

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil



METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES: CASO APLICADO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Lisette Abrahamzon Garcia

Código 20180007

Asesor

Ana Felicita Luna Torres

Co-Asesor

Katerina Paola Galantini Velarde

Lima – Perú

Setiembre de 2024



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Justificación	4
1.2 Alcance y limitaciones	5
1.3 Objetivos general y específicos	5
1.4 Hipótesis	6
2. ESTADO DEL ARTE	6
2.1 Aplicaciones de realidad aumentada en la enseñanza	6
2.2 Beneficios de la realidad aumentada en la educación profesional	6
2.3 Desarrollo de habilidades espaciales en alumnos de ingeniería civil	7
3. BASE TEÓRICA	7
3.1 Habilidades espaciales	7
3.2 Realidad aumentada	11
3.3 Enseñanza-aprendizaje en ingeniería civil	14
3.4 Definiciones	17
4. METODOLOGÍA	18
4.1 Enfoque, diseño y alcance de la investigación	18
4.2 Variables	18
4.3 Universo de la investigación	19
4.4 Tipo de muestreo	19
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información	19
4.6 Contexto	24
4.7 Métodos de recolección de datos	24
4.8 Procesamiento de datos	26
4.8.1 Construcción de hoja de cálculo para el procesamiento de datos	26
4.8.3 Inserción de datos obtenidos	27
4.8.4 Producción de gráficas	28
5. RESULTADOS	28
5.1 Resultados descriptivos	28
5.2 Resultados complementarios	31
6. DISCUSIÓN	35
7. CONCLUSIONES	36
8. TRABAJOS FUTUROS Y LIMITACIONES	37
9. REFERENCIAS	38
ANEXOS	44

Metodología de enseñanza-aprendizaje con realidad aumentada para el desarrollo de habilidades espaciales: Caso aplicado en estudiantes de ingeniería civil.

Lisette Abrahamzon García

20180007@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Resumen:

La ingeniería civil es una carrera cuya formación abarca conceptos abstractos y requiere de la manipulación mental de objetos en un espacio bidimensional y tridimensional. Las habilidades espaciales, que conforman un tipo de inteligencia, son aquellas que hacen posible dicha manipulación mental. Sin embargo, en el Perú es común que los métodos de enseñanza solo desarrollen las inteligencias lingüísticas y lógico-matemática, sin considerar la espacial, por lo que los alumnos presentan un bajo nivel de desarrollo de esta. Así, existe una dificultad por parte de los estudiantes de ingeniería civil para interpretar información 2D en 3D. En este contexto, la realidad aumentada (RA) es una herramienta útil para enfrentar la situación descrita anteriormente. Esta tecnología permite captar un entorno diseñado previamente a través de los sentidos. Por esto, la presente investigación busca proponer una metodología de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de las habilidades espaciales usando la *app* "VT-Platform AR", con miras a ser utilizada en los alumnos del curso de ingeniería sanitaria de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de Lima. El proyecto a analizar será el pabellón J estandarizado a partir de la norma ISO 12006. Con ello, se espera proveer una enseñanza didáctica e innovadora que permita desarrollar habilidades espaciales. Finalmente, se puso a prueba la *app* en el campus y se midió el nivel de entendimiento de los alumnos a través del Test de aptitudes diferenciales. Se logró mejorar las habilidades espaciales y comprensión en los alumnos de ingeniería sanitaria de la carrera de ingeniería civil en la Universidad de Lima en un 28.9%.

Palabras Clave: [Realidad aumentada, habilidades espaciales, metodología de enseñanza-aprendizaje, educación, ingeniería civil]

Abstract:

Civil engineering is a career whose training encompasses abstract concepts and requires the mental manipulation of objects in two- and three-dimensional space. Spatial skills, which make up a type of intelligence, are those that make such mental manipulation possible. However, in Peru it is common that teaching methods only develop linguistic and logical-mathematical intelligences, without considering spatial intelligence, so students have a low level of spatial development. Thus, there is a difficulty on the part of civil engineering students to interpret 2D information in 3D. In this context, augmented reality (AR) is a useful tool to address the situation described above. This technology allows capturing a previously designed environment through the senses. For this reason, the present research seeks to propose a teaching-learning methodology for the development of spatial skills using the *app* "VT-Platform AR", with a view to be used in students of the sanitary engineering course of the civil engineering career at the University of Lima. The project to be analyzed will be the J-pavilion standardized from the ISO 12006 standard. With this, it is expected to provide a didactic and innovative teaching that allows the development of spatial skills. Finally, the *app* will be tested on campus and the level of understanding of the students will be measured through the Differential Aptitude Test. It is expected to improve spatial skills and understanding in sanitary engineering students of the civil engineering career at the University of Lima by 28.9%.

