



REALIDAD VIRTUAL PARA EL TRATAMIENTO PERSONALIZADO Y BASADO EN DATOS DEL TRASTORNO POR CONSUMO DE OPIÁCEOS

Angie Natalia Barón Gómez

Estudiante del programa de Bioingeniería
Universidad Santiago de Cali



El conocimiento
es de todos

Minciencias



Enlazando el futuro de los jóvenes Vallecaucanos

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Grupo de investigación de Neuroingeniería
Purdue BioCom Laboratory
Tutoría a cargo del Dr. Matthew Peter Ward
Universidad de Purdue – Estados Unidos

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

Grupo de Investigación GIEIAM
Tutoría a cargo del Dr. Erick Javier Argüello Prada
Universidad de Santiago de Cali – Colombia

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación
Gobernación del Valle del Cauca
Instituto Financiero para el Desarrollo del Valle del Cauca INFIVALLE
Universidad Santiago de Cali

Pasantía Internacional “Nexo Global Valle del Cauca”
Santiago de Cali, Colombia
2021

COMITÉ EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI

Carlos Andrés Pérez Galindo
Rector
Claudia Liliana Zúñiga Cañón
Directora General de Investigaciones
Edward Javier Ordóñez
Editor

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Juan Diego Tovar Cardenas
librosusc@usc.edu.co



El conocimiento es de todos

Minciencias

REALIDAD VIRTUAL PARA EL TRATAMIENTO PERSONALIZADO Y BASADO EN DATOS DEL TRASTORNO POR CONSUMO DE OPIÁCEOS

Virtual Reality for the personalized, data-driven treatment of opioid use disorder

Angie Natalia Barón Gómez

Purdue University, Collage of Engineering, Biomedical Engineering

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Bioingeniería

 angie.baron00@usc.edu.co

Resumen. El trastorno por consumo de opiáceos afecta enormemente a la población mundial. En este caso, se enfocó en Estados Unidos, donde se busca minimizar el impacto negativo de esta sustancia y así reducir las muertes. Por ello, con la ayuda del casco de realidad virtual marca VARJO XR-3, la inteligencia artificial y los sensores como el pletismógrafo, conductividad cutánea, entre otros; se pretende crear un tratamiento personalizado donde las personas experimenten sensaciones muy cercanas a las reales, además de cuantificar y clasificar los desencadenantes de este problema y así contribuir a su mejora. Se apoyará en sensores de alta calidad para monitorear los signos vitales y ver los cambios en las señales para futuros trabajos. El objetivo de este proyecto de investigación, es desarrollar una plataforma de interfaz cerebro-ordenador basada en la realidad virtual (VR-BCI) para facilitar enfoques de tratamiento más eficaces y basados en datos para la ansiedad y, eventualmente, para los trastornos por consumo de sustancias (SUD) como el trastorno por consumo de opiáceos (OUD). Se espera que el entorno inmersivo se incorpore adecuadamente al tratamiento del trastorno por consumo de opiáceos y pueda utilizarse para el desarrollo de proyectos que aborden el creciente consumo de opiáceos.

Palabras claves: Realidad Virtual, Sensores, Opioides, Ansiedad, Seguimiento Ocular, Inmersivo.

Abstract. Opioid use disorder greatly affects the world's population. In this case, it focused on the United States, where it seeks to minimize the negative impact of this substance and thus reduce deaths. Therefore, with the help of the virtual reality helmet brand VARJO XR-3, artificial intelligence and sensors such as plethysmograph, skin conductivity, among others; it is intended to create a personalized treatment where people experience sensations very close to the real ones, in addition to quantify and classify the triggers of this problem and thus contribute to its improvement. It will rely on high quality sensors to monitor vital signs and see the changes in the signals for future work. The goal of this project is to develop a virtual reality-based brain-computer interface (VR-BCI) platform to facilitate more effective, data-driven treatment approaches for anxiety and eventually substance use disorders (SUD) such as opioid use disorder (OUD). It is expected that the immersive environment will be well incorporated into the treatment of opioid use disorder and can be used for the development of projects that address the increasing use of opioids.

Key words: Virtual reality, Sensors, Opioids, Anxiety, Eye-Tracking, Immersive.

INTRODUCCIÓN

Los opioides son sustancias utilizadas para aliviar el dolor, puede ser natural, sintética o semisintética, este componente interactúa con el cerebro produciendo efectos analgésicos. Un ejemplo en su

uso farmacológico es la morfina, pero a causa de su fácil producción y sus costos se ha incrementado el uso ilícito, como la metanfetamina. La Organización Mundial de la Salud refiere que a nivel global alrededor de 62 millones de personas usan opioides en el 2019.

