



ICAT
Instituto de Ciencias
Aplicadas y Tecnología

MODELO DE SIMULACIÓN DE RESECCIÓN DE TUMORES CEREBRALES CON RETROALIMENTACIÓN HÁPTICA Y REALIDAD VIRTUAL PARA ENTRENAMIENTO MÉDICO

Daniel Vargas Castro, Miguel Ángel Padilla Castañeda, Juan Salvador Pérez Lomelí

Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM
danielvc@comunidad.unam.mx, miguel.padilla@icat.unam.mx



Se agradece a los proyectos SECTEI 219/2019 y DGAPA PAPIIT T100920, quienes ofrecieron apoyos económicos que permitieron la realización de este proyecto.



Resumen. El paradigma actual de aprendizaje de cirugías es mediante residencias. Una alternativa es el uso de simuladores como los computarizados, que han ganado popularidad por su alta fidelidad visual y táctil. Otro ejemplo son los simuladores híbridos, donde se agregan elementos físicos a un simulador computarizado, manteniendo todas sus ventajas y permitiendo crear un ambiente clínico más realista.

A continuación, se presenta el desarrollo de un simulador híbrido que recrea el proceso de resección de un tumor cerebral utilizando un aspirador ultrasónico y una pinza bipolar como herramientas quirúrgicas. El simulador consiste en una estación de trabajo móvil con elementos físicos y un escenario de resección computarizado, donde el comportamiento mecánico de los tejidos blandos se basa en parámetros físicos reales. Los usuarios pueden interactuar con esta escena en tiempo real por medio de dispositivos de realidad virtual y de retroalimentación háptica.

Con base en métricas de rendimiento del simulador y la opinión de un neurocirujano experto, se concluye que el simulador está listo para ser utilizado y sirve como base para hacer otros simuladores de operaciones similares. Sin embargo, aún es necesario que este simulador pase por un proceso de validación riguroso para probar que su uso mejora las habilidades de los usuarios en el quirófano.

INTRODUCCIÓN

El meningioma es el tipo más común de tumor cerebral [1]. Generalmente, estos tumores se tratan por medio de una neurocirugía donde se extraen a través de una craneotomía.

Actualmente, los neurocirujanos aprenden a realizar esta cirugía mediante residencias, que consisten en mentorías y prácticas en escenarios reales [2]. Sin embargo, hay una preocupación cada vez mayor por la seguridad de los pacientes y los costos de enseñar en un ambiente clínico real, por lo que se han empezado a utilizar simuladores como alternativa, pues permiten a los estudiantes de medicina adquirir las habilidades técnicas y motrices que necesitan sin poner en riesgo la salud de los pacientes.

En las últimas décadas, los simuladores computarizados han ganado popularidad sobre otros tipos por su alta fidelidad visual y táctil [3]. Estos suelen incorporar dispositivos hápticos y de realidad virtual, permitiendo a los usuarios "ver" y "sentir" una escena virtual, como si realmente estuvieran en ella. También existen los simuladores híbridos, donde se agregan elementos físicos a un simulador computarizado, manteniendo todas sus ventajas y permitiendo crear un ambiente clínico más realista.

De acuerdo con [4] un simulador debe: ser descrito y probado por médicos activos en el área, ser biomecánicamente realista, ser inmersivo y permitir deformar y remover tejidos.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un simulador híbrido para la operación de resección de un meningioma y se evalúa su desempeño.

EXPERIMENTOS

Se hizo un análisis del desempeño del simulador en una computadora con una CPU Intel® Core™ i7-10700K (8 núcleos físicos a 3.8 GHz), 48 GB de RAM y una tarjeta gráfica NVIDIA® TITAN RTX™ donde se midió la frecuencia de actualización del hilo visual y el hilo háptico del simulador con interacción nula del usuario, interacción leve, interacción moderada e interacción intensa.