Keywords: [Augmented reality, Spatial skills, Teaching-learning methodology, Education, Civil Engineering]

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de toda industria es evolucionar, y una de las maneras de lograr esto es formando mejores profesionales. Por ende, es imperativo analizar los métodos de enseñanza- aprendizaje en universidades. En el sector construcción, los métodos de enseñanza tradicionales se basan en analizar planos y modelos 2D, que pueden resultar confusos para jóvenes estudiantes por sus limitadas habilidades espaciales. Así, en busca de formar mejores profesionales y lograr el desarrollo del sector, se ha propuesto investigar sobre las habilidades espaciales de los alumnos de ingeniería civil y cuáles serían las alternativas para su desarrollo. El presente estudio busca definir cómo desarrollar y consolidar estas habilidades a través de la realidad aumentada, que corresponde a una tecnología de uso intuitivo que promoverá la motivación en los estudiantes. Para poder cumplir con el objetivo, la presente investigación está organizada en 8 capítulos. En el primer capítulo, se presenta el planteamiento del problema, se argumenta la justificación de la investigación y se determina el alcance y limitaciones de la misma. Posteriormente, se indican los objetivos, general y específicos, del presente estudio; y se formula la hipótesis.

En el segundo capítulo, se presentan los aspectos teóricos. Aquí, se exponen en un principio el estado del arte de la investigación que abarcan subtemas estrechamente relacionados con las variables de la investigación como las aplicaciones de la realidad aumentada en la enseñanza, los beneficios de la realidad aumentada en la educación profesional y el desarrollo de las habilidades espaciales en alumnos de ingeniería civil.

En el tercer capítulo, se explican las bases teóricas. La presente investigación gira alrededor de los ejes: habilidades espaciales, realidad aumentada y enseñanza-aprendizaje en ingeniería civil. En este acápite, respecto al primer eje, se despliegan los conceptos y componentes de las habilidades espaciales, los tipos de conductas relacionadas a las habilidades espaciales, pruebas de medición y las habilidades necesarias en los estudiantes de ingeniería civil. Respecto al segundo eje, se exhiben conceptos, componentes y tipos de la realidad aumentada, sus dispositivos de entrada, es decir, los dispositivos que permiten la interacción entre el usuario y la realidad aumentada, y las herramientas necesarias para generar la realidad aumentada. Luego, respecto al tercer eje, se presenta la definición y características de la enseñanza-aprendizaje tradicional y con realidad aumentada; después, se muestran algunas aplicaciones de realidad aumentada usadas en la educación y; por último, se colocan las definiciones de los términos más importantes.

En el cuarto capítulo, se describen los aspectos metodológicos. Inicialmente se expone el enfoque, diseño y alcance de la investigación. Luego, se identifican las variables independiente y dependiente de la investigación, junto a sus dimensiones. Además, se determina el universo, tipo y unidad de muestreo. A continuación, se describe el instrumento de recolección de información, es decir, el Test de aptitudes diferenciales que buscará medir los niveles del componente de visualización en la unidad de muestreo y se presenta la ficha técnica de dicho instrumento. Posteriormente, se presenta la descripción de la herramienta a usar en la investigación, es decir, la *app* “VT Platform AR” que buscará mejorar la visualización y comprensión en la unidad de muestreo. Finalmente, se exponen las técnicas e instrumentos de procesamiento de información.

En el quinto capítulo, se registran los resultados obtenidos en la investigación a partir de la aplicación del instrumento y herramienta propuesta.

En el sexto capítulo, se presenta la discusión de los resultados a partir de la discusión de hipótesis. Los hallazgos son explicados, analizados e interpretados a partir de la teoría previamente descrita.

En el séptimo capítulo, se exponen las conclusiones obtenidas a partir de lo obtenido en el capítulo anterior con el fin de corresponder a los objetivos planteados en la investigación.