El uso crónico de opiáceos causa malestar o deterioro clínicamente significativo. Más de 16 millones de personas en todo el mundo sufren trastornos por consumo de opiáceos, incluidos más de 2,1 millones en Estados Unidos (Chang HY, Kharrazi H, et al., 2018). Los desórdenes mentales son un serio desafío tanto para los proveedores de atención sanitaria como para la población en general. La Organización Mundial de la Salud predice que en 2030 los trastornos mentales serán la principal causa de impacto de enfermedades en todo el mundo. La mayoría de los estudios han demostrado que el uso de la realidad virtual para mejorar el tratamiento de la ansiedad o la depresión en diversas situaciones ha sido un éxito, y lo han sugerido como herramienta para su uso en un contexto clínico (Rowland, D. P., et al., 2021). La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que los trastornos de ansiedad son extremadamente tratables, pero sólo el 36,9% de quienes los padecen reciben tratamiento. Por ello, este tipo de investigaciones son importantes para mejorar la calidad de vida de las personas y así favorecer espacios estudiantiles, laborales o sociales.

El seguimiento ocular consiste en detectar dónde se enfoca el ojo del sujeto cuando mira a un determinado lugar, proporcionando así datos como el tiempo que se observa un punto fijo o a qué parte de la escena se presta más atención. Por otro lado, el diámetro de la pupila cambia de tamaño involuntariamente en respuesta a determinados estímulos (Mathôt S., 2018), por ejemplo, la intensidad de luz; por este motivo, se utiliza para evaluar conductas, en este caso, la ansiedad.

Según el fabricante VARJO XR-3 es un auricular de realidad virtual de alta resolución por ojo que incluye tecnología de seguimiento ocular para diversas aplicaciones, desde videojuegos hasta aplicaciones clínicas, como es el caso de este proyecto, que explora si existe una excitación autonómica atípica en respuesta a un entorno inmersivo controlado de realidad virtual y aumentada para el tratamiento del trastorno por consumo de opiáceos. La eficacia de la realidad virtual (RV) en las terapias psiquiátricas se ha demostrado en investigaciones anteriores como por ejemplo la terapia cognitiva- conductual que por medio de la exposición a escenarios desencadenan emociones en los sujetos de prueba (Botella, C., Fernández-Álvarez, J., Guillén, V. et al., 2017), y se espera su futuro crecimiento.

Desarrollo de la pasantía de investigación

El proyecto consiste en diseñar y crear entornos virtuales con el objetivo de incorporar estímulos auditivos y visuales que han demostrado inducir el deseo al consumo de opiáceos. El ambiente

es controlado y se apoya de los signos vitales para salvaguardar el bienestar del paciente. La investigación se centra en el uso de la realidad virtual para la terapia individualizada de personas que padecen un trastorno por consumo de opiáceos; el proyecto aún está en sus primeras fases, por ello, durante la estancia se trabajó en la calibración de las gafas de realidad virtual y de los sensores; la idea es que con la ayuda de ellos, se pueda tener un control de la salud del paciente y, además de eso, identificar las variaciones de las señales fisiológicas frente a diferentes eventos; se tienen un buen número de canales para poder observar varias señales al mismo tiempo, como el pulso, la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardíaca, la respuesta galvánica de la piel, y otros, que se reflejan en tiempo real en un software llamado LabChart, donde se puede filtrar, segmentar, aplicar cálculos avanzados, entre otras características útiles.

El monitoreo de los signos vitales es muy importante en este proyecto, debido a que se debe velar por la seguridad del sujeto a prueba, por lo tanto, gracias a ADInstruments, una compañía especializada en dispositivos biomédicos, se utilizó el Powerlab, un dispositivo de adquisición de datos de alta calidad diseñado para registrar datos precisos, fiables y consistentes para la investigación y la educación; un transductor de pulso el cual utiliza un elemento piezoeléctrico para convertir la fuerza aplicada a la superficie activa del transductor en una señal analógica eléctrica; es ideal para estudiar la frecuencia cardíaca. El amplificador de respuesta galvánica de la piel (GSR) es para medir la actividad electrodérmica. El bioamplificador octal optimiza la medición de señales biológicas minimizando el ruido. Los sensores de biopotencial son amplificadores optimizados para medir una amplia variedad de señales biológicas, por ejemplo, electrocardiograma (ECG), electromiografía (EMG), electroencefalograma (EEG) y electro-oculografía (EOG). El equipo equívital contiene los electrodos de ECG y transductor de cinturón respiratorio basado en la expansión, principalmente para la medición de la frecuencia respiratoria y por último el pletismógrafo, este sensor fotoeléctrico infrarrojo se utiliza para registrar los cambios en el flujo sanguíneo pulsátil del dedo, el dedo del pie o la frente (ADInstruments, s.f.).

