

2020



IBEROAMERICANA
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

DISEÑO DE UN SOFTWARE DE ROTACIÓN MENTAL PARA EVALUAR LA INFLUENCIA DE LA FORMACIÓN COMO FISIOTERAPEUTAS EN LAS COMPETENCIAS ESPACIOTEMPORALES

Angie Carolina Peña Waltero.

Francia Patiño Oviedo.

Fernando Albarracín

Fisioterapia

Ciencias de la Salud

Corporación Universitaria

Iberoamericana



IBEROAMERICANA
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

DISEÑO DE UN SOFTWARE DE ROTACIÓN MENTAL PARA EVALUAR LA
INFLUENCIA DE LA FORMACIÓN COMO FISIOTERAPEUTAS EN LAS
COMPETENCIAS ESPACIOTEMPORALES

DESIGN OF A MENTAL ROTATION SOFTWARE TO EVALUATE THE INFLUENCE
OF TRAINING AS PHYSIOTHERAPISTS IN SPACE-TEMPORARY COMPETENCES

Nombre Autor/es

Angie Carolina Peña

Nombre Coautores

Francia Patiño Oviedo.

Fernando Albarracín

22 diciembre 2020

Resumen

Durante las últimas décadas, la comunidad científica del área de la neurociencia cognitiva ha venido estudiando diferentes procesos cognitivos que influyen en la representación mental del cuerpo en el espacio.

Dentro de estos procesos cognitivos puede incluirse la Rotación Mental (RM), la cual ha venido tomando importancia en el ámbito académico, debido a su relación íntima con el análisis del Movimiento Corporal Humano (MCH).

La rotación mental es un proceso cognitivo, el cual otorga al individuo la capacidad de realizar giro y rotación, en la mente, de las imágenes y objetos, es decir, es la capacidad de girar los objetos y analizar desde diferentes perspectivas y/o ángulos. En particular, desde un punto de vista fisioterapéutico, la rotación mental proporcionará a el estudiante la capacidad de analizar el movimiento corporal humano (cuerpo, espacio y tarea) desde diferentes perspectivas.

Este estudio tiene como objetivo diseñar un software de rotación mental que permita evaluar el desarrollo de esta habilidad espaciotemporal en el estudiante, en diferentes instancias de su formación como fisioterapeuta de la Corporación Universitaria Iberoamericana.

Palabras Clave: 1. Rotación mental 2. Software 3. Fisioterapia 4. Educación superior.

Abstract

During the last decades, the scientific community in the area of cognitive neuroscience has been studying different cognitive processes that influence the mental representation of the body in space. Within these cognitive processes, Mental Rotation (RM) can be included, which has been gaining importance in the academic field, due to its intimate relationship with the analysis of the Human Body Movement (HCM).

Mental rotation is a cognitive process, which gives the individual the ability to rotate and rotate images and objects in the mind, that is, it is the ability to rotate objects and analyze from different perspectives and / or angles . In particular, from a physiotherapeutic point of view, mental rotation provides the student with the ability to analyze human body movement (body, space and task) from different perspectives.

The objective of this study is to design a Mental Rotation software that allows evaluating the development of this spatiotemporal ability in the student, in different instances of their training as a physiotherapist at the Corporacion Universitaria Iberoamericana.

Key words: 1. Mental rotation 2. Software 3. Physiotherapy 4. Higher education.

Contenido

Introducción.....	6
1.1. Antecedentes:	8
1.2. Justificación:	11
1.3. Problema de Investigación:.....	13
1.4. Objetivo General:	14
1.5. Objetivos Específicos:.....	15
Capítulo 2. – Fundamentación Teórica.	15
2.1. Software como estrategia educativa.....	15
2.2. Software como herramienta en el desarrollo de habilidades espaciotemporales.....	16
2.3. Procesos de desarrollo Software, y requisitos para la versión de prueba.....	17
Capítulo 3. - Aplicación y Desarrollo	19
3.1. Tipo y Diseño de Investigación:	19
3.2. Procedimiento e Instrumentos:	19
Capítulo 4 - Resultados	21
4.1. Resultados:.....	21
4.1.1. Construcción de matriz de trazabilidad de Requisitos	21
Capítulo 5 - Discusión	29
Capítulo 6- Conclusiones	30
6.1. Cumplimiento de objetivos y aportes a líneas de investigación de grupo	30
6.2. Producción asociada al proyecto	31
6.3. Líneas de trabajo futuras	32
Referencias	33

Introducción

Durante las últimas décadas, la comunidad científica del área de la Neurociencia cognitiva ha venido estudiando diferentes procesos cognitivos que influyen en la representación mental del cuerpo en el espacio. Dentro de estos procesos cognitivos puede incluirse la habilidad espaciotemporal de la Rotación Mental (RM) (Patiño,2019).

Habilidad que está relacionada con el razonamiento espacial, cognitivo y acción motora. La cual hace un énfasis especial en la habilidad visoespacial, con relación a objetos que se puedan manifestar en forma tridimensional cuando estos se rotan sobre su propio eje (Toth, 2019).

De esta manera se cree que la rotación mental está relacionada con el ángulo de rotación en el que se le presente el objeto, es decir, “cuanto más tiempo se tarda en responder a un objetivo girado, mayor es el ángulo de rotación”, en relación a lo anterior los procesos visuales/periféricos son los que se encuentran más involucrados en este proceso, ya que, se ha identificado que las personas tienden a discriminar imágenes dependiendo del ángulo o plano en el que se les presente el objeto, llegando a identificar la velocidad de rotación mental como una habilidad cognitiva representativa (Gerrit, 2013).

En la población de educación superior, se debe evidenciar una mayor capacidad de combinar las habilidades del razonamiento con tareas mentales en relación con estímulos dirigidos por software, como lo es en el caso de medicina, carreras de ingeniería entre otras. De manera que, las habilidades visoespaciales de los estudiantes demuestran que tienen las capacidades para aprender a relacionarse con software de una manera eficaz y eficiente, teniendo en cuenta que no se evidencia mayor diferencia de aprendizaje entre los dos géneros (Sutton, Heathcote, Bore; 2007).