En el octavo capítulo, se presentan las investigaciones futuras con el objetivo de, en un futuro cercano, lograr ampliar las habilidades espaciales en los alumnos de ingeniería civil y, por qué no, renovar las metodologías de enseñanza-aprendizaje.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ingeniero civil requiere de habilidades, actitudes y conocimientos para su desarrollo profesional. Por ejemplo, debe conocer acerca de los procesos constructivos, elementos de una edificación, diseño arquitectónico, cortes de sección y elevación, entre otros (Carcaño & Abad, 2004; Wang et al., 2020). Siendo así, el aprendizaje de estos conceptos es indispensable dentro del proceso formativo de los futuros ingenieros. Para su enseñanza, se recurre a dibujos simplificados que representan estos conceptos técnicos. Sin embargo, para los estudiantes de ingeniería, este método de transmisión de información es limitado por lo abundante de la información (Lin et al., 2018), y la diferente capacidad de comprensión de cada receptor, que no permite comunicar el mensaje original que se pretendía (Hill, 2016).

En efecto, es frecuente que el estudiante tenga problemas para entender la estructura de los elementos de una edificación a través de representaciones bidimensionales que suscitan un proceso cognitivo para interpretar tridimensionalmente la información, y para plantear un proceso constructivo (Díaz, 2020; Rodríguez, 2019). Además, existe poca capacidad para relacionar la realidad con la representación teórica usada en la enseñanza. Martínez & Morales (2018) ejemplifican y argumentan que muy pocos alumnos logran generar una imagen mental de términos de la disciplina, como por ejemplo un “separador (dado de concreto)” en el detalle constructivo de una zapata aislada.

La capacidad de generar una imagen mental en dos o tres dimensiones a partir de un estímulo visual es posible gracias a las habilidades espaciales (Vázquez & Noriega Biggio, 2010). La habilidad espacial es, en palabras simples, la facilidad que tiene una persona para manipular mentalmente los objetos y sus partes en un espacio bidimensional y tridimensional (Saorín et al., 2009). Los componentes de la habilidad espacial son: la percepción espacial, visualización espacial, rotación mental, relación mental y orientación espacial (McGee, 1979). La “visualización”, es decir la capacidad de manejar formas complejas, es el componente ligado a la ingeniería civil debido a su relación con la comunicación gráfica asociada al diseño (Devon et al., 1994). Además, permite crear imágenes para realizar tareas de ingeniería con mayor fluidez (Adanez & Velasco, 2002).

Por otra parte, teniendo en cuenta que es común usar materiales tradicionales como lápiz, papel, gráficos, videos y presentaciones en la enseñanza, lo cual es menos atractivo para los estudiantes, se debe adoptar una enseñanza mejorada con tecnología, porque aumenta la eficacia del proceso educativo y facilita a los profesores brindar una educación de alto nivel (Robinson et al., 2013). Es importante enseñar motivando a los estudiantes haciendo uso de técnicas vivenciales que les permita desenvolverse junto al profesor (Díaz, 2020). Por ejemplo, la realidad aumentada. En la misma línea, Sorby (2009) indica que el uso de la realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA) genera una enseñanza más evolucionada de las habilidades espaciales debido a que el uso de estas tecnologías implica coordinación visomotriz, es decir, trabajo visual y manual simultáneamente.

La realidad virtual pretende crear un mundo artificial en donde el usuario puede interactuar con elementos virtuales, mientras que la realidad aumentada complementa el mundo real estableciendo como fondo los objetos físicos del entorno del usuario y sobreponiendo información generada por ordenador (Höllner y Feiner, 2004). Según Olivencia & Martínez (2015), la realidad aumentada resulta una mejor herramienta que la realidad virtual en la enseñanza del área constructiva, debido a que no aísla al usuario completamente de la realidad, sino que añade información y enriquece el aprendizaje. Así lo evidencian Gómez et al. (2022), quienes a través de un entrenamiento basado en RA lograron mejorar los componentes de relaciones espaciales y visualización en el grupo experimental. Detectaron un incremento del 53% (pre entrenamiento) al 79% (post entrenamiento) en el número de aciertos en la prueba de medición. Por otro lado, la realidad aumentada proporciona un aprendizaje inmersivo, agradable y realista que permite crear entornos de aprendizaje que apoyan y promueven el aprendizaje inclusivo y colaborativo (Fidan & Tuncel, 2019). Asimismo, ayuda a romper las barreras de la educación formal y, mejora y promueve la educación de alta calidad, en cualquier lugar y en cualquier momento (Goff et al., 2018).