Además, se ejecutaron una serie de experimentos que se describirán a continuación:

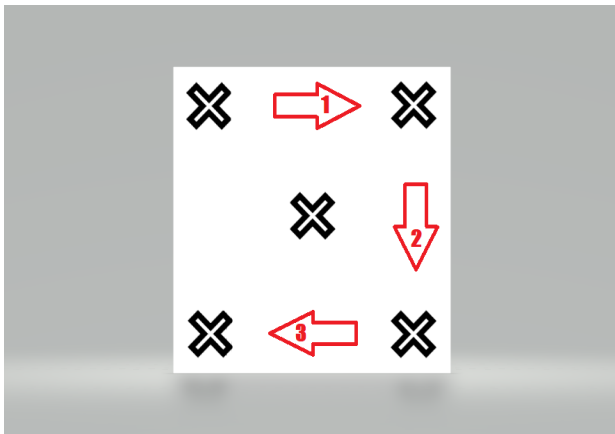
I. EXPERIMENTO 1

El propósito del experimento fue utilizar lugares estratégicos para examinar el seguimiento de los ojos y el tamaño de las pupilas. Se observó durante determinados periodos de tiempo, un



lugar específico para establecer dónde se fija la mirada (Figura 1). Para la recogida de datos se utiliza el casco de realidad virtual VARJO XR-3, los resultados se aproximaron a dónde miraba el sujeto, con un margen de error en la posición del ojo en el sistema de coordenadas cartesianas estándar de 0,00064 para el eje X y 0,00052 para el eje Y, estos datos nos sirven como una estadística para medir que tanta imprecisión tienen las variables. Las mediciones se realizaron desde una distancia de 8 metros de la pared. El seguimiento ocular y el diámetro pupilar son dos métricas que pueden utilizarse para seguir la mirada del sujeto en este escenario.

Figura 1. Descripción de los puntos utilizados para el experimento.



El objetivo principal fue considerar un experimento el cual arroje de manera cuantitativa los movimientos oculares, en términos de las coordenadas de la posición del ojo (x, y, z); los datos son registrados para el ojo izquierdo, el ojo derecho y el valor combinado de ambos. Cabe destacar que se presenta en el sistema de coordenadas cartesianas con la regla de la mano izquierda y los datos son relativos a la posición de la cabeza. En cuanto al diámetro de la pupila, el casco VARJO trabaja con un rango de 0 a 1, el cual es calculado propiamente por el dispositivo dependiendo el tamaño de pupila detectado.

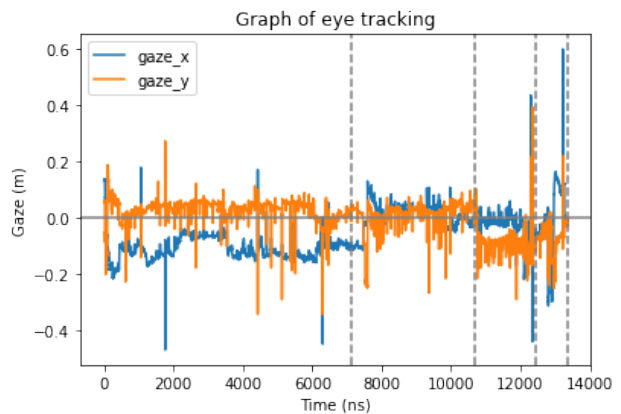
El diámetro de la pupila se obtuvo gracias a la tecnología del casco, el cual arroja datos para pupila derecha y para la izquierda por separado, la medición es en píxeles, en este caso la cámara integrada del casco con la que se hizo la toma de los datos es de 12 megapíxeles; los datos se normalizaron en un rango de 0 a 1, la siguiente fórmula expresa como se trataron los datos para transformarlos a milímetros (a), medida comúnmente usada para medir el tamaño de la pupila.

$$Pupil\ size\ (mm) = ((x * 15.11px) - ((x * 11.33px) - 11.33px) * 0.264mm) \quad (a)$$

Donde x es el dato tomado por el casco de VR y 0.264mm es equivalente a 1 pixel según el Sistema Internacional de Unidades de Medida (S.I.).

Se obtuvo un archivo de valores separados por coma (CSV), donde al graficar los datos de la mirada en el eje X y Y, en la figura 2. se evidencian los cambios en los periodos de tiempo, donde la línea azul que representa el movimiento horizontal del ojo, es decir, derecha e izquierda; mientras que la línea naranja refleja el movimiento vertical del ojo, hacia arriba o abajo. En la primera sección la mirada en x es negativa y en y es positiva, dando a entender que el sujeto a prueba está observando hacia arriba a la izquierda, luego en la siguiente sección hace la variación donde los datos en X y Y son positivos, lo que quiere decir que su mirada continua arriba pero con un desplazamiento hacia la derecha, cuando se analiza la tercera sección la línea naranja baja, representando que la mirada del sujeto se mantiene en la derecha pero en el punto directamente de abajo, en la última sección ambas líneas bajan, indicando que el ojo aún se fija en los puntos inferiores pero tuvo un desplazamiento hacia la izquierda.

