–26. <https://doi.org/10.9790/1676-1103011926>

Thiese, M. S. (2014). Observational and interventional study design types; an overview.

Biochemia Medica, 24(2), 199–210. <https://doi.org/10.11613/BM.2014.022>

UAB. (2013). *Código de buenas prácticas de la escuela de doctorado.*

https://www.uab.cat/doc/DOC_CBP_ES

Velasco, P. G. (2013). *INFLUENCIA DE LA ESTIMULACIÓN SONORA BINAURAL EN LA GENERACIÓN DE ONDAS CEREBRALES. ESTUDIO ELECTROENCEFALOGRÁFICO.* Universidad Complutense de Madrid.

<https://eprints.ucm.es/id/eprint/21680/>

Venturini, E., Riva, P., Serpetti, F., Romero Lauro, L., Pallavicini, F., Mantovani, F., Cloutier, R., McMahan, F., Stonecipher, K., & Parsons, T. D. (2016). A 3D virtual environment for empirical research on social pain: Enhancing fidelity and anthropomorphism in the study of feelings of ostracism inclusion and overinclusion. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 14, 89–94.

[http://psychology.unt.edu/~tparsons/pdf/Parsons%20\(Venturini%202016\)%20Cyberball%20Autism.pdf](http://psychology.unt.edu/~tparsons/pdf/Parsons%20(Venturini%202016)%20Cyberball%20Autism.pdf)

Weeks, B. E., Ardèvol-Abreu, A., & Gil de Zúñiga, H. (2015). Online Influence? Social Media Use, Opinion Leadership, and Political Persuasion. *International Journal of Public Opinion Research*, 29(2), edv050. <https://doi.org/10.1093/ijpor/edv050>

Yaakov Stern, Helena Blumen, Leigh Rich, Alexis Richards, Gray Herzberg, D. G. (2013). Space Fortress game training and executive control in older adults: A pilot intervention. In P. Press (Ed.), *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn.* (pp. 1–24). Taylor & Francis Group.

<https://doi.org/10.1080/13825585.2011.613450.Space>

Yuste, R., Goering, S., Agüeray Arcas, B., Bi, G., Carmena, J. M., Carter, A., Fins, J. J.,

Friesen, P., Gallant, J., Huggins, J. E., Illes, J., Kellmeyer, P., Klein, E.,
Marblestone, A., Mitchell, C., Parens, E., Pham, M., Rubel, A., Sadato, N., ...
Wolpaw, J. (2017). Four ethical priorities for neurotechnologies and AI. *Nature*,
551(7679), 159–163. <https://doi.org/10.1038/551159a>

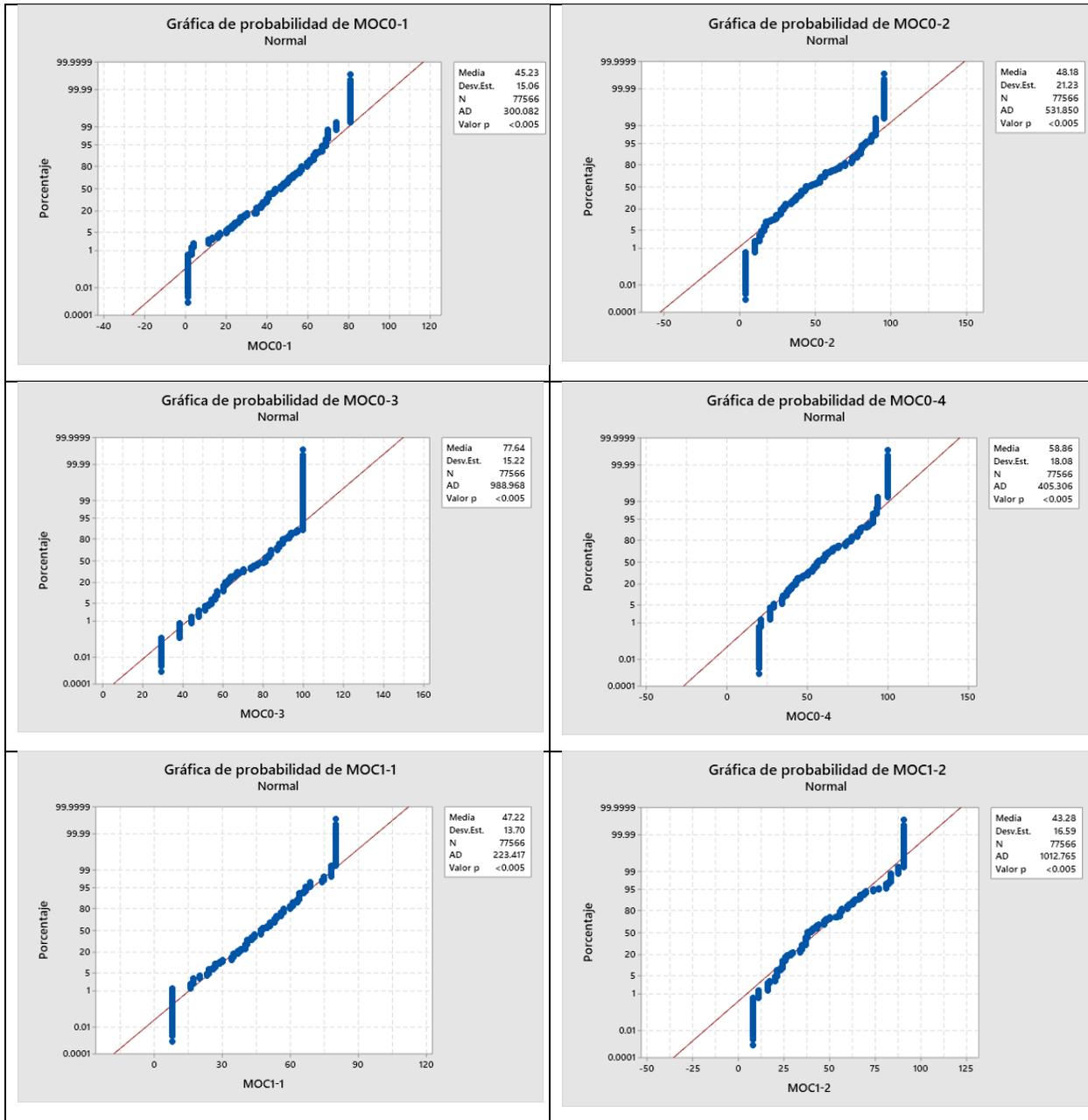
Zapata-Ros, M. (2012). Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos
conectados y ubicuos . *E-Prints in Library & Information Science*, 29–49.
<https://doi.org/10.14201/eks201516169102>