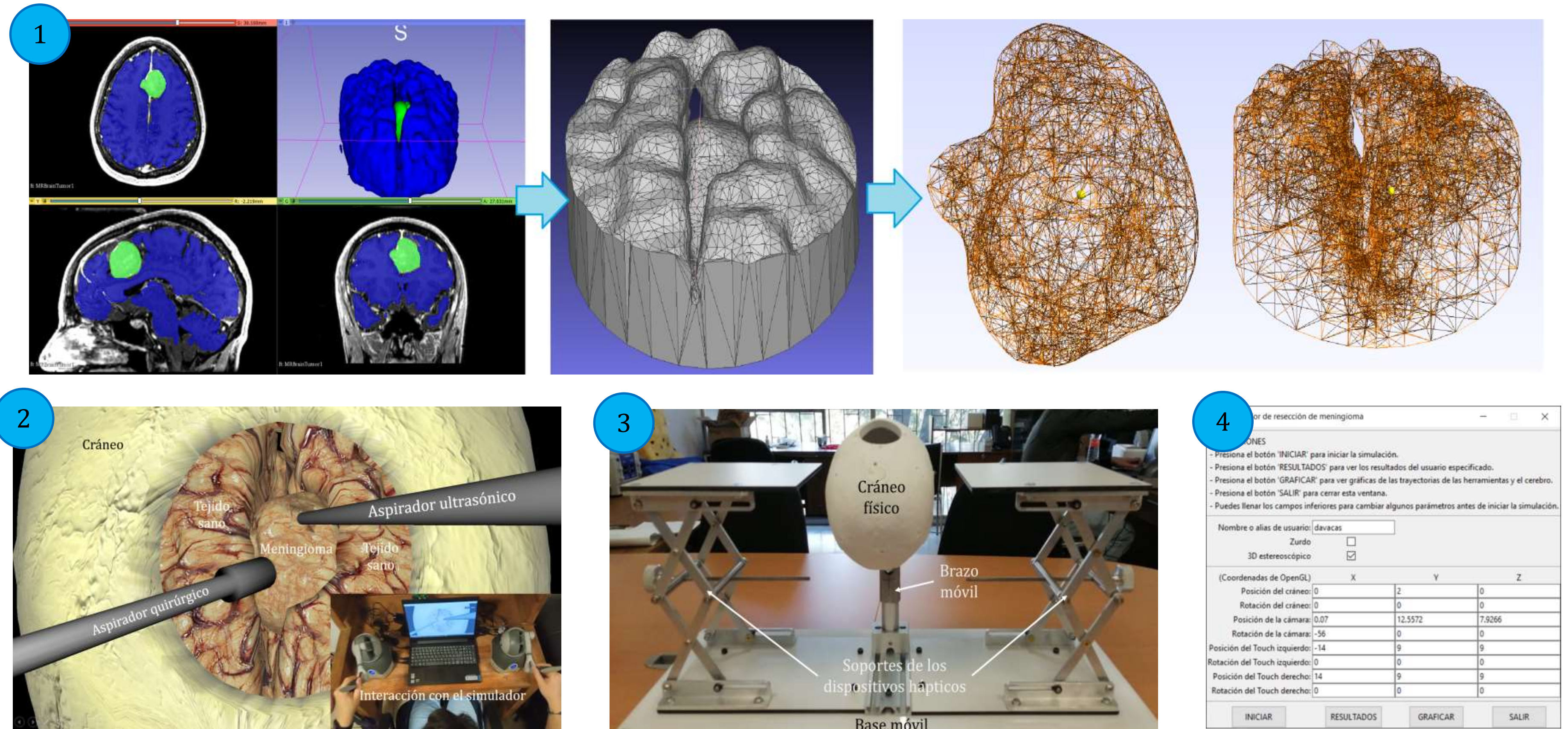
Por otra parte, un neurocirujano del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía con experiencia en la operación de resección de meningiomas, probó el simulador y respondió una versión adaptada del cuestionario hecho por [5] que cuenta con 14 reactivos para calificar del 1 al 5 su experiencia sobre tres rubros: facilidad de uso, facilidad de la tarea y realismo de la simulación.