Proceso que ha tomado importancia en el ámbito académico, debido a su relación íntima con el análisis del movimiento corporal humano, especialmente en el desarrollo de

habilidades espaciotemporales. Es por ello que, en esta oportunidad, se busca identificar los aportes desde la evidencia científica sobre el impacto los diversos programas de software de la Web 2.0, como blogs, intercambio de medios peer-to-peer (P2P) y el reconocimiento de las oportunidades de aprendizaje sin precedentes que pueden ofrecer.

Por lo cual es necesario evaluar la influencia de la formación como fisioterapeutas en la optimización de habilidades espaciotemporales, en los fisioterapeutas en formación de la Corporación Iberoamericana Universitaria, a través de un software de evaluación de la Rotación Mental, en este caso la versión de prueba. De modo tal que, a futuro tras su implementación, se podrá reconocer el impacto de la formación como fisioterapeutas en el desarrollo de esta capacidad, facilitando en el futuro fisioterapeuta una mayor comprensión del MCH, habilitando u optimizando el análisis del movimiento desde diferentes perspectivas, y así mismo, el desarrollo del razonamiento espacial y temporal necesario en el quehacer del fisioterapeuta como facilitador de movimiento.

Capítulo 1 – Fundamentación conceptual:

1.1. Antecedentes:

Las habilidades espaciotemporales, hoy en día son de gran contribución para el fisioterapeuta en la comprensión del movimiento corporal humano, el cual ha sido estudiado por muchas décadas especialmente en la ejecución de movimiento, sin embargo, existe poca evidencia científica que destaque herramientas que optimicen el estudio de la planificación de movimiento como facilitador en el desarrollo de esas habilidades espaciotemporales, en este caso haciendo énfasis en la rotación mental.

El Autor Norena en el 2009, buscó explorar las oportunidades que ofrecen las nuevas interfaces usuario y la utilización de dispositivos móviles de pantalla táctil a través del uso de nuevas herramientas y nuevos formatos como SketchUp y los dispositivos móviles de pantalla táctil, también el uso de nuevos contextos como la educación a distancia y la medida de la satisfacción de los usuarios.

En el estudio se desarrollaron dos estudios de campo con estudiantes de primer curso de ingeniería, un primer estudio utilizando el software SketchUp y el segundo estudio con una aplicación web interactiva denominada “Building with blocks”. Con estos dos grupos se demostró efectividad en la mejora de las habilidades espaciales. Los resultados obtenidos permiten abordar el diseño de nuevos materiales sobre dispositivos móviles de pantalla táctil, de dos tipologías: Un entorno web interactivo en formato plano (2D), optimizado para dispositivos tipo iPod Touch que demuestra su efectividad en la mejora de las habilidades espaciales y es valorado con un alto grado de satisfacción por los estudiantes, y una aplicación para teléfonos móviles de pantalla táctil que nos permite la construcción de modelos de cubos en un entorno tridimensional y que ha sido desarrollada para el sistema operativo Windows Mobile. (Norena, 2009).

Así mismo, con la finalidad de medir las habilidades espaciales a través de un taller de modelado 3D autores como Cantero, Saorin, Carbonel, & Colaboradores en el 2012 diseñaron un estudio piloto consistente en la realización de un taller de modelado 3D

como herramienta de innovación educativa para el desarrollo de competencias contempladas en los nuevos grados de Bellas Artes. Entre ellas, el Espacio Europeo de Educación Superior, propone la competencia de elegir el sistema de representación adecuado, la utilización de herramientas tecnológicas avanzadas y el desarrollo de la capacidad de visión espacial. (Cantero, Saorín, Carbonell, Cossío, & Contero, 2012)

El estudio ha sido realizado con estudiantes de Grado en Bellas Artes de la Universidad de La Laguna durante el curso académico 2010-2011. El software elegido para el taller ha sido Google Sketchup 8, en su versión gratuita. Para medir la influencia que ha tenido la realización de este los alumnos rellenaron una encuesta de satisfacción sobre el taller, y se les midió el efecto sobre la visión espacial mediante el Mental Rotation Test (MRT). Los resultados de esta investigación indican que este tipo de iniciativas permiten mejorar las competencias de los estudiantes. (Cantero, Saorin, Carbonell, Cossío, & Contero, 2012).

También autores como Vergara, Rubio, Lorenzo & Rodríguez en el 2018, luego de identificar la dificultad de visión espacial habitual en muchos de los estudiantes vinculados a titulaciones de carácter técnico, buscaron desarrollar la implantación de una nueva herramienta virtual capaz de ayudar al alumnado a entrenar sus habilidades espaciales en un campo concreto, por lo que en su investigación se presenta un recurso digital interactivo que ayuda a reforzar la comprensión espacial de los vectores en el espacio (que suele ser una de las dificultades más comunes entre los alumnos de primer curso de cualquier ingeniería).

Esta herramienta permitió a los estudiantes obtener ayuda para visualizar y analizar en tiempo real los cambios que se producen al variar las coordenadas de un vector: (I) el módulo del vector, (II) su vector unitario y (II) los cosenos directores. Esta plataforma virtual interactiva (PVI) pretende solventar, por una parte, la visualización espacial de los cosenos directores de un vector situado en cualquier octante y, por otra parte, la interpretación espacial de la posición de un vector cualquiera. Mediante el uso de esta herramienta, el alumno realizará además un autoaprendizaje de tipo productivo, lo que

favorece el hábito de pensar, razonar y relacionar o explicar la información. (Vergara, Rubio, & Rodríguez, 2018).

Por ello, si se refuerzan estas habilidades visoespaciales a través de estas herramientas en el fisioterapeuta en formación, se optimizará la comprensión del movimiento corporal humano en todos los planos y ejes del movimiento.

Por Otro lado, Autores como Sepúlveda, Suarez, Rodas, Ruiz, & Henao en el 2018, definieron la rotación mental, como una de las categorías entre las habilidades espaciales, la cual se puede señalar como la capacidad del individuo para manipular y realizar giros sobre objetos tridimensionales, está a su vez tiene una relación directa con la aplicación de ejes de rotación en el estudio de la simetría molecular en los cursos de Química Inorgánica universitarios, donde se ha visto un bajo rendimiento académico por parte de los estudiantes en la aplicación de dichos ejes.