En este contexto, la presente investigación pretende proponer un método de enseñanza-aprendizaje que permita el desarrollo de las habilidades espaciales y facilite la comprensión de los estudiantes de ingeniería civil haciendo uso de tecnologías vivenciales como la realidad aumentada. Siguiendo esto, se buscará responder la pregunta: ***¿Cómo desarrollar y consolidar las habilidades espaciales en los alumnos de la carrera de ingeniería civil haciendo uso de realidad aumentada?***

1.1 Justificación

La novedad que provee la presente investigación es la aplicación de una herramienta de fácil acceso y uso por parte de los estudiantes, que les permita comprender la estructuración de los sistemas sanitarios. Se escogió esta especialidad porque, como fue demostrado en el estudio de Penadillo et al. (2014), la ingeniería sanitaria corresponde a la materia que mayor porcentaje de desaprobados presenta (76%). Por otro lado, se obtuvo que en el periodo académico 2022-1, el porcentaje de desaprobados en el curso de ingeniería sanitaria en la Universidad de Lima fue

de 76%. A partir de estos indicadores, es que el presente estudio pretende ser aplicado en el curso de ingeniería sanitaria.

Asimismo, se considera que el presente trabajo de investigación tiene una gran relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), pues busca proponer un método para desarrollar y consolidar las habilidades espaciales en alumnos de ingeniería civil para que estos potencien su forma de aprender y, en un futuro próximo, se desenvuelvan con éxito en el campo laboral y generen valor a la sociedad. Además, de manera particular se relaciona con el ODS 4: "Educación de calidad", porque la presente investigación trata el tema de las opciones tecnológicas que son vistas como apoyo o solución de enseñanza ante el nivel de desarrollo de habilidades espaciales presentes en estudiantes de la carrera de ingeniería civil y la poca comprensión de las materias. Asimismo, se considera que, a largo plazo, el presente trabajo de investigación aportará en alcanzar la meta 4.1 del ODS en cuestión, pues se busca brindar una enseñanza de calidad que permita un aprendizaje pertinente y efectivo. De igual manera, se espera ayudar a alcanzar la meta 4.3, pues se expone el tema de la realidad aumentada que constituye una herramienta inclusiva de formación, aplicable a los distintos niveles educativos sean técnicos o profesionales.

1.2 Alcance y limitaciones

La presente investigación corresponde a un estudio de las habilidades espaciales, y a partir de ahí, se plantea una propuesta de mejora al desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes del sexto nivel de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de Lima. Teniendo en cuenta que el público objetivo de la investigación son estudiantes universitarios, que están acostumbrados a hacer uso de la tecnología, se propone un enfoque tecnológico haciendo uso de realidad aumentada a través de una *app* que permita una fácil comprensión espacial de los elementos sanitarios. La investigación pretende proveer a los alumnos la posibilidad de tener a su alcance una herramienta didáctica e innovadora que facilite ampliar sus habilidades espaciales y potenciar su nivel de comprensión en el curso de Ingeniería Sanitaria.

La implementación se realizará en primer lugar cargando y configurando el modelo del edificio "J" de la Universidad de Lima en la *app* "VT-Platform AR" para posteriormente aplicarla en el aula experimental y realizar la medición con el Test que se describe en el acápite 4.5.1. en las aulas tanto experimental como de control correspondiente al periodo académico 2023-1. Además, el modelo estará estandarizado por la Norma 12006, con el fin de organizar de mejor manera la información.

Una de las limitaciones de la presente investigación está constituida por la implementación de la herramienta en una sola universidad, pues no se contó con el equipo humano necesario y el apoyo económico que este requiere. Por otra parte, sólo se tuvo la disponibilidad de implementar la herramienta en un ciclo y se descartó la posibilidad de realizar la experimentación sostenidamente para poder confirmar los resultados. Además, es necesario tener en cuenta que hubo una limitación económica en cuanto a la versión del *app*, pues se hizo uso de la versión libre de esta. Finalmente, sólo se contó con la disponibilidad de un salón de Ingeniería Sanitaria.