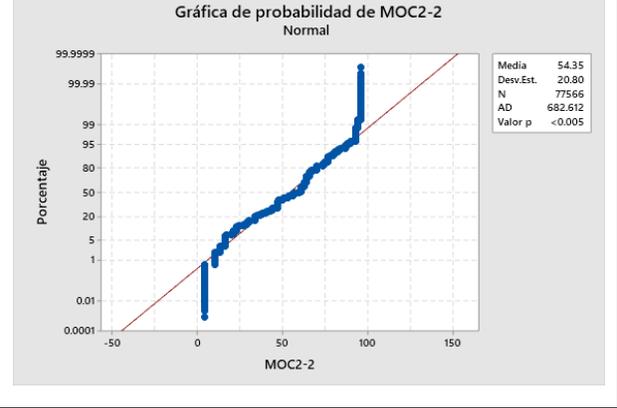
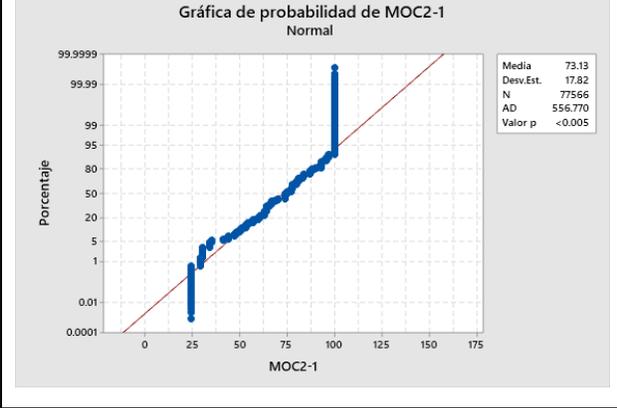
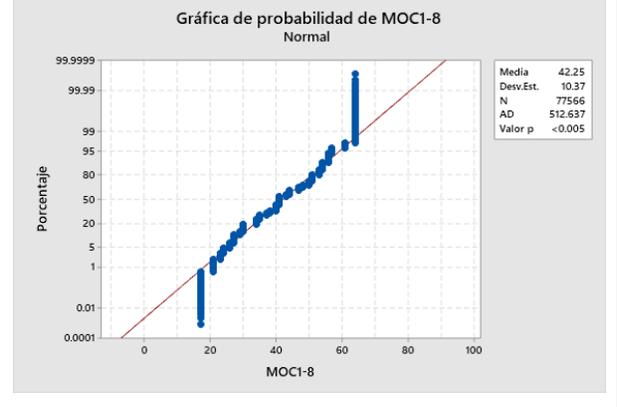
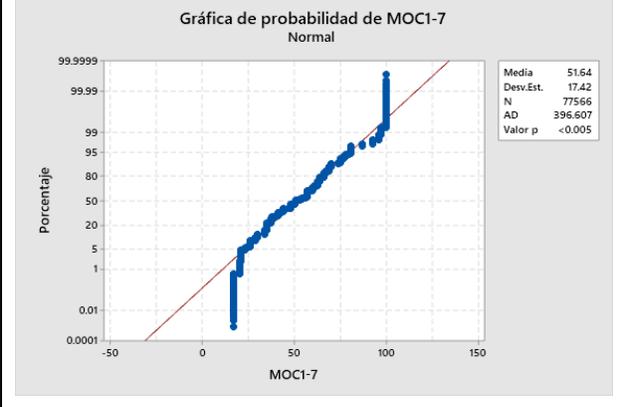
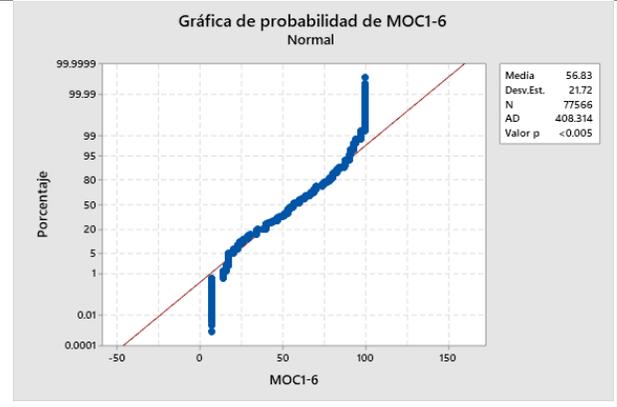
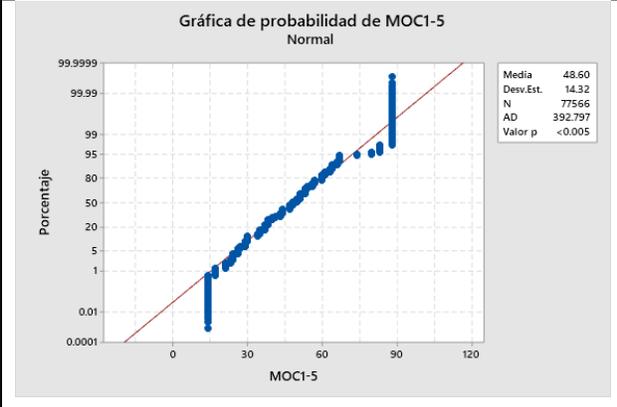
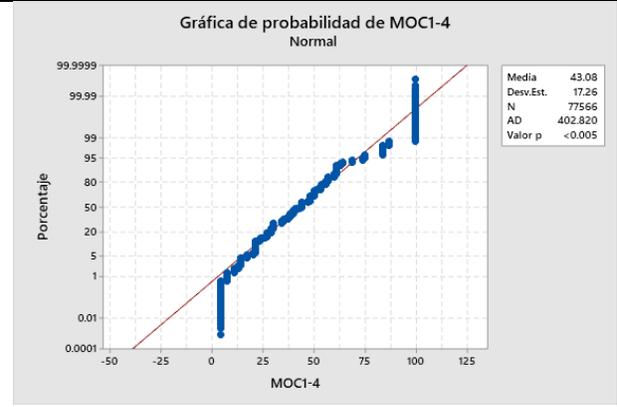
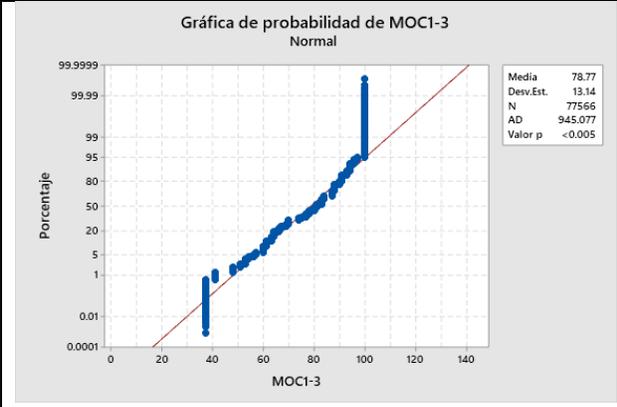
Zecchetto, V. (2002). *La danza de los signos: Nociones de semiótica general* (A.- Yala
(ed.); 1a. Edició). Abya- Yala.
[https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1003&context=abya_y
ala](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1003&context=abya_yala)

APENDICE A

Gráfico A.1

Gráfica de probabilidad Anderson-Darling (Prueba de normalidad)