Figura 2. Gráfica del seguimiento ocular del experimento.



Adicionalmente, se debe tener claro que el diámetro de la pupila normal oscila entre 3mm a 4mm, en este sentido, utilizando la fórmula (a) se encontró que en este experimento el tamaño de la pupila promedio fue de 3.072mm, mientras que el valor máximo fue de 3.094mm, vale decir que la pupila no se dilató debido al ambiente controlado. Cuando los datos se acercan a cero se plantea inicialmente que sucede a él parpadeo o la posible no detección de la pupila debido a la estabilidad.

Con este experimento se demostró que efectivamente si existe cambios en los datos, los cuales reflejan información que será de utilidad en el estudio, como la dilatación pupilar, que expone cambios involuntarios generados por el consumo de opiáceos.

La finalidad consistía en analizar a grandes rasgos los datos, empezando de algo más general para ir profundizando en la información que estos pueden ofrecer, por ejemplo, identificar el movimiento del ojo cuantitativamente, que tipo de medida usa el caso VARJO XR-3 y como se puede complementar el seguimiento ocular con el diámetro de la pupila.

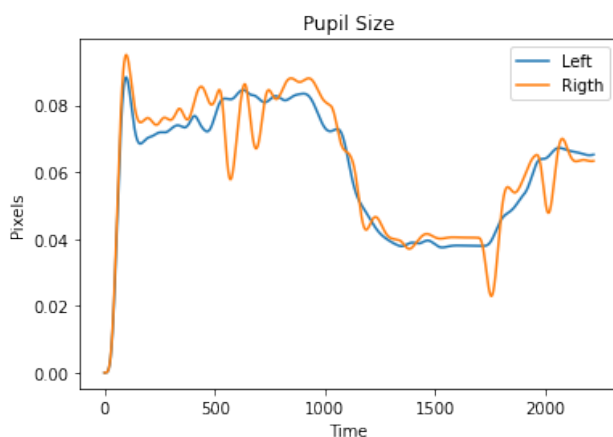
II. EXPERIMENTO 2

En este experimento se evaluó el cambio en el tamaño de la pupila ante un estímulo luminoso, los datos fueron obtenidos gracias a las gafas VARJO XR-3 de realidad virtual. El espacio de trabajo es un lugar sin ninguna entrada de luz natural, debido a que no cuenta con ventanas; por este motivo se planteó allí, dado que se considera un lugar apropiado.

Para el tratamiento de los datos se les aplicó la fórmula (a); los datos arrojaron cambios entre la luz encendida y la luz apagada, lo que era esperado en vista de diversos estudios han comprobado que la pupila se contrae con la iluminación y se dilata en la oscuridad (Eberhardt, L. V., Strauch, C., Hartmann, T. S. Huckauf, A., 2022).

En este estudio se pretendía verificar la funcionalidad del casco y empezar a trabajar con la manipulación de los datos, se preguntaba acerca de cómo se ven reflejada la información, la toma de datos fue realizada en una persona durante aproximadamente dos minutos, cabe destacar que el sujeto de prueba en su día a día usa lentes de contacto medicados de color transparente, es decir, que durante el experimento contaba con ellos, se desconoce si influye directa o indirectamente; con base a la evidencia, se realizó el respectivo análisis que es más comprensible por medio de una gráfica (Figura 3).

Figura 3. Gráfica del cambio en el diámetro pupilar del experimento.



Para este experimento se hizo una serie de preguntas al participante, con el fin de evitar sesgos en los datos, dado a alguna medicación, cirugía o lesión ocular, enfermedades o trastorno neurológico que intervenga en la dilatación o constricción pupilar y/o consumo de sustancias psicoactivas.

La metodología que se utilizó fue empezar con la luz apagada para restringir la distracción con algún elemento externo, el tiempo del experimento se dividió en 1 minuto en oscuridad y 1 minuto con la luz encendida. Se realizó en solo una ocasión para evitar la fatiga ocular.

Es útil mencionar que la señal del diámetro de la pupila se le aplicó un filtro pasa baja, el cual se utiliza para seleccionar un rango específico de datos, específicamente los datos menores al requerido; esto debido a que presentaba mucho ruido por los movimientos sacádicos del ojo, la elección del filtro se hizo teniendo en cuenta que las pupilas se dilatan y contraen a bajas frecuencias.