1.3 Objetivos general y específicos

OBJETIVO GENERAL:

- Proponer una metodología de enseñanza-aprendizaje con realidad aumentada para el desarrollo de habilidades espaciales en los alumnos de la carrera de ingeniería civil en la Universidad de Lima.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar las habilidades espaciales requeridas por los alumnos de ingeniería civil.
- Desarrollar una herramienta que desarrolle las habilidades espaciales de los alumnos del curso de ingeniería sanitaria en la Universidad de Lima.
- Aplicar la herramienta propuesta para el desarrollo de las habilidades espaciales en el curso de ingeniería sanitaria en la Universidad de Lima.

- Medir las habilidades espaciales después de la aplicación de la herramienta en los alumnos de ingeniería sanitaria en el grupo experimental y antes de la aplicación de la herramienta en el grupo de control.
- Comparar los resultados obtenidos entre el grupo de control y experimental al finalizar el periodo académico.
- Enumerar los beneficios del uso de RA en la enseñanza del curso de Ingeniería Sanitaria en la Universidad de Lima.

1.4 Hipótesis

Se espera que, luego de interactuar con herramientas de realidad aumentada relacionadas con el curso de Ingeniería Sanitaria de la carrera de ingeniería civil, los alumnos amplíen en al menos un 20% su capacidad espacial con respecto a quienes no la emplearon.

2. ESTADO DEL ARTE

En la literatura revisada sobre las habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería civil, generalmente se tiene como público objetivo alumnos de reciente ingreso a la universidad (3er nivel). Sin embargo, no se ha encontrado antecedentes en donde se estudien las habilidades espaciales en alumnos que cursen materias de mediados de carrera (6to nivel en adelante) como en el caso de la presente investigación, de manera que la revisión a continuación fue tomada como un punto de partida al tema presentado y se clasifica de acuerdo con las variables de la investigación.

2.1 Aplicaciones de realidad aumentada en la enseñanza

Existen algunas aplicaciones recientes que hacen uso de la realidad aumentada para diferentes fines como enseñanza de la ciencia, la geometría, la astronomía, la educación médica y sanitaria, la anatomía, entre otros (Lampropoulos et al., 2022). Una de ellas es el kit didáctico AR de Ismail et al. (2019), que es una plataforma con animaciones, juegos y videos explicativos que permiten relacionar la información teórica con la práctica (Ismail et al., 2018). Otra aplicación, es la de Coma et al. (2018) llamada *FI-AR Learning*, que es una plataforma web destinada a generar contenido educativo con realidad aumentada sin previo conocimiento de programación. Por otro lado, Kerr & Lawson (2020), crearon un prototipo llamado *Master of Time* que hace uso de realidad aumentada para educar a estudiantes de primer año, y sin conocimiento en diseño, sobre los principios fundamentales de la arquitectura paisajista. Por último, Fernández et al. (2020) produjeron *NitLabEduca's*, una aplicación móvil con tecnología de realidad aumentada para estudiar la médula espinal con una exploración interactiva de modelos giratorios 3D en escala macroscópica, contenido teórico detallado, animaciones y simulaciones sobre su fisiología.

Tanto el kit didáctico AR como *NitLabEduca's* ayudaron a mejorar la visualización de los estudiantes en tres dimensiones y su abstracción espacial. Por otro lado, los beneficios que aporta la *FI-AR Learning* en cuanto al aprendizaje aún no se pueden determinar, pues es una plataforma que puede ser usada para transmitir conocimiento en diferentes materias. Además, el *Master of time* proporcionó experiencias que permitieron a los alumnos entender el contenido de forma natural. De esta manera, los usuarios expresaron haber experimentado una especie de “desbloqueo de mentalidad paisajista”.

2.2 Beneficios de la realidad aumentada en la educación profesional

Varios autores en los últimos años proponen que la realidad aumentada trae consigo beneficios en la educación profesional. Por ejemplo, Han et al. (2022) propusieron que la realidad aumentada permite la integración natural del contenido de instrucción virtual en el entorno de trabajo real, puede proporcionar una variedad de señales visuales en las formas digitales de símbolos, textos, animación u objetos 3D, y que estas ventajas corresponden a la definición de “formación profesional” propuesta por Flippo (1984) y Paposá & Kumar (2019). Por otro lado, Tashko & Elena (2015), revelaron en un estudio que el uso de realidad aumentada mejora la visualización tridimensional en alumnos y genera una mejor comprensión del material. Por último, Nesterov et al. (2017) identifican como ventajas la eliminación de la brecha digital, la transmisión de información a un alumno por un canal mucho más amplio “animación+sonido”, corresponde a un proceso educativo atractivo para una generación nativa digital, disminuye el tiempo de formación, aumenta la calidad de la educación y, fortalece la parte práctica del proceso educativo, estimula a los estudiantes y, capta su interés y motiva su curiosidad.