La finalidad del caso educativo fue desarrollar, validar y aplicar un test modificado de Vandenberg y Kuse (VyKM) de rotación mental y al mismo tiempo aplicar el test estándar de Vandenberg y Kuse (VyK) para la aplicación de ejes de rotación en un curso de química inorgánica en la Universidad de Caldas, haciendo énfasis diferencial en la evaluación de la rotación mental tras la manipulación de un objeto o una figura en dos o tres dimensiones, y los factores de relación espacial requieren la imaginación de un objeto en dos o tres dimensiones en relación a otro objeto.

Demostrando que los individuos identifican mejor los estímulos en diferentes grados de rotación cuando el individuo ha podido tener una experiencia previa y ha podido interactuar con el objeto. (Sepúlveda, Suárez, Rodas, Ruiz, & Henao, 2018). En donde la aplicación de esta estrategia en el movimiento corporal humano le permite al fisioterapeuta en formación la exploración de los diferentes segmentos corporales, facilitando la creación de una representación mental tridimensional del cuerpo.

Desde el programa de Fisioterapia de la Corporación Universitaria Iberoamericana, (Patiño,2019) buscó evaluar la rotación mental como herramienta facilitadora del estudio del movimiento corporal humano en estudiantes de Fisioterapia, a través de un estudio descriptivo, en el estudio participaron un total de 51 estudiantes del programa de Fisioterapia, que se encuentran cursando asignaturas de I, IV y IX Semestre, en los estudiantes de I, IV y IX semestre del programa de fisioterapia, se encontró que los estudiantes de primer semestre tienen un nivel de desempeño en la evaluación de regular un 82% y un 18% mala; los estudiantes de cuarto semestre presentan un nivel de desempeño en la evaluación de RM mala 6%, regular 53% y 41% bueno, y los estudiantes de Noveno semestre presentan un nivel de desempeño en la evaluación de RM regular 82% y 18% bueno. Demostrando que el nivel de desempeño de la rotación mental del participante de noveno semestre resulta inferior a lo esperado. (Patiño, 2019).

La rotación mental es una habilidad que provee al fisioterapeuta en formación una mayor comprensión del movimiento corporal humano, de manera que optimiza el análisis del movimiento desde diferentes perspectivas, y así mismo, puede favorecer el desarrollo de habilidades espaciotemporales para la comprensión de la ejecución y planificación del movimiento.

1.2. Justificación:

La evidencia actual en el campo de la neurociencia cognitiva, sobre la influencia del sistema educativo en las competencias espaciotemporales, no es muy extensa aún. La mayoría de las investigaciones se relacionan con entornos virtuales para estudiar las habilidades espaciotemporales (Martín-Dorta, 2009; Sorby,2000; Martín, J. 2010). En contraste, existen pocos estudios que investiguen la influencia del conocimiento del propio cuerpo en el desarrollo de las capacidades espaciotemporales como lo es la rotación mental, y menos aún, sobre la influencia de la formación académica en fisioterapia sobre la rotación mental. (Sepúlveda, Suárez, Rodas, Ruiz, & Henao, 2018)

La fisioterapia, como disciplina cuyo objeto de estudio es el análisis, mantenimiento, optimización y potencialización del movimiento corporal humano, así como a la

prevención y recuperación de sus alteraciones (Ley 528, 1999), ha experimentado muchos avances en el estudio de la ejecución de movimiento, no obstante, existen pocos avances en el estudio de la planificación de movimiento. Por lo anterior, debido a que aún no se da la importancia a realizar investigaciones que visibilicen la influencia de los procesos cognitivos como facilitadores en la planificación del movimiento corporal humano, los cuales permitirán el desarrollo de habilidades espaciotemporales en el individuo.

Por lo tanto, esta investigación en la población estudiantil posibilitará inicialmente la evaluación y desarrollo de las competencias espaciotemporales del estudiante que se deben optimizar durante el programa académico en términos del reconocimiento corporal propio y del paciente, de tal forma que se genere un acercamiento efectivo al momento de realizar análisis de movimiento en las diferentes condiciones de salud de los pacientes.

Por otro lado, esta investigación para el programa de pregrado de fisioterapia constituye una herramienta tecnológica que proporciona fundamentos sobre las competencias espaciotemporales, a partir del análisis de la evaluación de la RM en los estudiantes de fisioterapia.

Así mismo, con esta herramienta se podría implementar como requisito fundamental en el examen de admisión, incorporar un criterio adicional sobre sus competencias espaciotemporales en la selección e ingreso de nuevos estudiantes, generando mayor participación y formación de criterio profesional en los procesos interdisciplinarios de prevención, habilitación y rehabilitación integral del paciente.

Por lo anterior, se presenta la necesidad de evaluar la influencia de la formación como fisioterapeutas en la optimización de habilidades espaciotemporales, en estudiantes de la Corporación Iberoamericana Universitaria, a través de la evaluación de la rotación mental. Del mismo modo, plantear estrategias educativas que mejoren las competencias del estudiante y su rendimiento académico en las diferentes asignaturas. Adicionalmente,

se plantea la futura aplicación de los resultados en investigaciones alrededor de la RM en posibles intervenciones terapéuticas.

1.3. Problema de Investigación:

Según la evidencia científica, la rotación mental como proceso cognitivo ha sido estudiado como habilidad espaciotemporal desde diferentes puntos de vista, sin embargo, se tiene poca evidencia que indique la influencia de los programas de educación superior en la evolución y/o desarrollo de la RM.

En el programa de fisioterapia, la formación de esta capacidad se hace necesaria para una mayor comprensión del MCH habilitando y/u optimizando el análisis de movimiento desde diferentes perspectivas (González S, 2017). Como por ejemplo en asignaturas como Morfofisiología, siendo base para el estudio de planos y ejes de movimiento corporal humano (Guillot, Champely, Batier, Thiriet y Collet, 2006).