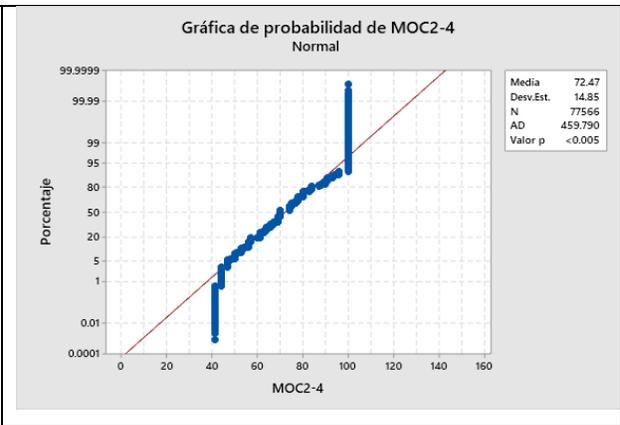
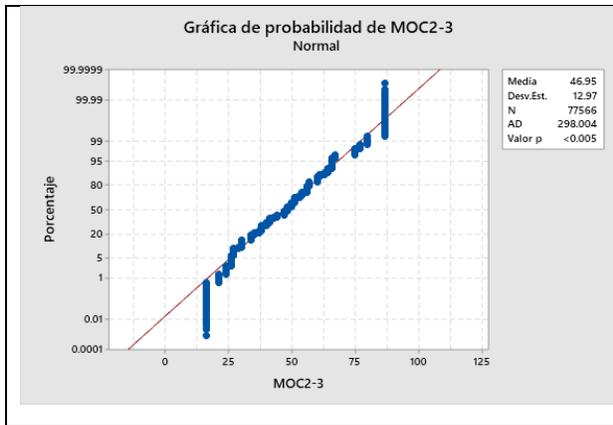
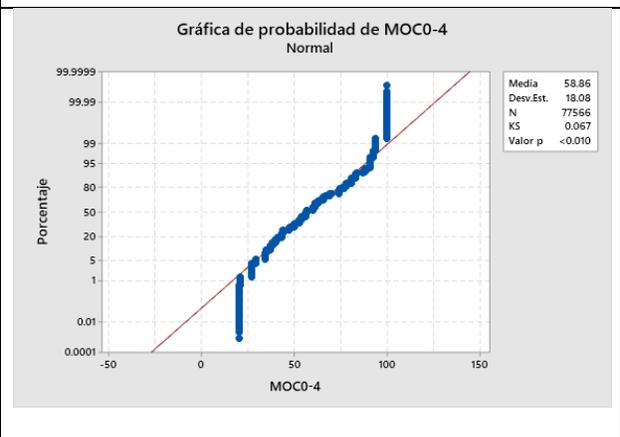
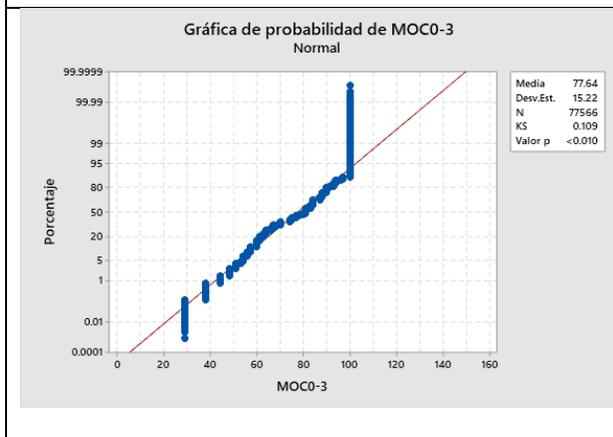
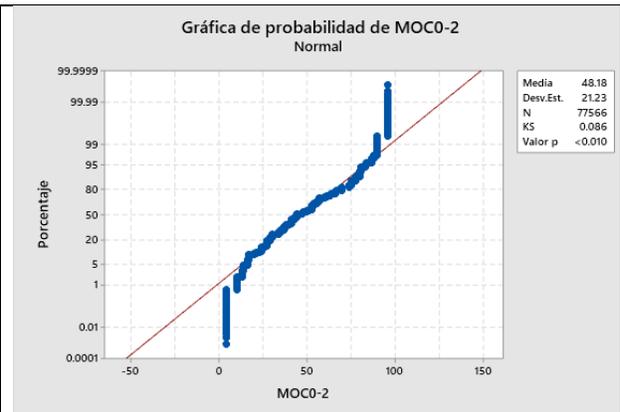
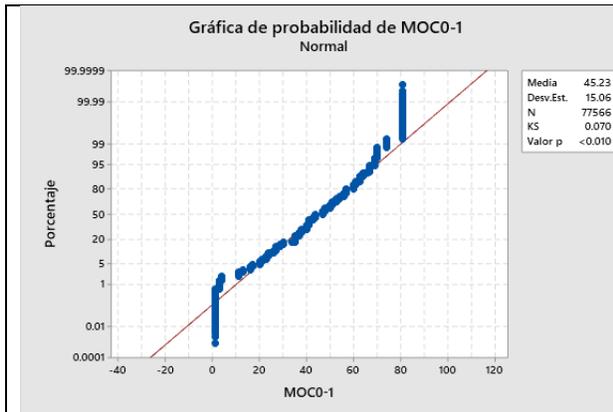
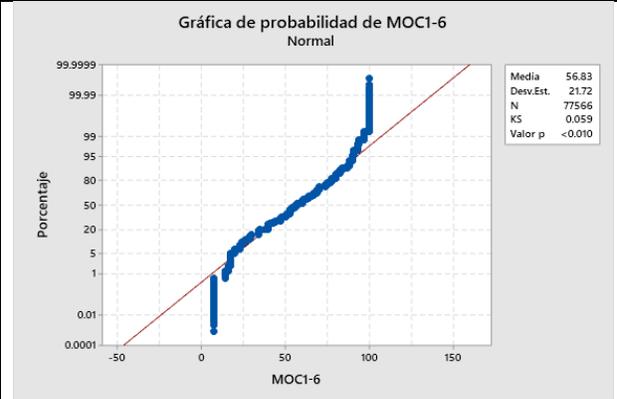
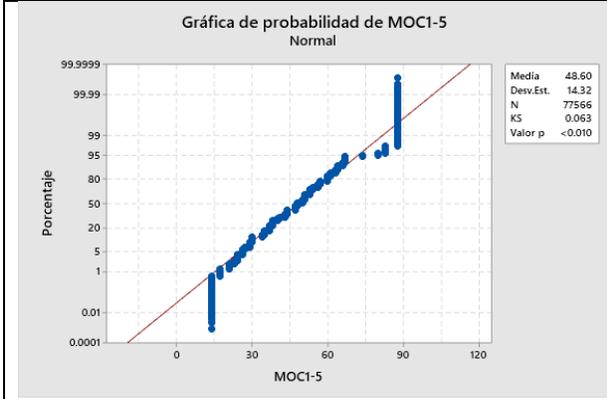
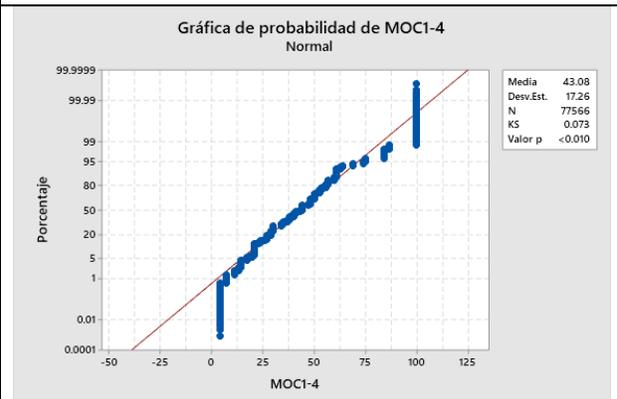
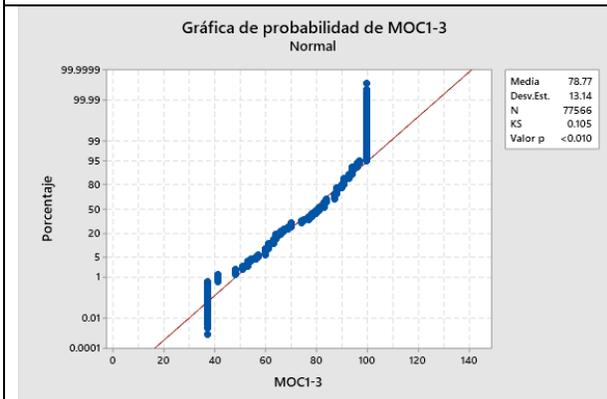
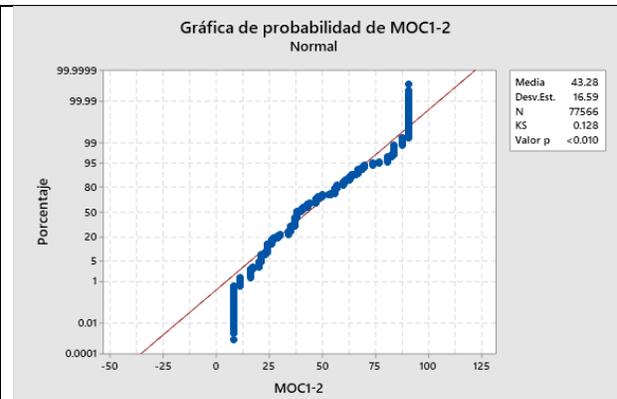
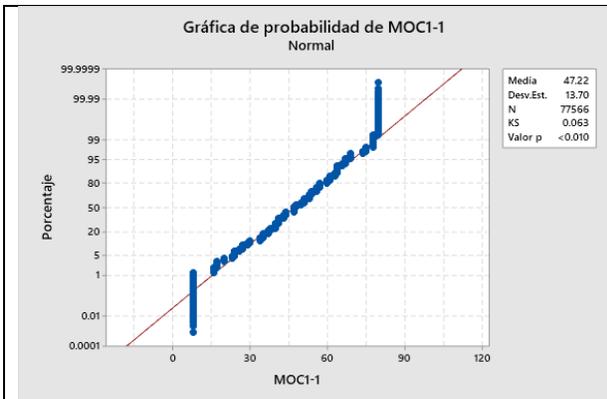
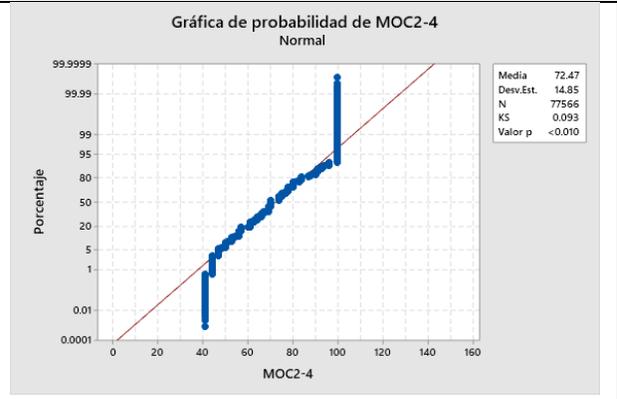
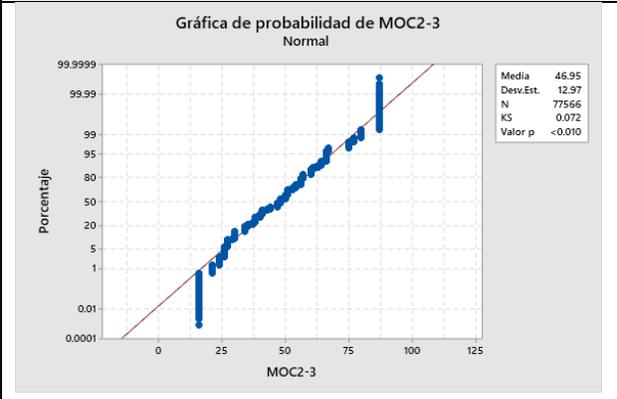
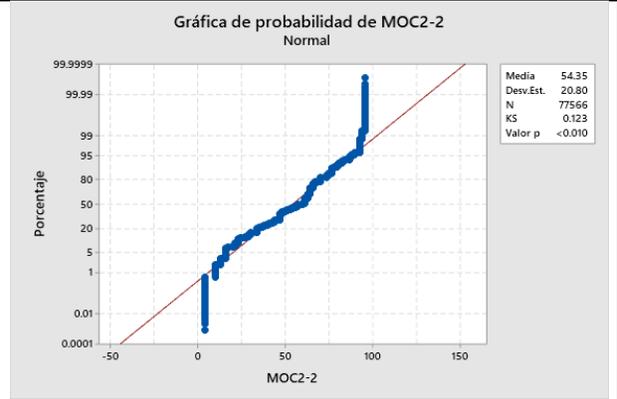
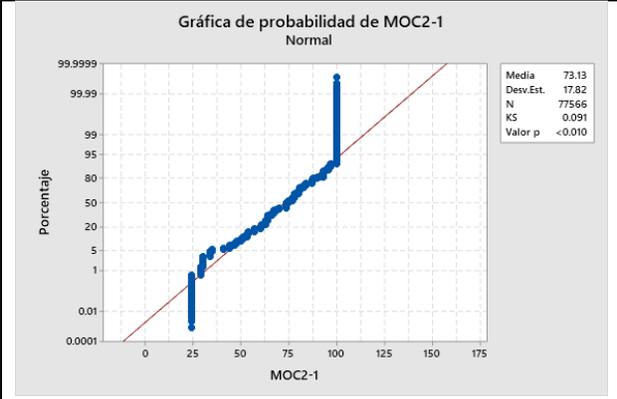
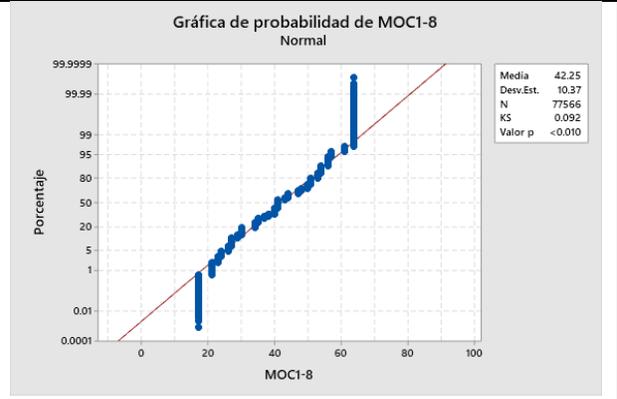
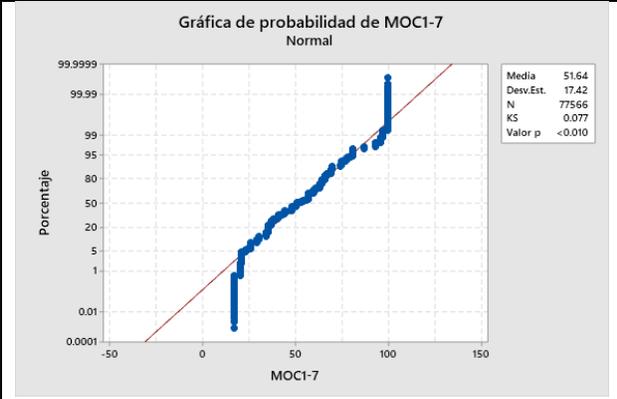