2.3 Desarrollo de habilidades espaciales en alumnos de ingeniería civil.

Los estudios de Ospina & Lara (2022), mostraron que los estudiantes presentaban problemas de rotación: no saber rotar una figura dada, no poder seguir una secuencia de rotación por falta de memoria espacial y no retener mentalmente una figura totalmente rotada para compararla con soluciones dadas. Como solución, se hizo uso de un software realizado en Unity que comprendía dos “modos”: el primero era un “modo libre” en donde el estudiante podía realizar rotaciones a su gusto de un sólido 3D compuesto por bloques a 90° entre sí; y el segundo, un “modo cuestionario”, en donde el estudiante se enfrentaba a ejercicios en los que se les muestra el mismo sólido nombrado anteriormente y se les impone una secuencia de rotaciones que deben seguir, con el fin de seleccionar una de las cuatro opciones brindadas como solución al completar dicha secuencia. Gómez (2019) obtuvo que más de la mitad de los estudiantes presentaban un nivel bajo de habilidad espacial, específicamente en el componente de “visualización”. Como solución, se impartió el curso de geometría descriptiva con apoyo de archivos PDF en 3D, los cuales contenían modelos tridimensionales manipulables en tiempo real que permitieron al docente mover y girar los objetos en tiempo real, y a los estudiantes, relacionar el objeto y sus proyecciones para el mejor entendimiento de la tridimensionalidad de los gráficos bidimensionales.

Para el desarrollo de habilidades espaciales, Gómez et al. (2020) contrastaron los niveles de las habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería en una universidad de España y otra en Perú. En un primer momento, se obtuvo que los estudiantes peruanos presentaban un menor nivel de habilidad espacial antes del entrenamiento que sus colegas españoles. Sin embargo, a través de un curso breve de capacitación basado en RA, se generó un desarrollo efectivo en las habilidades espaciales, específicamente en la rotación mental, en los estudiantes españoles y peruanos en la misma medida. Además, se obtuvo que los estudiantes peruanos alcanzaron mayores diferencias entre los puntajes del pre-test y post-test, en cuanto a la “visualización espacial” que el grupo español. Por otra parte, en el contexto nacional, Gómez et al. (2022) realizaron un entrenamiento directo y de corta duración haciendo uso de realidad aumentada integrada a través de un libro didáctico de ejercicios prácticos, que mejoró en un 26% las habilidades espaciales que repercutió positivamente en el rendimiento académico de dichos alumnos en las materias de dibujo, física, cálculo y álgebra. Asimismo, Roca et al. (2017) realizaron un entrenamiento para alumnos de ingeniería, haciendo uso de un libro aumentado, el cual mejoró el desempeño del grupo experimental en 9.53 puntos en el post-test comparado con el pre-test. De igual manera, Martín et al. (2010) realizaron un entrenamiento basado en un libro con realidad aumentada para alumnos de la carrera de ingeniería en donde se obtuvo una mejora de 10.06 puntos.

De los estudios observados se puede concluir que la realidad aumentada ya está siendo aplicada en diferentes rubros como paisajismo y medicina, generando una variedad de beneficios como la posibilidad de entender el contenido de forma intuitiva. Es así que la aplicación de esta tecnología en el rubro de la educación se presenta de manera natural como aporte a la problemática del escaso desarrollo de las habilidades espaciales en alumnos de ingeniería civil y su comprensión en las materias. Además, se observa que el uso de *apps* es la manera idónea de presentar el contenido al usuario.

3. BASE TEÓRICA

En el presente capítulo, se van a detallar los términos relevantes a la investigación. Se abarcarán las definiciones desde las perspectivas de diferentes autores, los componentes, instrumentos y clasificaciones de las variables en cuestión, además del papel de estas en la enseñanza de la ingeniería civil.