CONCLUSIONES

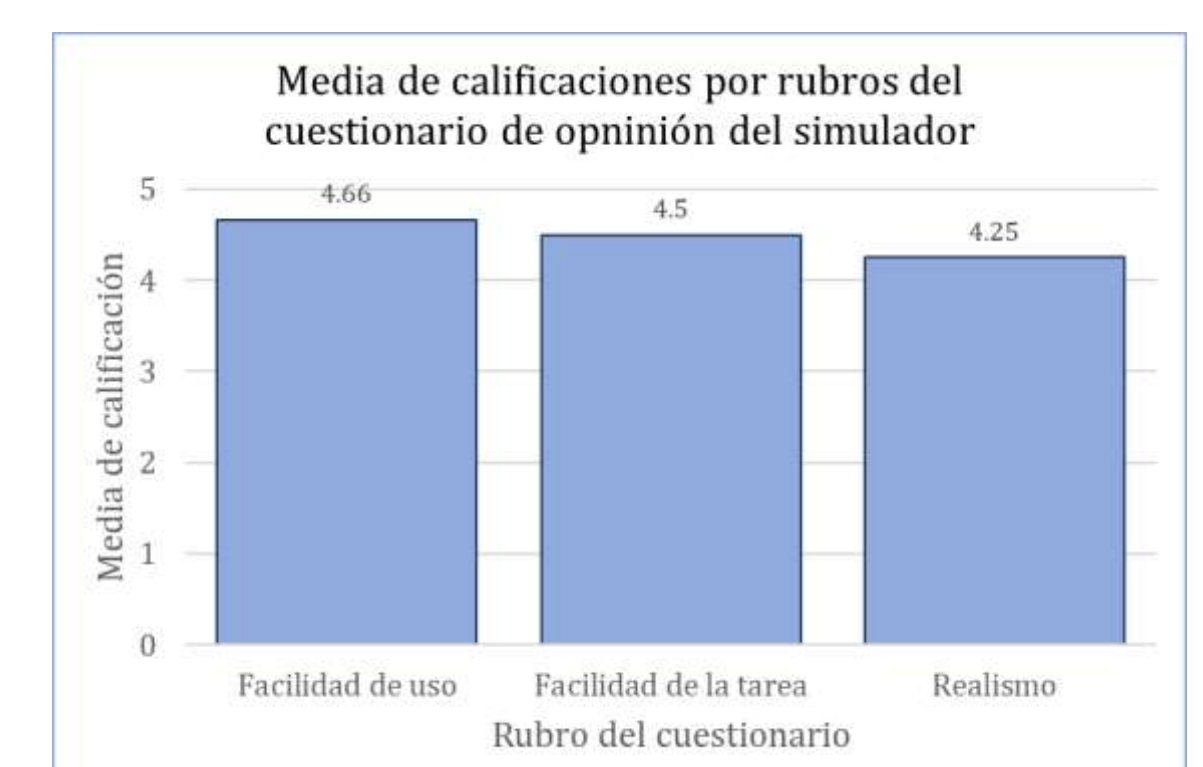
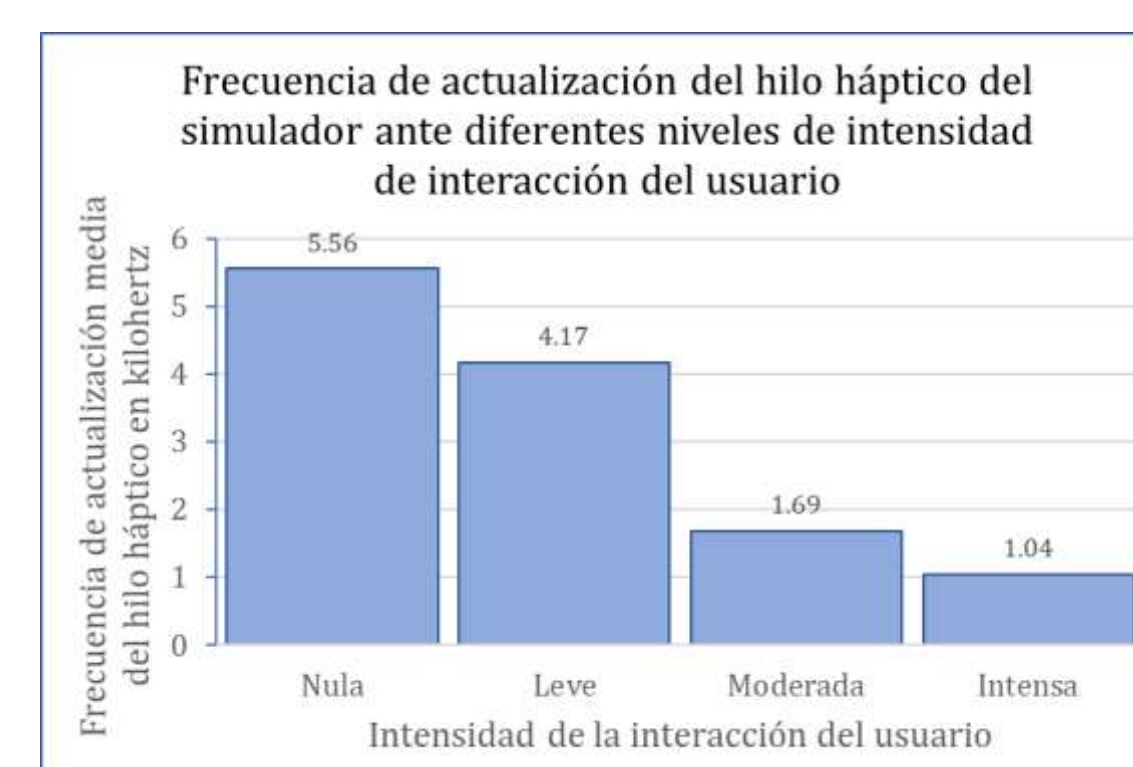
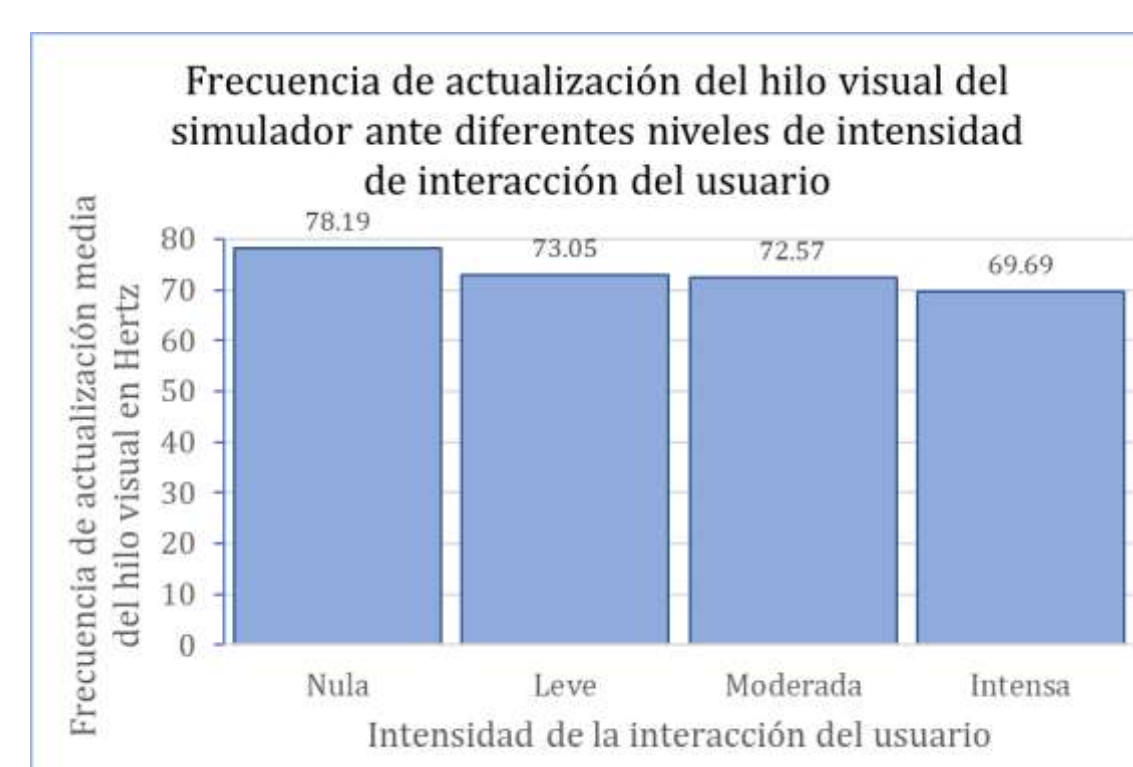
El modelo de simulación propuesto cumple con las características que [4] define que debe tener un simulador; por lo que se considera que está listo para ser utilizado. Sin embargo, aún es necesario hacer experimentos de validación para definir si utilizarlo ayuda a los neurocirujanos a mejorar su desempeño en la cirugía real de resección de meningiomas.