III. EXPERIMENTO 3

Unity es una plataforma que permite a los desarrolladores crear juegos/contenidos de realidad virtual que luego pueden ser lanzados en varios dispositivos de realidad virtual. La idea es diseñar un entorno de realidad virtual altamente realista para el proyecto.

La finalidad de este experimento consistía en usar las gafas VARJO XR-3 en un espacio inmersivo, se empezó con los demos que ofrece la marca, y luego se procedió a diseñar ambientes 360° desde cero, para entender el proceso que hay de fondo y replicarlo para el proyecto final. También se buscó integrar los datos arrojados por las gafas de realidad virtual con los datos de los sensores no invasivos.

El reconocimiento de las emociones se puede hacer por medio de los datos del diámetro de la pupila, quienes sirven para clasificar las emociones, un modelo usado para ello es el Modelo Circumplejo de las Emociones de Russell, el cual las divide en cuatro clases distintas empleando estímulos emocionales presentados en un entorno de realidad virtual (Zheng, L. J., Mountstephens, J.; Teo, J., 2020).

Con Unity, se esperaba mostrar un video inmersivo de tal manera que cuando la persona se moviera, el video continuara allí, pero se encontró una limitación, el ambiente solo funcionaba como si se estuviera viendo el video en una pantalla ubicada en frente del usuario. En consecuencia, se tuvieron algunos retrasos en el desarrollo de las actividades; por ende, se entiende que se necesitan conocimientos más avanzados de Unity, para así desarrollar un



código que dé solución a la dificultad que se presentó o a modo de alternativa diseñar un escenario en Unity desde cero.

IV. EXPERIMENTO 4

La pupilometría es un mecanismo no invasivo, objetivo y cuantificable que contribuye a diversas áreas como oftalmología, farmacología, psicología, neurología, entre otras, debido a que ofrece información acerca del sistema nervioso, estado psicológico o la función en si del ojo (Wang, B., et. al., 2015).

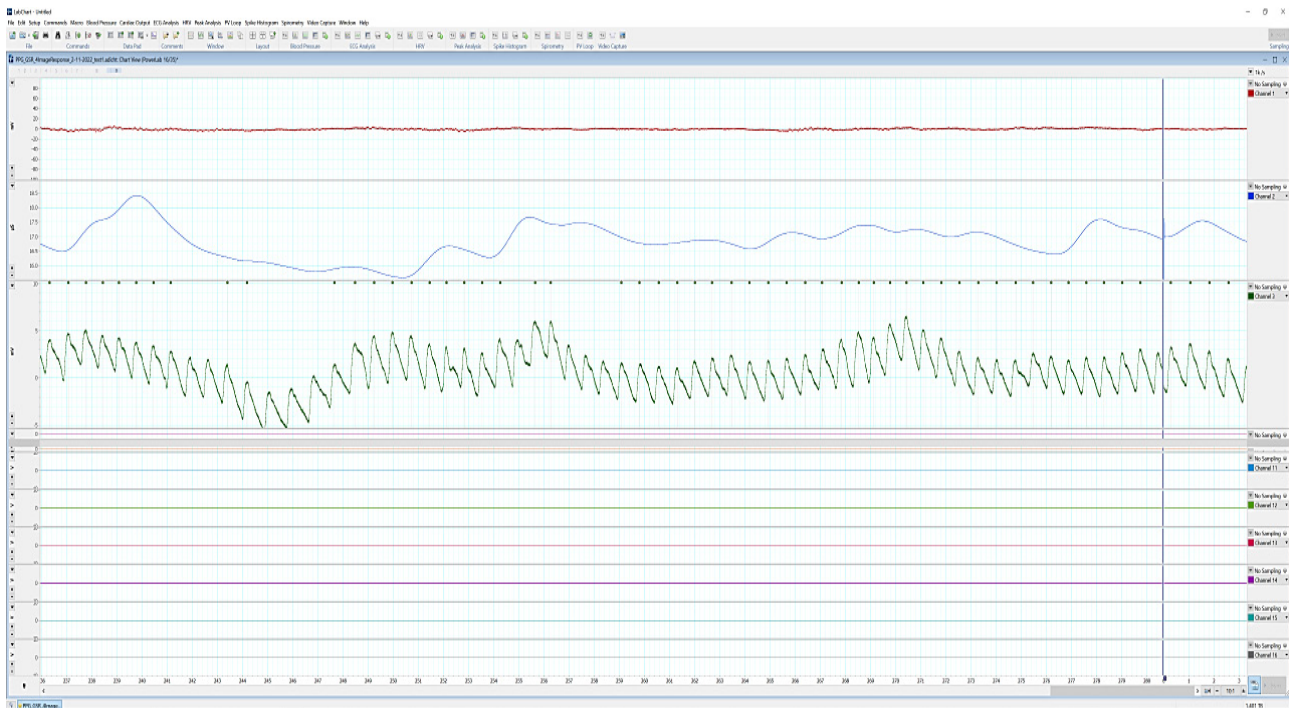
El experimento 4. fue llamado como experimento de estrés ya que investigaba la relación entre el diámetro de la pupila, la con-

ductividad cutánea y las mediciones del pletismógrafo cuando se observan imágenes estresantes y no estresantes.