Para el caso del programa de Fisioterapia de la Corporación universitaria Iberoamérica, se evidencian en resultados preliminares del desempeño de la rotación mental, el cual se espera sea progresivo en los estudiantes de primer ingreso hasta los estudiantes de noveno semestre en asignaturas de núcleo básico, reportado en el informe de la investigación “La rotación mental como herramienta para evaluar la influencia de la formación como fisioterapeuta en las competencias espaciotemporales”(Patiño,2019) , como:

1. MORFOFISIOLOGIA: esta asignatura facilita la comprensión básica del movimiento a partir del conocimiento de planos y ejes anatómicos.

2. BIOMECANICA: esta asignatura facilita el análisis de movimiento de las diferentes estructuras corporales desde diferentes planos y ejes anatómicos, es decir en el razonamiento de la osteocinematica, artrocinematica y miocinematica del movimiento.

3. TALLER DE EVALUACIÓN: permite entender los diferentes sistemas que componen el movimiento corporal al momento de evaluar la postura, la movilidad articular y desempeño muscular desde varios planos o perspectivas.

4. KINESIOTERAPIA: permite estudiar técnicas de neurorrehabilitación como por ejemplo Kabat, en la cual se debe facilitar, extrapolar y transferir los movimientos corporales en las diferentes diagonales al paciente, conociendo previamente las diagonales en el propio cuerpo.

Estas son algunas asignaturas que podrían aportar al desarrollo y evolución de habilidades espaciotemporales, por lo cual se espera que la formación como fisioterapeutas proporcione herramientas como la Rotación mental, que facilite el proceso de enseñanza – aprendizaje del movimiento corporal humano, fundamentado en el saber, saber hacer, saber estar y saber ser, no solo en los fisioterapeutas en formación sino también en el fisioterapeuta profesional para fortalecer estas habilidades adquiridas en la formación previa.

Por lo anterior, se hace necesario seguir generando nuevas herramientas tecnológicas que permitan evaluar estas habilidades espaciotemporales de forma más confiable y efectiva, puesto que, aunque los resultados obtenidos hasta el momento parecen concluyentes, es necesario eliminar sesgos, como el tiempo durante la aplicación de la prueba, el cual es un limitante al momento de responder en una prueba de rotación mental escrita.

Conjuntamente, la aplicabilidad de esta herramienta educativa brindará al programa un fortalecimiento importante sobre todo para sus cursos de teórico - prácticos y de preparación para las prácticas clínicas. Y un posible reconocimiento o referente para otras instituciones de Fisioterapia, siendo pioneros en la investigación en este tipo de herramientas tecnológicas en programas de educación superior en profesionales de la salud como Fisioterapia en Colombia.

1.4. Objetivo General:

Diseñar un software – versión de prueba que permita evaluar la rotación mental en Fisioterapeutas en formación de la Corporación Universitaria Iberoamericana.

1.5. Objetivos Específicos:

Caracterizar la evidencia científica sobre este tipo de herramientas en programas de educación superior en ciencias de la salud y a realizar el análisis de requisitos de la versión de prueba del software.

Capítulo 2. – Fundamentación Teórica.

2.1. Software como estrategia educativa

La actualidad de la información en la que se mueve el mundo, tiene la información como materia prima y a su procesamiento como base de todas las acciones del diario vivir, en estas circunstancias, la educación enfrenta el reto de desarrollar en los individuos habilidades para acceder a la información, seleccionarla, procesarla, trabajar cooperativamente así como tomar decisiones; empleando sistemáticamente las tecnologías de la información y las comunicaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Barrios, 2011).

Los softwares educativos de manera general se definen como aquellas aplicaciones o programas computacionales que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje, algunos autores lo conceptualizan como cualquier programa computacional cuyas características estructurales y funcionales sirvan de apoyo al proceso de enseñar, aprender y administrar, o el que está destinado a la enseñanza y el autoaprendizaje y además permite el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas. (Barrios, 2011).

Por lo que todos aquellos programas de informática que permitan elaborar y desarrollar determinados proyectos de carácter multimedia sin necesidad de unos conocimientos informáticos previos específicos, permite que los formadores puedan elaborar determinadas matrices de ejercicios a partir de los cuales elaboren y desarrollen los módulos formativos. El software educativo es un medio que abarca finalidades muy diversas que puede ir de adquisición de concepto como el desarrollo de destreza básica. Es importante aclarar que el software por sí solo no va a solucionar el problema de la

enseñanza, sin embargo, se pueden crear otros nuevos. Como toda herramienta novedosa, sus beneficios dependen del uso que se haga de ellos. (Calvo, 2006).

2.2. Software como herramienta en el desarrollo de habilidades espaciotemporales.

A lo largo del tiempo varios estudios han demostrado que las habilidades espaciotemporales se pueden desarrollar a través de la formación y el entrenamiento si se proporcionan herramientas apropiadas que apoyen su desarrollo. (Cohen & Hegarty, 2003), (Kinsey, 2003), (Newcomer, Raudebaugh, & McKell, 2003), (Potter & Van der Merwe, 2003) Así mismo, se dice que especialmente las habilidades espaciotemporales se pueden mejorar mediante el entrenamiento. (Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2003).

Por ello, estas habilidades son aceptadas por distintos autores a través de la historia como un componente de la inteligencia. Algunas personas disponen de un mayor grado de aptitud innata, pero la gran mayoría puede entrenar esta habilidad a través de la práctica (Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2003).

A la hora de estudiar los componentes de aquellas habilidades espaciotemporales encontramos distintos enfoques para establecer su clasificación y, a su vez, varias herramientas para obtener resultados cuantitativos a través de la utilización de pruebas específicas. (Linn, 1985). Es frecuente encontrarlas divididas en dos sub- habilidades como la rotación mental, (habilidad de rotar en nuestra imaginación, rápida y acertadamente figuras de dos o tres dimensiones) y la Visión Espacial, (habilidad de reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras). (Cantero, Saorín, Carbonell, Cossío, & Contero, 2012).

Estudios realizados por diferentes autores muestran conclusiones similares a las expuestas por Strong y Smith (2002): “la habilidad espacial se ha establecido como un factor de predicción de éxito en varias disciplinas relacionadas con la tecnología, informática, matemáticas, arquitectura, ingeniería, odontología, medicina entre otras”.

Estos estudios muestran la importancia del desarrollo de las habilidades espaciales en la vida académica y profesional de los estudiantes. (Strong & Smith, 2002).