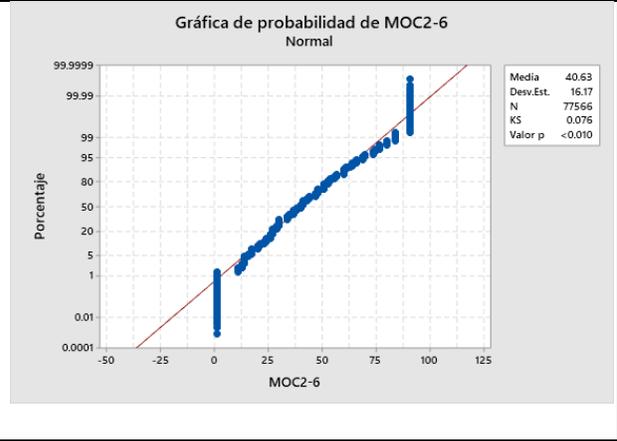
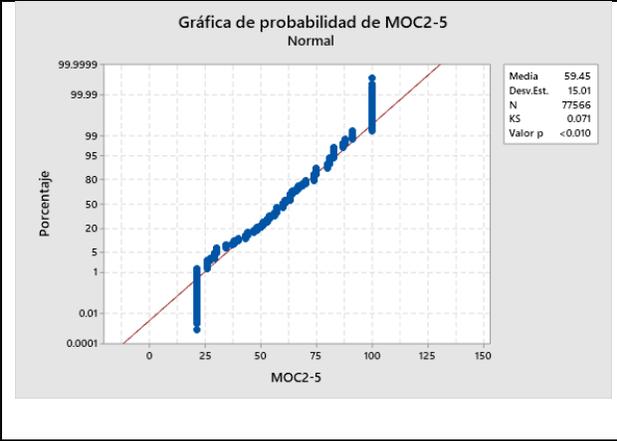
Gráfico A.2