En la figura 4. la señal de conductancia cutánea y la señal del pletismógrafo está en LabChart un software de análisis de datos fisiológicos.

El motivo por el que se utilizó el sensor PPG es porque se puede obtener la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), la cual se conoce como un indicador de estrés psicológico. Los sensores de conductividad cutánea son ideales para estudiar las respuestas de estrés en las personas en este tipo de actividades.

Figura 4. Gráfica de las señales fisiológicas (GSR y PPG).



Se espera seguir trabajando en este experimento con más sujetos de prueba, replicando proyectos pasados que se asemejan, para comprender mejor los resultados que se obtengan y clasificarlos en este caso según los cinco niveles de estrés: línea de base, estrés leve, estrés moderado, estrés grave y recuperación (Cho, D., et. al., 2017) quienes se pueden relacionar con una serie de preguntas y depende de que síntomas se estén presentando como, por ejemplo, dolor de cabeza, fatiga, ansiedad, dificultad para dormir, irritabilidad, entre otras y así continuar no solo con el estrés sino experimentar con las demás emociones como la ansiedad, ya que es el enfoque del proyecto.

CONTEXTO NACIONAL

En Colombia, existe un crecimiento significativo en el uso de los opioides en la última década, que se ha convertido en un problema serio en la salud pública. El Observatorio de Drogas de Colombia afirma que la demanda para el tratamiento por consumo de opiáceos ha aumentado en el país por más de 240%.

Otra razón por la que este proyecto es importante, es que este tipo de tecnología es nueva como tratamiento de los trastornos mentales, los investigadores pueden usar Realidad Virtual para crear escenarios que evalúen en tiempo real las respuestas so-

ciales, emocionales, cognitivas y fisiológicas antes un ambiente inmersivo de RV.

REFLEXIÓN

Las experiencias brindadas por las pasantías internacionales de investigación han sido muy gratificantes y significativas desde muchos puntos de vista, empezando por el hecho de que son una gran oportunidad de aprendizaje y crecimiento personal.

La investigación puede ser complicada al principio, debido a que para investigar o al momento de iniciar un proyecto, se tiene que involucrar con el tema y conocer un buen porcentaje del mismo, tener claro cada paso que se da y aprender cada detalle sobre la temática.

Aplicar lo que se aprende en los cursos extracurriculares o en la universidad es más difícil de lo que parece, porque un problema real requiere una solución real, los datos deben ser lo más precisos posible, no se pueden hacer suposiciones y todo debe ser transparente; la planificación del tiempo también se convierte en un factor importante, haciendo horarios que se cumplan a cabalidad y limitando los retrasos en las tareas. El asesor, con su acompañamiento, es una guía de cómo dar los primeros pasos hacia el camino de la investigación, mientras que los compañeros ayudan a comprender de diferentes maneras, la información que aún es difícil de asimilar. Con la retroalimentación de por medio, todo el aprendizaje se refuerza.

La curiosidad siempre formará parte del investigador; esto permite que los diferentes proyectos de investigación fluyan sin problemas y se despejen todas las dudas. Las habilidades de investigación juegan un papel muy importante ya que favorecen las experiencias futuras, lo cual, permite seguir desarrollando pensamientos e ideas críticas con respecto a un tema. Las decisiones que se tomen con respecto a las próximas investigaciones o proyectos estarán influenciadas por todos los conocimientos y experiencias anteriores.

En los proyectos de investigación se debe aprovechar cada avance, cada objetivo cumplido, ya que permitirán desempeñar un papel importante a futuro y asumir más responsabilidades, subiendo de nivel paso a paso. La reflexión dentro de un proyecto convence a los investigadores del trabajo realizado, verán los planes realizados al principio de la investigación y empezarán a ver fácilmente los pequeños contratiempos que surgen en el camino.

La mayoría de los experimentos realizados sólo se registrarán en papel, y sus explicaciones serán escritas. Se hará evidente el

valor de cada detalle y la preparación que requirieron todos los procesos hasta el más mínimo detalle, por lo tanto, es importante destacar el desarrollo académico en un proyecto de investigación, a pesar de las implicaciones que puede traer, como el tiempo y la dedicación, dando frutos después de largas jornadas de múltiples clases y horas dentro de un laboratorio manejando las emociones de una manera que no afectará la salud, sino que se disfrutará cada día sin importar la carga académica.