Estas herramientas clásicas de enseñanza en este tipo de asignaturas por lo general son pasivas, en la que los alumnos observan las explicaciones y demostraciones del profesor que utiliza marcadores, tiza, papel y lápiz. Los ejercicios propuestos generalmente son basados en representaciones tipo en papel, lo cual limita la interacción real entre un elemento tridimensional (3D) y el estudiante. (Strong & Smith, 2002)

Estos tipos de ejercicios proporcionan poca interacción de los estudiantes con los objetos reales, como son: las operaciones de rotación, visualización desde distintos puntos de vista, modificaciones mentales de la geometría, etc... Estos tipos de interacción son conocidos como ejercicios de desarrollo mano-ojo que varios autores como Gutiérrez (2010) o Melgosa (2012), sugieren como la mejor forma de obtener un desarrollo eficaz de habilidades espaciales. (Gutierrez, 2010), (Melgosa, 2012).

El no interactuar de manera practica con los objetos, que optimizan la manipulación practica en diferentes dimensiones, genera que los estudiantes se animen a aprender de memoria un conjunto de reglas para realizar las representaciones, en lugar de desarrollar su habilidad espacial. Llevando a que el aprendizaje de memoria pueda ser eficaz para ejemplos sencillos y familiares, pero no es fiable para estructuras complejas y novedosas. (Sutton, 2007).

2.3. Procesos de desarrollo Software, y requisitos para la versión de prueba.

Los procesos de desarrollo de software poseen reglas preestablecidas, y deben ser aplicados en la creación del software de mediano y gran porte, ya que en caso contrario lo más seguro es que el proyecto o no logre concluir o termine sin cumplir los objetivos previstos, y con variedad de fallos inaceptables.

Entre tales «procesos» se aplican de acuerdo con el tipo y porte del software a desarrollar, a criterio del responsable del equipo de desarrollo. Cualquiera sea el proceso

utilizado y aplicado al desarrollo del software (RUP, FDD, etc), y casi independientemente de él, siempre se debe aplicar un «modelo de ciclo de vida».

Un proceso de desarrollo de software tiene como propósito la producción eficaz y eficiente de un producto software que reúna los requisitos del cliente. Este proceso es intensamente intelectual, afectado por la creatividad y juicio de las personas involucradas.

Aunque un proyecto de desarrollo de software es equiparable en muchos aspectos a cualquier otro proyecto de ingeniería, en el desarrollo de software hay una serie de desafíos adicionales, relativos esencialmente a la naturaleza del producto obtenido.

A continuación, se explican algunas particularidades asociadas al desarrollo de software y que influyen en su proceso de construcción.

1. **Análisis de requisitos:** Extraer los requisitos de un producto de software es la primera etapa para crearlo. Mientras que los clientes piensan que ellos saben lo que el software tiene que hacer, se requiere de habilidad y experiencia en la ingeniería de software para reconocer requisitos incompletos, ambiguos o contradictorios. Es necesario saber las necesidades del cliente para poder crear el software y estar en posición del cliente para así ver qué idea se le ocurre en posición de usuario.
2. **Especificación:** Es la tarea de describir detalladamente el software a ser escrito, en una forma matemáticamente rigurosa. En realidad, la mayoría de las buenas especificaciones han sido escritas para entender y afinar aplicaciones que ya estaban desarrolladas. Las especificaciones son más importantes para las interfaces externas, que deben permanecer estables. Empezar a realizar el sistema con código para así hacerlo estable.
3. **Diseño y arquitectura:** Se refiere a determinar cómo funcionará de forma general sin entrar en detalles. Este proceso consiste en incorporar consideraciones de la implementación tecnológica, como el hardware, la red, etc. Aquí es donde se empieza a ver la estructura del software, se diseña para que la interfaz sea más amena con el usuario.

Capítulo 3. - Aplicación y Desarrollo

3.1. Tipo y Diseño de Investigación:

Esta investigación es de tipo cualitativo, con un diseño de investigación – acción, según lo que documenta Hernández-Sampieri & Mendoza (2018).

El presente proyecto, pretende diseñar una herramienta tecnológica, como estrategia para evaluar a los estudiantes de Fisioterapia de la Corporación Universitaria Iberoamericana. La aplicabilidad de esta herramienta educativa brindará al programa un fortalecimiento importante sobre todo para sus cursos de teórico prácticos y de preparación para las prácticas clínicas; siendo pioneros en la investigación en este tipo de herramientas tecnológicas en programas de educación superior en profesionales de la salud como la fisioterapia en Colombia.

3.2. Procedimiento e Instrumentos:

Una primera fase del proyecto está encaminada a realizar una revisión sobre la evidencia científica sobre este tipo de herramientas en programas de educación superior en ciencias de la salud y a realizar el análisis de requisitos de la versión de prueba del software.

Una segunda fase que desarrollara las especificaciones de la versión de prueba a partir del análisis de requisitos de la versión de prueba del software para implementarlas en la fase tres.

En cuanto a la tercera fase, está enfocada al diseño general de la versión de prueba del software de rotación mental, y a partir del análisis de requisitos y las especificaciones de la versión de prueba.

Para el diseño de la aplicación se creará teniendo en cuenta las necesidades presentadas en el test (Vanderberg & Kuse, 1978), para medir la componente de Rotación mental, empleado en experiencias previas (Devon et al., 1994; Sorby & Baartmans, 2000; Gerson et al., 2001; Saorín, 2006, Martín-Dorta, 2009; Martín, 2010). De manera que se

pueda aplicar offline desde cualquier computador, usando como plataforma de Microsoft Excel y el lenguaje de programación Visual Basic. Se diseñará inicialmente una interfase sencilla y amigable que permitirá desarrollar la prueba, permitiendo guardar los resultados automáticamente para ser analizados posteriormente.

Esta aplicación permitirá almacenar los resultados en tablas de Excel que solo serán visibles para el administrador del sistema protegidos por contraseña

Capítulo 4 - Resultados

4.1. Resultados:

Se desarrolla versión de prueba de software con el título “Evaluación de la rotación mental en fisioterapeutas en formación” el cual permita evaluar la rotación mental en Fisioterapeutas en formación de la Corporación Universitaria Iberoamericana.