Grafica de probabilidad Kolmogórov-Smirnov







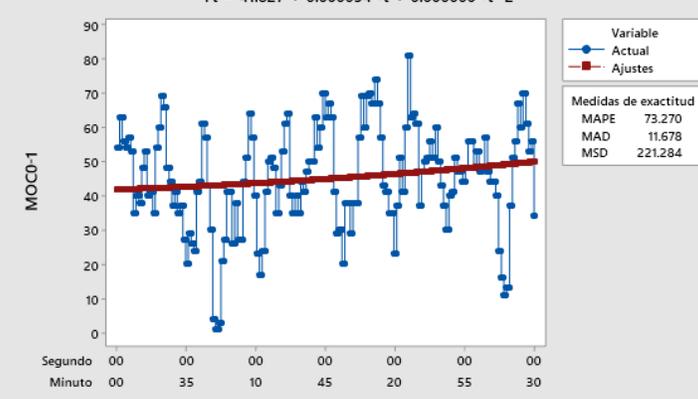
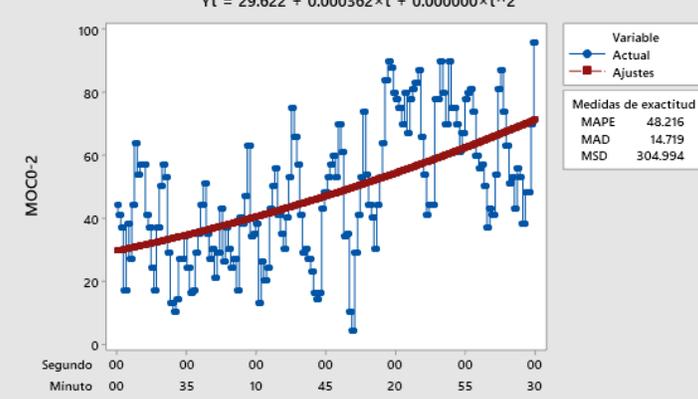


APENDICE B

Tabla B.1

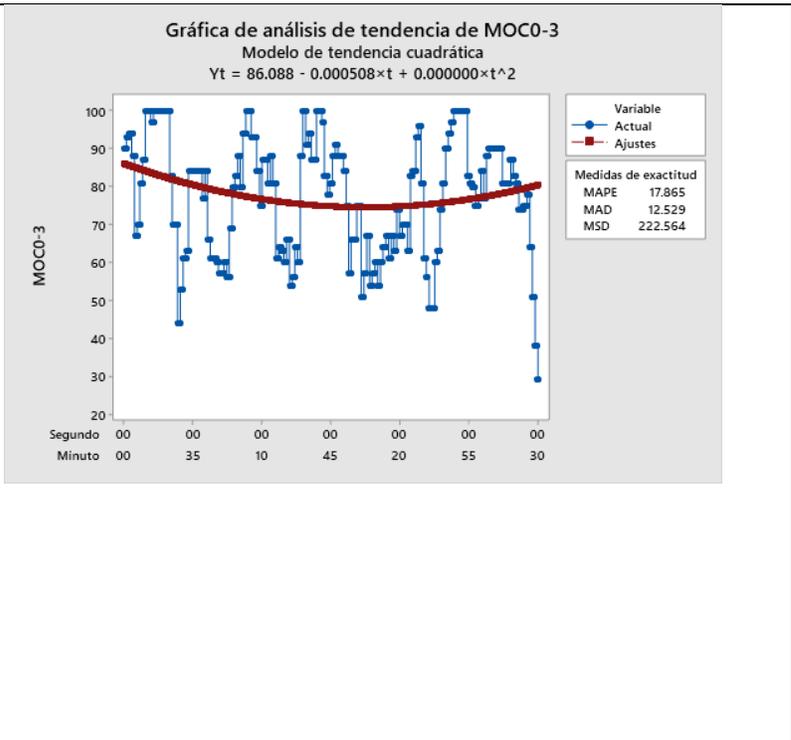
Gráficos de análisis de tendencia de condiciones experimentales