Es increíble pensar en todas las posibilidades que surgen a raíz de estas experiencias. Ya que es más fácil unirse a un grupo de investigación, comprender temas más complejos, establecer redes con personas influyentes en el campo que estudias, interactuar con otros proyectos de investigación y participar activamente en eventos de investigación. El vocabulario y las nuevas palabras que se aprenden ayudarán a tener un debate más profesional sobre a donde se quiere llegar y cómo hacerlo.

Reflexionar sobre la experiencia de investigación es una oportunidad para hacer observaciones no sólo académicas sino personales, para pensar qué cosas buenas y qué cosas negativas salieron de ella, qué se puede mejorar y qué se debe cambiar.

Analizar cuánto ha cambiado la forma de pensar y los conocimientos desde que empezó hasta el punto donde se encuentra, y, sobre todo, aceptar todo lo positivo que trajo esta pasantía.

Nexo Global es una convocatoria que beneficia a los estudiantes universitarios del Valle del Cauca proporcionándoles una pasantía de investigación internacional en la Universidad de Purdue en West Lafayette, Indiana, en los Estados Unidos. Este país es conocido por ser uno de los más influyentes en el campo de la investigación, particularmente en el campo de la bioingeniería. Este programa es fundamental porque mejora nuestra comprensión de las áreas de interés específicas de nuestro país; donde se desarrollan más habilidades académicas, sociales y lingüísticas, lo que mejora las capacidades a la hora de enfrentar un desafío.

El equipamiento de los laboratorios, permite desarrollar conocimientos e inspira a seguir investigando en el campo de la realidad virtual. Durante una estancia de investigación se puede participar y conocer a ponentes de renombre en las distintas áreas de estudio, establecer vínculos con otras personas, desde expertos hasta estudiantes de primer año, es bastante interesante, ya que cada uno puede compartir contigo sus experiencias y aspiraciones futuras.

En el mercado laboral, se puede continuar buscando mecanismos para el tratamiento de patologías con ayuda de la realidad vir-



tual, haciendo parte del desarrollo de nuevas tecnologías; Colombia está en el momento indicado para explorar la bioingeniería, extender redes para lograr convenios de grandes industrias de biomédica, plantear investigaciones futuras en la región, liderar propuestas de investigación y continuar con la difusión de conocimiento, para que más personas alrededor del mundo conozcan el talento colombiano.

El objetivo es que más jóvenes se preparen y logren una oportunidad así, bioingeniería es una carrera que va creciendo en la región, que cuenta con rigor académico, gracias a las áreas de conocimiento como son la medicina, ingeniería y biología, por este motivo permite adquirir habilidades en diversos campos; considerando todas las líneas de investigación posibles, es fundamental que el país mantenga su compromiso con la ciencia, que la preparación profesional sea más allá de las aulas y que se le de suma importancia a la investigación.

Se espera que, en las universidades a futuro, se implemente el uso de la realidad virtual para entornos educativos o clínicos. En cuanto a los entornos educativos, lo ideal es que los estudiantes tengan la oportunidad de aprender a través de ambiente inmersivos, desarrollar habilidades en un entorno virtual y luego aplicar esas habilidades a un entorno real. En cambio, en el ámbito clínico se espera poder apoyar al personal de la salud en sus diferentes actividades, proporcionar soluciones a problemas reales y colocar en práctica la teoría.

CONCLUSIONES

Como trabajo futuro a corto plazo se pretende seguir trabajando en el entorno de realidad virtual en el que se refleja el mapa de calor, así como que los sensores se sincronicen automáticamente con el eye-tracking, permitiendo continuar con la recolección y análisis de datos.

La investigación es útil de muchas maneras, no sólo a nivel de pregrado. Por ejemplo, un proyecto pequeño requiere que se piense en cómo resolver un problema, lo que aumenta la imaginación y motiva a pensar en una variedad de temas, permitiendo fortalecer las habilidades de investigación. Se debe prestar mucha atención y reflexionar sobre el proceso de investigación, el aprendizaje y todos los demás factores que contribuyen a las grandes experiencias de investigación. Es relevante la reflexión, porque se entiende mejor el tema una metodología es el uso de preguntas al principio y al final de una investigación define lo que se espera de los resultados.

Por otra parte, los proyectos demuestran una serie de habilidades, como el trabajo en grupo, la independencia, la disciplina y la responsabilidad, entre otras. Las oportunidades de aprendizaje en la investigación de pregrado son muchas, hay muchos motivos para continuar aportando, no solo al estudiante sino también a los que lo rodean, por la difusión de la información, aunque todo requiere de un proceso, las pequeñas experiencias hacen profesionales íntegros que en el futuro pueden guiar a los estudiantes que recién ingresan a este maravilloso mundo de la investigación, donde todo comienza con una reflexión sobre un tema, donde se descubren cosas que deben ser mejoradas y surgen ideas sobre cómo aportar en este ámbito.