4.1.1. Construcción de matriz de trazabilidad de Requisitos

Matriz. 1 Trazabilidad de Requisitos

Matriz de trazabilidad de requisitos									
Código de proyecto: [Código asociado al proyecto en la organización]									
Proyecto: DISEÑO DE UN SOFTWARE DE ROTACION MENTAL PARA EVALUAR LA INFLUENCIA DE LA FORMACION COMO FISIOTERAPEUTAS EN LAS COMPETENCIAS ESPACIOTEMPORALES									
Identificación	Sub identificación	Descripción del requisito	Versión	Estado actual	Última fecha estado registrado	Criterios de aceptación	Nivel de complejidad	Necesidad del requisito	Fecha de entrega

1	1.1	<p><u>Screen Inicio:</u> En este requisito se necesita que aparezca: Nombre del proyecto Nombre del software Nombre de la universidad Nombre de Autores</p> <p>Para finalizar con un botón de continuar que comunique con la siguiente pantalla</p>	Versión 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2020	Versión 1: Solicitado y Version 2: Solicitado	26 de Abril /2020	1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla.	Baja	Presentación del software - Version de prueba	jun-20
2	2.1	<p><u>Screen Instrucciones:</u> Anexo instrucciones según (Vanderberg & Kuse, 1978), para medir la componente de Rotación mental, empleado en experiencias previas (Devon et al., 1994; Sorby & Baartmans, 2000; Gerson et al., 2001; Saorín, 2006, Martín-Dorta, 2009; Martín, 2010). Para finalizar con un botón de</p>	Versión 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2021	Versión 1: Solicitado y Version 2: Solicitado	27 de Abril /2020	1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla 4. Al dar click en el Botón de atrás que comunique a la pantalla anterior.	Alta	Presentación de las instrucciones al usuario	jun-20

		continuar que comunique con la siguiente pantalla y un botón atrás para volver a las instrucciones. Probablemente se necesita 2 pantallas para las instrucciones.							
	2.2	<p><u>Screen aceptación de instrucciones:</u> Pantalla en la cual el usuario decide aceptar o no continuar con la prueba. El usuario debe seleccionar la casilla de si acepta o no acepta. Finalmente dar en el botón de continuar.</p>	<p>Versio n 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2022</p>	<p>Versio n 1: Solicitado y aceptado Version 2: Solicitado</p>	<p>28 de Abril /2020</p>	<p>1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla.</p>	<p>Alta</p>	<p>Aceptación de Instrucciones y prueba</p>	<p>jun-20</p>

3	3.1	<p align="center">Screen de 4 figuras: Pantalla en la cual aparecen 4 figuras organizadas horizontalmente y cuadro casillas de selección debajo de cada figura. El usuario debe seleccionar 2 correctas, al momento de seleccionar sus 2 opciones deben bloquearse las otras opciones y activarse el botón de continuar.</p>	<p>Version 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2023</p>	<p>Version 1: Solicitado y aceptado Version 2: Solicitado</p>	<p align="center">29 de Abril /2020</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. el usuario debe seleccionar solo 2 opciones 3.1 Sino selecciona 2 opciones no se desbloquea el botón de continuar 4. se deben bloquear las otras 2 opciones 5. Enviar resultados Excel 6. Cronometrar tiempo en dar click en el botón de continuar 7. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla. 	Alta	Prueba de test de Rotación mental	jun-20
---	-----	---	--	---	---	---	------	-----------------------------------	--------

	3.2	<p>Screen de 4 figuras: Esta pantalla de 4 figuras durante 20 pantallas en el orden presentado según Vanderberg & Kuse, 1978 luego de dar click en el botón</p> <p>continuar.</p>	<p>Version 1: 1 Noviembre /2019</p> <p>Version 2: 1 Abril /2024</p>	<p>Version 1: Solicitado y aceptado</p> <p>Version 2: Solicitado</p>	<p>30 de Abril /2020</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. el usuario debe seleccionar solo 2 opciones <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Sino selecciona 2 opciones no se desbloquea el botón de continuar 4. se deben bloquear las otras 2 opciones 5. Enviar resultados Excel 6. Cronometrar tiempo en dar click en el botón de continuar 7. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla. 	Alta	Prueba de test de Rotación mental	jun-20
--	-----	--	---	--	--------------------------	---	------	-----------------------------------	--------

	3.3	<p><u>Screen de 4 figuras final:</u> Esta pantalla sera la N°20 de la prueba de Vanderberg & Kuse, 1978 y para finalizar dar click en el botón finalizar.</p>	<p>Version 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2025</p>	<p>Version 1: Solicitado y aceptado Version 2: Solicitado</p>	<p>31 de Abril /2020</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. el usuario debe seleccionar solo 2 opciones <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Sino selecciona 2 opciones no se desbloquea el botón de continuar 4. se deben bloquear las otras 2 opciones 5. Enviar resultados Excel 6. Cronometrar tiempo en dar click en el botón de continuar 7. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla. 	Alta	Prueba de test de Rotación mental	jun-20
4	4.1	<p><u>Screen de Resultados:</u> Esta pantalla presentara los resultados según el nivel de Rotación mental (Bajo / Medio /Alto) y presenta los mejores o peores tiempos según la figura, luego dar click en botón Cerrar para cerrar la aplicación.</p>	<p>Version 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2026</p>	<p>Version 1: Solicitado y aceptado Version 2: Solicitado</p>	<p>31 de Abril /2020</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. Al dar click en el Botón de cerrar que cierra la aplicación. 	Alta	Finalización de Versión de prueba	jun-20

5	5.1	<p><u>Screen Inicio:</u> En este requisito se necesita que aparezca: Nombre del proyecto Nombre del software Nombre de la universidad Nombre de Autores</p> <p>Para finalizar con un botón de continuar que comunique con la siguiente pantalla</p>	Version 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2020 Version 3: 20 Junio/ 2020	Version 1: Solicitado y aceptado Version 2: Solicitado Version 3: Version 3: 20 Junio/2020	20 de Junio /2020	1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla.	Alta	Falla Al momento de pasar del Screen inicial al screen de aceptación	ago-20
---	-----	--	--	--	-------------------------	--	------	--	--------