Prueba: Análisis de Tendencia para diseño del Modelo de tendencia cuadrática

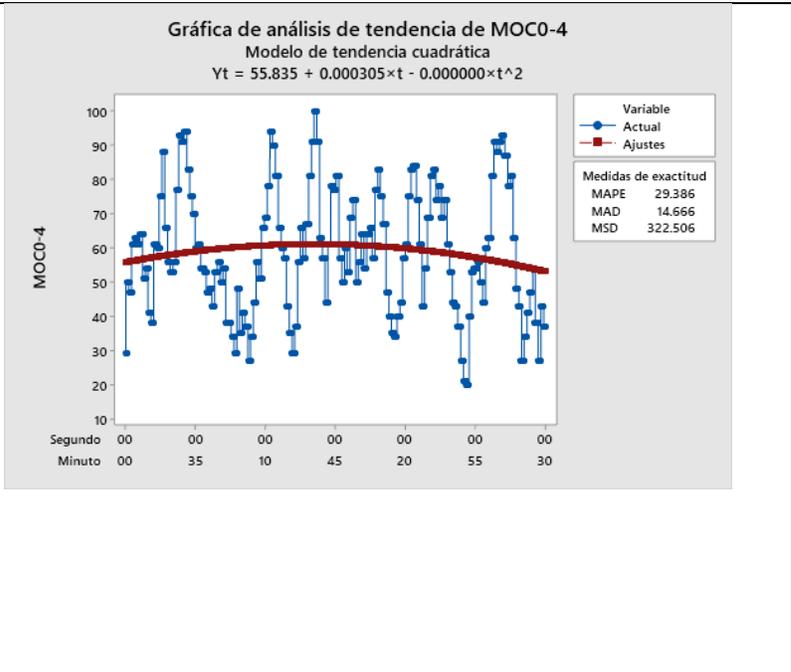
<p>Prueba MOC0-1</p> <p>Ecuación de tendencia ajustada:</p> $Y_t = 41.827 + 0.000054x_t + 0.000000x_t^2$ <p>Medida Exactitud</p> <p>MAPE 73.270</p> <p>MAD 11.678</p> <p>MSD 221.284</p> <p>Puntuación TIV-MET: 5.14</p>	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC0-1 Modelo de tendencia cuadrática $Y_t = 41.827 + 0.000054x_t + 0.000000x_t^2$</p> 
<p>Prueba MOC0-2</p> <p>Ecuación de tendencia ajustada</p> $Y_t = 29.622 + 0.000362x_t + 0.000000x_t^2$ <p>Medidas de exactitud</p> <p>MAPE 48.216</p>	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC0-2 Modelo de tendencia cuadrática $Y_t = 29.622 + 0.000362x_t + 0.000000x_t^2$</p> 

MAD 14.719
 MSD 304.994
 Puntuación TIV-MET: 5.37

Prueba MOC0-3
Ecuación de tendencia ajustada
 $Y_t = 86.088 - 0.000508 \times t + 0.000000 \times t^2$
Medidas de exactitud
 MAPE 17.865
 MAD 12.529
 MSD 222.564
 Puntuación TIV-MET: 3.52



Prueba MOC0-4
Ecuación de tendencia ajustada
 $Y_t = 55.835 + 0.000305 \times t - 0.000000 \times t^2$
Medidas de exactitud
 MAPE 29.386
 MAD 14.666
 MSD 322.506



<p>Puntuación TIV-MET: 3.09</p>	
<p>Prueba MOC1-1</p> <p>Ecuación de tendencia ajustada</p> $Y_t = 43.967 + 0.000224 \times t - 0.000000 \times t^2$ <p>Medidas de exactitud</p> <p>MAPE 32.512</p> <p>MAD 10.998</p> <p>MSD 186.171</p> <p>Puntuación TIV-MET: 3.13</p>	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-1 Modelo de tendencia cuadrática $Y_t = 43.967 + 0.000224 \times t - 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable</p> <ul style="list-style-type: none"> Actual Ajustes <p>Medidas de exactitud</p> <ul style="list-style-type: none"> MAPE 32.512 MAD 10.998 MSD 186.171
<p>Prueba MOC1-2</p> <p>Ecuación de tendencia ajustada</p> $Y_t = 53.783 - 0.000987 \times t + 0.000000 \times t^2$ <p>Medidas de exactitud</p> <p>MAPE 35.782</p> <p>MAD 12.154</p> <p>MSD 232.832</p> <p>Puntuación TIV-MET: 3.09</p>	<p>Gráfica de análisis de tendencia de MOC1-2 Modelo de tendencia cuadrática $Y_t = 53.783 - 0.000987 \times t + 0.000000 \times t^2$</p> <p>Variable</p> <ul style="list-style-type: none"> Actual Ajustes <p>Medidas de exactitud</p> <ul style="list-style-type: none"> MAPE 35.782 MAD 12.154 MSD 232.832

Prueba MOC1-3

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 89.376 - 0.000305 \times t + 0.000000 \times t^2$$

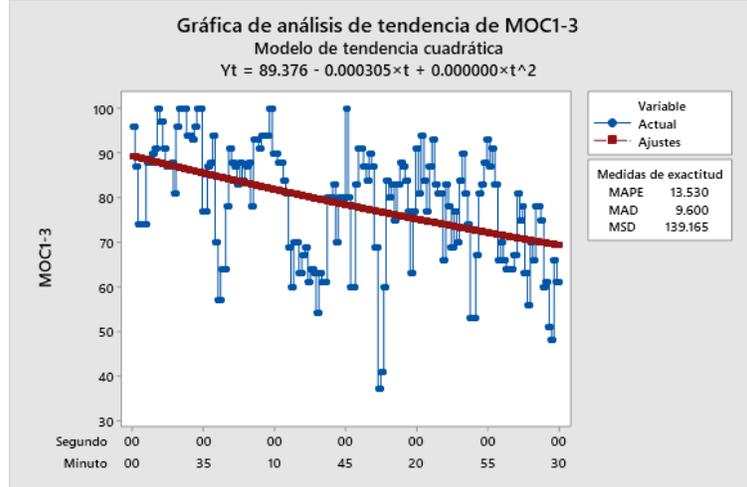
Medidas de exactitud

MAPE 13.530

MAD 9.600

MSD 139.165

Puntuación TIV-MET: 3.17



Prueba MOC1-4

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 42.186 + 0.000012 \times t + 0.000000 \times t^2$$

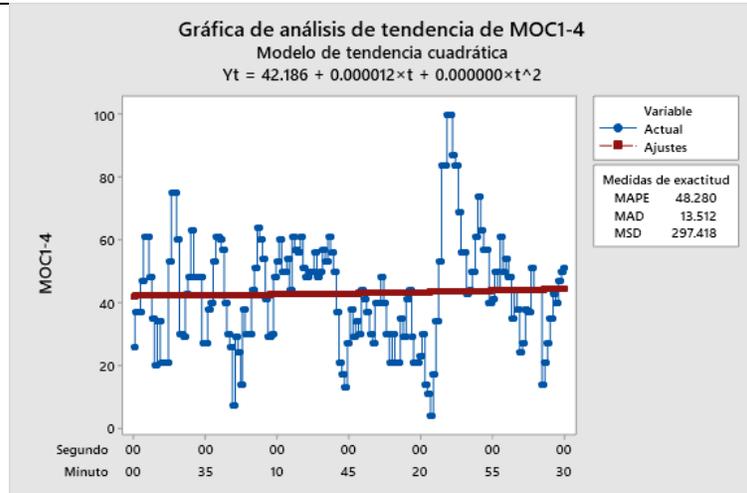
Medidas de exactitud

MAPE 48.280

MAD 13.512

MSD 297.418

Puntuación TIV-MET: 5.28



Prueba MOC1-5

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 64.164 - 0.000896 \times t + 0.000000 \times t^2$$