Comprometerse con algo que apasionante abre puertas, cambia la perspectiva del mundo y permite ver todo el potencial, y analizar la competencia que existe. Las pasantías permiten explorar nuevos caminos, ayudan a involucrarse en la carrera, exponen nuevas culturas y sirven de motivación para seguir investigando y amar lo que haces.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a todos los profesores, en especial a mi tutor internacional de la Universidad de Purdue Matthew Peter Ward, PhD y a mi tutor de la Universidad Santiago de Cali Erick Javier Argüello Prada, PhD. También, a mis familiares, amigos y compañeros de laboratorio, que han contribuido a la realización del proyecto, asimismo han sido de apoyo a la hora de mejorar con críticas constructivas, que aportaron a mi crecimiento personal y profesional. De igual manera, agradezco a todas las personas que conocí en Estados Unidos porque hicieron esta experiencia inolvidable. A la Gobernación del Valle, al Sistema de Regalías, Infinalle, la Universidad Santiago de Cali, la Universidad de Purdue y el Ministerio de Ciencia por hacer esto posible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Botella, C., Fernández-Álvarez, J., Guillén, V. et al. (2017). Recent Progress in Virtual Reality Exposure Therapy for Phobias: A Systematic Review. *Curr Psychiatry Rep* 19, 42. <https://doi.org/10.1007/s11920-017-0788-4>
- Chang HY, Kharrazi H, Bodycombe D, Weiner JP, Alexander GC. (2018). Healthcare costs and utilization associated with high-risk prescription opioid use: a retrospective cohort study. *BMC Med.* May 16;16(1):69

- Cho, D., Ham, J., Oh, J., Park, J., Kim, S., Lee, N. K.; Lee, B. (2017). Detection of Stress Levels from Biosignals Measured in Virtual Reality Environments Using a Kernel-Based Extreme Learning Machine. *Sensors* (Basel, Switzerland, 17(10). <https://doi.org/10.3390/S17102435>
- DAQ Software | Data Acquisition Software; Systems | ADInstruments (n.d.). Retrieved March 14, 2022, from <https://www.adinstruments.com>
- Eberhardt, L. V., Strauch, C., Hartmann, T. S. Huckauf, A. (2022). Increasing pupil size is associated with improved detection performance in the periphery. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 84(1), 138-149. <https://doi.org/10.3758/S13414-021-02388-W/FIGURES/4>
- Mathôt S. (2018). Pupillometry: Psychology, Physiology, and Function. *Journal of cognition*, 1(1), 16. <https://doi.org/10.5334/joc.18>
- Observatorio de Drogas de Colombia. (n.d.). Observatorio de Drogas de Colombia | Centro de Conocimiento. Retrieved March 14, 2022, from <http://www.odc.gov.co/>
- Organización Mundial de la Salud. (n.d.). Invertir en Salud Mental. Retrieved March 14, 2022, from http://www.who.int/mental_health
- Organización Mundial de la Salud (n.d.). *Opioid overdose*. Retrieved March 14, 2022, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/opioid-overdose>
- Rowland, D. P., Casey, L. M., Ganapathy, A., Cassimatis, M., & Clough, B. A. (2021). A Decade in Review: A Systematic Review of Virtual Reality Interventions for Emotional Disorders. *Psychosocial Intervention*, 31(1), 1-20. <https://doi.org/10.5093/PI2021A8>
- Varjo XR-3 - The industry's highest resolution XR headset | Varjo. (n.d.). Retrieved March 14, 2022, from <https://varjo.com/products/xr-3/>
- Wang, B., Shen, C., Zhang, L., Qi, L., Yao, L., Chen, J., Yang, G., Chen, T.; Zhang, Z. (2015). Dark adaptation-induced changes in rod, cone and intrinsically photosensitive retinal ganglion cell (ipRGC) sensitivity differentially affect the pupil light response (PLR). *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 253(11), 1997-2005. <https://doi.org/10.1007/S00417-015-3137-5/FIGURES/7>
- Zheng, L. J., Mountstephens, J.; Teo, J. (2020). Four-class emotion classification in virtual reality using pupillometry. *Journal of Big Data*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/S40537-020-00322-9/TABLES/3>

Cita recomendada

Barón Gómez, A. N. (2022). Realidad Virtual para el tratamiento personalizado y basado en datos del trastorno por consumo de opiáceos. *Nexo Global. Artículos de reflexión*, pp. 1-10.