DESARROLLO

1. Se reconstruyeron modelos 3D del tumor y del cerebro a partir de imágenes de resonancia magnética de un paciente real, luego se limpiaron y simplificaron estos modelos, y finalmente, se tetraedralizaron para crear mallas de volumen. También se crearon modelos 3D de las herramientas quirúrgicas y el cráneo.
2. Se desarrolló una escena de simulación en SOFA [6] que incorpora los modelos de las herramientas quirúrgicas como objetos rígidos y los de tejidos blandos como objetos deformables con base en el método de los elementos finitos para mallas de tetraedros, utilizando sus propiedades elásticas reales [7]. Mediante plugins de SOFA, se incorporaron dispositivos hápticos que permiten manipular las herramientas virtuales y dar retroalimentación háptica, y se incorporó un casco de realidad virtual para simular una vista microscópica de la neurocirugía.
3. Se creó una estación de trabajo móvil que consiste en una base de acrílico sobre la que se coloca un brazo móvil con un cráneo impreso en 3D y soportes ajustables para los dispositivos hápticos.
4. Se desarrolló una GUI que permite a los usuarios configurar y ejecutar la escena de simulación de manera sencilla y les da retroalimentación sobre su desempeño durante sus sesiones de simulación.



RESULTADOS



Como es de esperarse, la frecuencia de actualización del hilo visual y del hilo háptico decrece conforme aumenta la intensidad de la interacción del usuario. Sin embargo, éstas siempre se mantienen en niveles aceptables, superando el mínimo de 30 Hz para el hilo visual y de 1 kHz para el hilo háptico que se define en la literatura.

Por otra parte, se reportan buenas calificaciones en el cuestionario de opinión del simulador, obteniendo medias iguales o superiores a 4.25 en todos los rubros.

REFERENCIAS

- [1] Clínica Mayo, «Tumor Cerebral», Clínica Mayo, 27 abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/brain-tumor/symptoms-causes/syc-20350084>. [Último acceso: 14 abril 2021].
- [2] P. E. Pelargos, D. T. Nagasawa, C. Lagman, S. Tenn, J. V. Demos, S. J. Lee, T. T. Bui, N. E. Barnette, N. S. Bhatt, N. Ung, A. Bari, N. A. Martin y I. Yang, «Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery», *Journal of Clinical Neuroscience*, vol. 35, pp. 1-4, 2017.
- [3] S. S. Yan Tan y S. K. Sarker, «Simulation in surgery: a review», *Scottish Medical Journal*, vol. 0, n.º 0, pp. 1-6, 2011.
- [4] R. Biemer y M. Harders, *Virtual Reality in Medicine*. Zurich: Springer, 2012.
- [5] S. Teodoro-Vite, J. S. Pérez-Lomelí, G. F. Domínguez-Velasco, A. Hernández-Valencia, M. Capurso-García y M. Á. Padilla-Castañeda, «A High-Fidelity Hybrid Virtual Reality Simulator of Aneurysm Clipping Repair With Brain Sylvian Fissure Exploration for Vascular Neurosurgery Training», *Simulation in Healthcare*, vol. Publish Ahead of Print, 2020.
- [6] F. Faure, C. Duriez, H. Delingette, J. Allard, B. Gilles, S. Marchesseau, H. Talbot, H. Courteuisse, G. Bousquet, I. Peterlik y S. Cotin, «SOFA: A Multi-Model Framework for Interactive Physical Simulation», *de Soft Tissue Biomechanical Modeling for Computer Assisted Surgery*, Berlin, Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 283-321.
- [7] F. Morin, M. Chabanas, H. Courteuisse y Y. Payan, «Biomechanical Modeling of Brain Soft Tissues for Medical Applications», *de Biomechanics of Living Organs*, Academic Press, 2017, pp. 127-146.

¿Dudas? ¡Conéctate a la reunión en <https://meet.google.com/tex-amra-mya!>