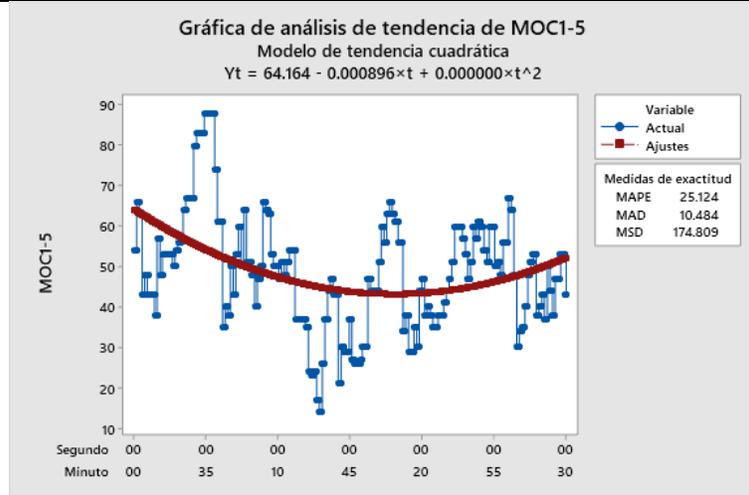
Medidas de exactitud

MAPE 25.124

MAD 10.484

MSD 174.809

Puntuación TIV-MET: 3.26



Prueba MOC1-6

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 24.028 + 0.001495 \times t - 0.000000 \times t^2$$

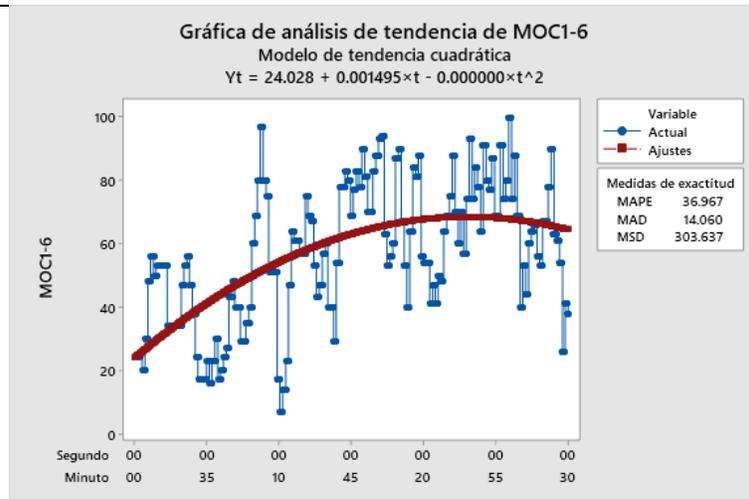
Medidas de exactitud

MAPE 36.967

MAD 14.060

MSD 303.637

Puntuación TIV-MET: 3.43



Prueba MOC1-7

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 40.196 + 0.000731 \times t - 0.000000 \times t^2$$

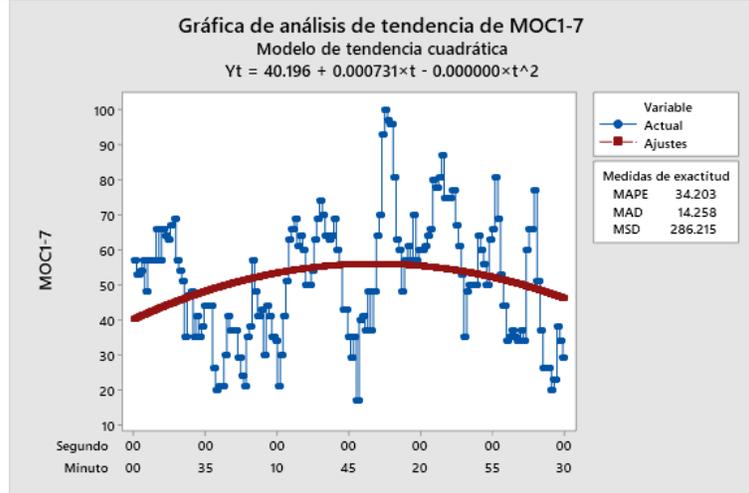
Medidas de exactitud

MAPE 34.203

MAD 14.258

MSD 286.215

Puntuación TIV-MET: 5.06



Prueba MOC1-8

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 48.400 - 0.000205 \times t + 0.000000 \times t^2$$

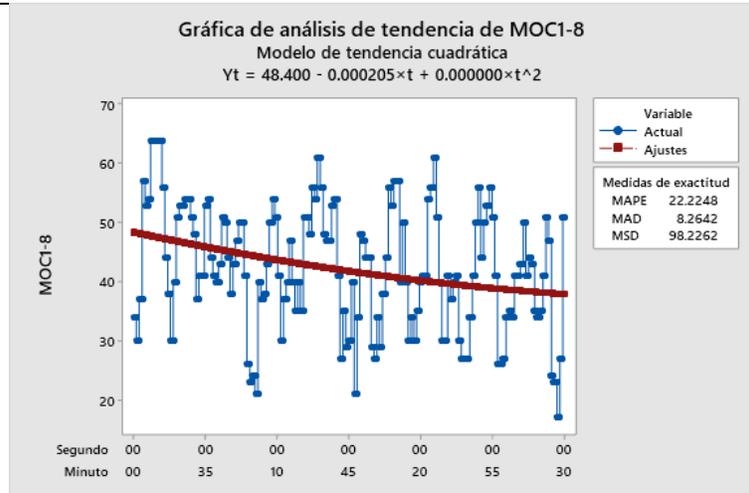
Medidas de exactitud

MAPE 22.2248

MAD 8.2642

MSD 98.2262

Puntuación TIV-MET: 4.04



Prueba MOC2 -1

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 67.339 + 0.000805x_t - 0.000000x_t^2$$

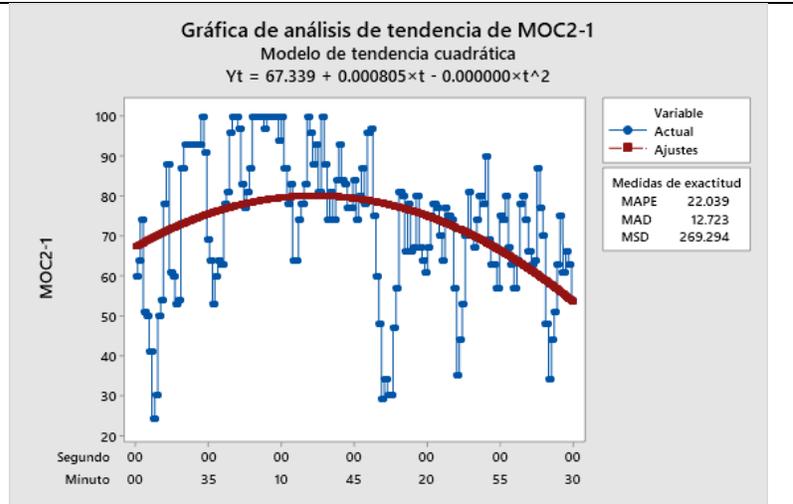
Medidas de exactitud

MAPE 22.039

MAD 12.723

MSD 269.294

Puntuación TIV-MET: 3.36



Prueba MOC2 -2

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 45.040 + 0.000898x_t - 0.000000x_t^2$$