	5.2	<p>Screen Instrucciones: Anexo instrucciones según (Vanderberg & Kuse, 1978), para medir la componente de Rotación mental, empleado en experiencias previas (Devon et al., 1994; Sorby & Baartmans, 2000; Gerson et al., 2001; Saorín, 2006, Martín-Dorta, 2009; Martín, 2010). Para finalizar con un botón de continuar que comunique con la siguiente pantalla y un botón atrás para volver a las instrucciones. Probablemente se necesita 2 pantallas para las instrucciones.</p>	<p>Version 1: 1 Noviembre /2019 Version 2: 1 Abril /2020 Version 3: 20 Junio/ 2020</p>	<p>Version 1: Solicitado y aceptado Version 2: Solicitado Version 3: 20 Junio/2020</p>	<p>20 de Junio /2020</p>	<p>1. información completa 2. Tamaño de letra adecuada 3. Al dar click en el Botón de continuar que continúe a la siguiente pantalla.</p>	Alta	<p>Falla Al momento de pasar del screen de aceptación de instrucciones al screen de las 4 figuras</p>	ago-20
--	-----	---	--	--	--------------------------	---	------	---	--------

Fuente: Autores de la Investigación.

Capítulo 5 - Discusión

En la actualidad, para los fisioterapeutas en formación, el desarrollo de habilidades espaciotemporales es un poco limitada, inicialmente se presenta que la evidencia científica es muy escasa y no demuestra, su utilidad en la relación con el desarrollo de competencias profesionales como el ser, saber, el hacer y el saber-hacer, lo que en los fisioterapeutas en formación es necesario identificar estas estrategias para una mayor comprensión del movimiento corporal humano, lo que habilita y/u optimiza el análisis de movimiento que se realiza al momento de evaluar desde diferentes perspectivas corporales (Patiño,2019).

Actualmente las herramientas tecnológicas cumplen un papel fundamental en la adquisición de las habilidades relacionadas como en este caso la rotación mental ya que estas ayudan en la obtención de experiencias y/o vivencias a los que se exponen los estudiantes durante su formación, ya que conllevan al aprendizaje generando que los fisioterapeutas en formación se desenvuelvan mucho mejor en sus campos de acción, ya que este método se ha convertido en una herramienta eficaz para el desarrollo de habilidades de diferentes tipos, beneficiando en muchas áreas como lo son el trabajo , el estudio, la lectura , generando también nuevas metodologías que los profesores pueden llegar a utilizar en la enseñanza en de sus estudiantes

El aprendizaje a través del software se ha convertido en una herramienta tecnológica eficaz, particularmente en estudiantes con diversas habilidades como la rotación mental. Autores como Lufler, Zumwalt, y colaboradores en el año 2012, demostraron que la capacidad visual-espacial preexistente de los estudiantes es un predictor confiable de su desempeño, como afirma ladoKopp y Rathmell que sugieren, que en lugar de utilizar evaluación de rotación mental solo para admisiones en las facultades, su evaluación debería utilizarse para identificar a los alumnos que pueden beneficiarse de la práctica adicional con diferentes tipos de experiencias de aprendizaje ya que como Lufler concluye la participación con estas herramientas tecnológicas aumenta la capacidad

visual-espacial de los estudiantes a largo plazo.(Jamil, Madhani, Cheema, & Fatima,2018).

Capítulo 6- Conclusiones

En los últimos años se ha demostrado que las ayudas tecnológicas son una parte fundamental en la educación superior, estas herramientas se han convertido en una necesidad en los procesos de aprendizaje. El diseño del software de rotación mental, permitirá contribuir de manera significativa al aumento considerable de la capacidad visual-espacial a largo plazo, además el uso de estas herramientas agrega un valor y complementación a las pedagogías que optimizan los procesos de aprendizaje.

La rotación mental es una herramienta muy utilizada en la actualidad debido a que esta actividad requiere un gran esfuerzo cognitivo, ocasionando que los estudiantes se concentren de una manera más adecuada, lo que fortalece el desarrollo de sus habilidades cognitivas para la evaluación y comprensión del movimiento corporal humano, proporcionando herramientas en la evolución de la rotación mental lo que optimiza el proceso de enseñanza – aprendizaje entorno a la comprensión del cuerpo y del análisis del movimiento corporal humano, fundamentado en el saber, saber hacer, saber estar y saber ser fisioterapeuta, habilitando u optimizando el análisis del movimiento desde diferentes perspectivas, y así mismo, el desarrollo del razonamiento espacial y temporal necesarios en el quehacer del fisioterapeuta como facilitador de movimiento

6.1. Cumplimiento de objetivos y aportes a líneas de investigación de grupo

En general se cumplió con los objetivos propuestos. Así mismo se logró generar productos de generación de nuevo conocimiento y apropiación social del conocimiento.

Así mismo en el Objetivo de desarrollo sostenible con el proyecto de Innovación se consiguió el desarrollo y optimización de herramientas tecnológicas actuales a través de

la primera versión de prueba del software en rotación mental, lo que favorecen los procesos de aprendizaje y formación de los fisioterapeutas.

También se aporta a línea de investigación de grupo de praxis profesional a través de la creación de herramientas técnicas y tecnológicas que respaldan y fortalecen la intervención fisioterapéutica, a partir de la evidencia científica.

La aplicabilidad de esta herramienta educativa brindará al programa de fisioterapia un fortalecimiento importante en los cursos teórico - prácticos y de preparación para las prácticas clínicas. Y así ser referente para otras instituciones de Fisioterapia, siendo pioneros en la investigación en este tipo de herramientas tecnológicas en programas de educación superior en profesionales de la salud como Fisioterapia en Colombia.

Se proyecta divulgación en el próximo Congreso Mundial de Fisioterapia que se desarrollara en abril 2021.