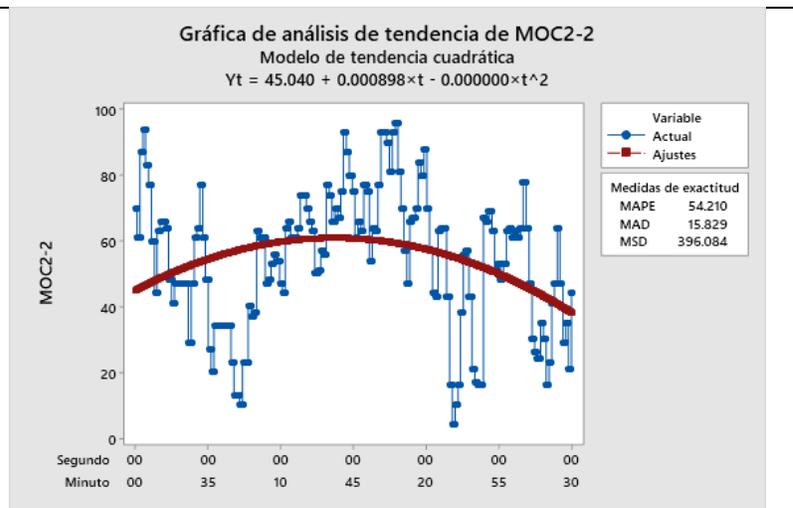
Medidas de exactitud

MAPE 54.210

MAD 15.829

MSD 396.084

Puntuación TIV-MET: 3.25



Prueba MOC2 -3

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 38.571 + 0.000518x_t - 0.000000x_t^2$$

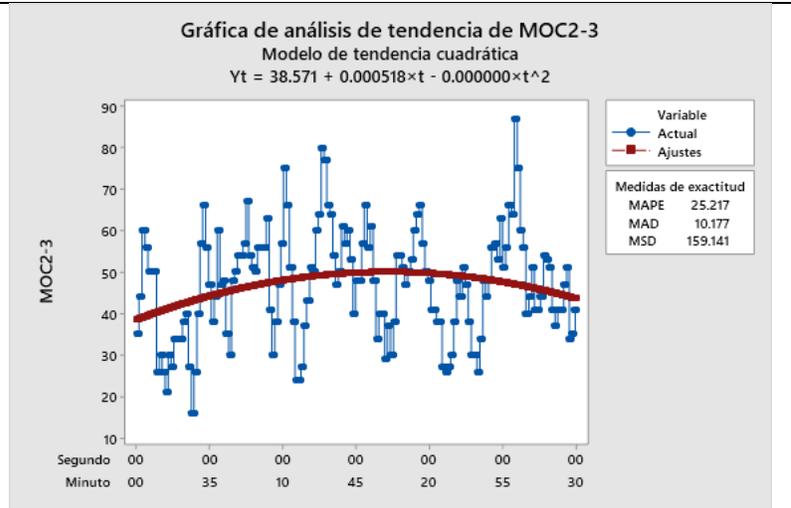
Medidas de exactitud

MAPE 25.217

MAD 10.177

MSD 159.141

Puntuación TIV-MET: 3.25



Prueba MOC2 -4

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 59.455 + 0.000720x_t - 0.000000x_t^2$$

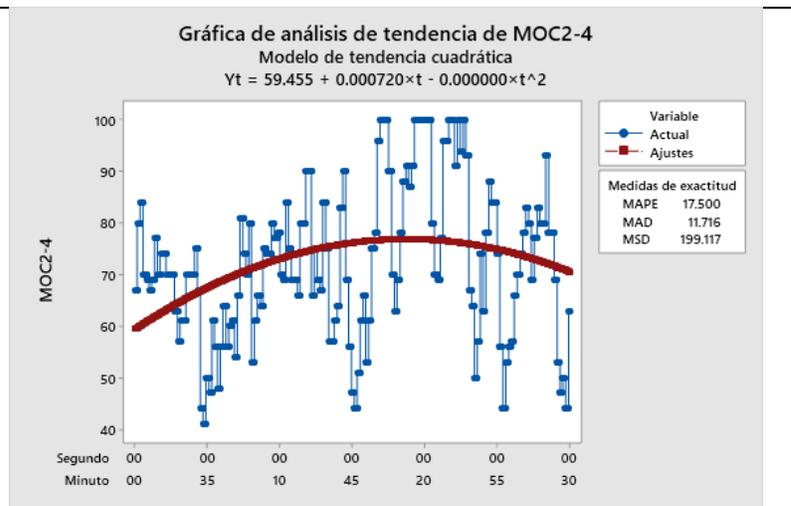
Medidas de exactitud

MAPE 17.500

MAD 11.716

MSD 199.117

Puntuación TIV-MET: 3.22



Prueba MOC2 -5

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 59.033 + 0.000135x_t - 0.000000x_t^2$$

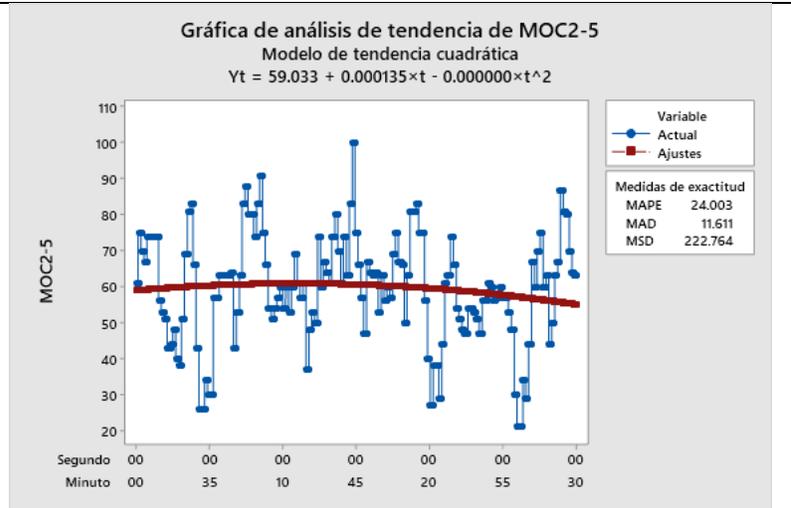
Medidas de exactitud

MAPE 24.003

MAD 11.611

MSD 222.764

Puntuación TIV-MET: 2.32



Prueba MOC2 -6

**Ecuación de tendencia
ajustada**

$$Y_t = 58.223 - 0.000721x_t + 0.000000x_t^2$$

Medidas de exactitud

MAPE 77.343

MAD 11.759

MSD 204.672

Puntuación TIV-MET: 3