6.2. Producción asociada al proyecto

CAPITULO DE LIBRO: Evaluación de la imagen corporal en estudiantes de Fisioterapia y administración financiera: Estudio de casos. LIBRO: Conocimientos, investigación y prácticas en el campo de salud: Innovación y cambio en competencias profesionales. Capitulo No 107. Pp: 781-788. EDITORIAL: Asunivep. ISBN: 978_84-09-23750-0

CAPÍTULO DE LIBRO: Desempeño de la rotación mental durante la formación como fisioterapeutas. LIBRO: Conocimientos, investigación y prácticas en el campo de salud: Innovación y cambio en competencias profesionales. Capitulo No 104. Pp: 755-761. EDITORIAL: Asunivep. ISBN: 978-84-09-23750-0.

CAPITULO DE LIBRO: Influencia de las habilidades espacio- temporales en las competencias profesionales de los fisioterapeutas LIBRO: conocimientos, investigación y prácticas en el campo de la salud: innovación y cambio en competencias profesionales, Capítulo número 113 pp. 827-834 EDITORIAL Asunivep ISBN: 978-84-09-23750-0.

POSTER: La rotación mental como herramienta de evaluación del desarrollo de habilidades espaciotemporales en fisioterapeutas en formación: Descripción de tres casos. Congreso V encuentro de Investigación. Universidad Industrial de Santander. Facultad de salud. Escuela de Fisioterapia.

POSTER: Influencia de la percepción de la imagen corporal en el desarrollo de las competencias espaciotemporales en estudiantes de Fisioterapia. Congreso V encuentro de Investigación. Universidad Industrial de Santander. Facultad de salud. Escuela de Fisioterapia.

PONENCIA de Rotación mental en la Maestría de Actividad Física y deporte de la facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia y participación en el Congreso Mundial de la Fisioterapia (Espera de aprobación).

6.3. Líneas de trabajo futuras

Se considera que este proyecto de Innovación abre puertas a un nuevo campo en las Neurociencias desde la Fisioterapia, ya que a futuro permitirá evaluar las habilidades espaciotemporales que suponen una gran contribución para el fisioterapeuta en la comprensión de su objeto de estudio, el movimiento corporal humano.

A futuro esta investigación, da camino para ejecutar las siguientes fases del desarrollo del software a través de la aplicación de pruebas preliminares del software y la ejecución del diseño final como producto de esta versión de prueba del Software, para así mismo evaluar y analizar la transposición didáctica de los estudiantes y docentes en esta competencia espaciotemporal

Referencias

- Barrios, M. E. (2011). Software educativo: estrategias didácticas de educación ambiental para el aprendizaje significativo de estudiantes. *Educacion y Humanismo*, 13(21), 147-161.
- Calvo, M. (2006). *Introducción a la metodología didáctica: Formación profesional*. Ebook.
- Cantero, J., Saorín, J., Carbonell, C., Cossío, M., & Contero, M. (2012). Modelado 3D como herramienta educativa para el desarrollo de competencias de los nuevos grados de Bellas Artes. *Arte, Individuo y Sociedad*, 24, 179-193. doi:10.5209/rev_ARIS.2012.v24.n2.39025. .
- Cohen, C., & Hegarty, M. &. (2003). Spatial Ability in the Representation of Cross Sections. *Proceeding of the 25th Annual Conference of Cognitive Science Society*, 1333- 1334.
- Gerrit Hirschfeld, Meinald T. Thielsch, Boris Zernikow (2013). "Reliabilities of Mental Rotation Tasks: Limits to the Assessment of Individual Differences", *BioMed Research International*, vol. 2013, Article ID 340568, 7 pages. <https://doi.org/10.1155/2013/340568>
- Guillot, A., Champely, S., Batier, C., Thiriet, P., & Collet, C. (2007). Relationship between spatial abilities, mental rotation and functional anatomy learning, *Advances in Health Sciences Education*, 12(4), 491-507.
- Gutierrez, J. (2010). *Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito*. Universidad politécnica de Valencia. España: Tesis Doctoral.
- Jamil, Z., Saeed, AA, Madhani, S., Baig, S., Cheema, Z. y Fatima, SS (2018). El software de visualización tridimensional ayuda al aprendizaje en estudiantes con diversa inteligencia espacial en educación médica. *Educación en Ciencias*.
- Kinsey, B. (2003). Design of a CAD Integrated Physical Model Rotator. *Annual Conference & Exposition Engineering Education*, Online.
- Linn, M. &. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
- Melgosa, C. (2012). *Diseño y eficacia de un gestor web interactivo de aprendizaje en ingeniería gráfica para el desarrollo de la*. Universidad de Burgos. España: Tesis Doctoral.
- Newcomer, J., Raudebaugh, R., & McKell, E. &. (2003). Visualization, Freehand Drawing, Solid Modeling, and Design in Introductory Engineering Graphics. *Frontiers in Education Conference*, Online.

- Norena, M. D. (2009). *Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales*. Valencia: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- Patiño, F. (2019). *La Rotación Mental como herramienta para evaluar la influencia de la formación como fisioterapeutas en las competencias espaciotemporales*. Bogota: Reporsitorio Corporacion Universitaria Iberoamericana.
- Potter, C., & Van der Merwe, E. (2003). Perception, imagery, visualization and engineering graphics. *European Journal of Engineering Education*, 117-133.
- Sepúlveda, G. J., Suárez, G. A., Rodas, R. J., Ruiz, O. F., & Henao, H. M. (2018). Validación y aplicación de un test modificado de Vandenberg y Kuse de rotación mental para simetría molecular. *43*, 155-171.
- Sorby, S., Wysocki, A., & Baartmans, B. (2003). Introduction to 3D Spatial Visualization: an active approach. *Clifton Park*, 301- 307.
- Strong, S., & Smith, R. (2002). "Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics". *Journal of Industrial*, 18(1), 1-5.
- Sutton, K. H. (2007). Measuring 3D Understanding on the Web and in the Laboratory Behavior. *Research Methods*, 39(4), 926-939.
- Toth, AJ, Campbell, MJ. (2019). Investigating sex differences, cognitive effort, strategy, and performance on a computerised version of the mental rotations test via eye tracking. *Sci Rep* 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56041-6>
- Vergara, D., Rubio, P. M., & Rodriguez, R. (2018). Comprension espacial de vectores mediante recursos digitales interactivos. *Teaching and Learning Innovation Journal*, 1-6