3.1 Habilidades espaciales

3.1.1 Conceptos sobre las habilidades espaciales

Las habilidades espaciales no poseen una definición única. Así, diversos autores como los nombrados a continuación formulan diferentes perspectivas respecto a ellas. Dos de ellos son: Linn & Petersen (1985), quienes definieron la habilidad espacial como la facilidad de representar, generar, recordar y transformar información simbólica no lingüística. Por otro lado, Lohman (1996) definió la habilidad espacial como la facilidad mental de generar, retener, recuperar y transformar imágenes visuales bien estructuradas.

Sánchez & Reyes (2003) explicaron la habilidad espacial como la destreza para realizar tareas espaciales mentales que se desarrolla gracias al aprendizaje, al ejercicio y a la experiencia adquirida.

Saorín (2006) definió a la habilidad espacial como “La facilidad de mentalmente, rotar, manipular y girar objetos dibujados de dos y tres dimensiones” (p. 50). Además, también la define como la facilidad de realizar rotaciones y comparaciones de cubos bidimensionales y tridimensionales, por un lado, y la habilidad de reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras.

Parkinson & Cutts (2018) la relacionan con la comprensión que se tiene del espacio y los objetos, particularmente cómo permiten construir mentalmente representaciones internas de estructuras y manipularlas.

Tristancho et al. (2019) precisan la habilidad espacial como un componente de la inteligencia, ligada a la capacidad de formar una representación geométrica mental del mundo.

A partir de las definiciones descritas anteriormente, en el presente estudio se consideran las habilidades espaciales como la facultad de generar una imagen mental, realizar rotaciones, manipular esta imagen mental, y retener los cambios.

3.1.2 Componentes o factores de las habilidades espaciales

Autores como Ospina y Lara (2022), Gómez et al. (2022) y Gómez et al. (2020) referencian autores como Murphy (1936) quien reconoció dos componentes: La velocidad de coordinación viso motriz y la manipulación mental de las relaciones espaciales.

Por otro lado, Thurstone (1938) identificó un componente al cual llamaba "espacio", que representaba la capacidad de operar mentalmente con imágenes espaciales o visuales. Luego, Zimmerman (1953), actualizó el estudio de Thurstone y renombró el componente “espacio” de Thurstone llamándolo “relaciones espaciales”, pues consideró que este componente implicaba la manipulación mental de los objetos y las relaciones entre ellos. Además, agregó un segundo componente al cual llamó “visualización” y lo define como la facilidad de un sujeto de formar una imagen mental del objeto y luego manipularlo orientado a alguna posición. Por ejemplo, suponiendo que se le pide orientarse a un individuo que mira una casa rotada, este tiene dos opciones: si este tiende a alinearse con la casa, él estará "espacializando". En cambio, si este imagina la casa girada a la posición correcta, estará "visualizando".

Thurstone (1950) identificó tres componentes: el primero, representaba la capacidad de reconocer la identidad de un objeto cuando se veía desde diferentes ángulos; el segundo, representaba la capacidad de imaginar movimiento o desplazamiento interno entre las partes de una configuración total; y el tercero, fue identificado como la capacidad de pensar en aquellas relaciones espaciales en las que la orientación corporal del observador es parte esencial del problema.

French (1951) identificó el componente “visualización” y lo describió como la capacidad de manipular mentalmente objetos tridimensionales; y el componente “orientación” que lo describió como la capacidad de no confundirse con las distintas orientaciones en las que se puede representar un patrón espacial.

Guilford et al. (1952), realizaron un estudio que arrojó cinco componentes: relaciones espaciales, visualización, orientación espacial, exploración espacial y velocidad perceptiva. Los dos primeros componentes encontrados eran idénticos a los de Zimmerman (1953) y Thurstone (1938). Por otro lado, la orientación espacial la definían como la capacidad de apreciar las relaciones espaciales con referencia al cuerpo del observador; la exploración espacial la definen como el uso de la planificación para trazar visualmente una ruta correcta en una prueba como el "trazado de laberintos"; por último, la velocidad perceptiva la relacionan con la identificación rápida de una letra en un conjunto de diversas letras.

Linn & Petersen (1985) consideran como componentes la percepción espacial, la rotación mental y la visualización. Definen el primero como la facilidad de ubicarse, orientarse y hallar la referencia de la línea horizontal, además de requerir habilidades cinestésicas; el segundo lo definen como la facilidad del sujeto para girar mentalmente objetos bidimensionales o tridimensionales en bloque; y el tercero lo definen como la facultad de generar una imagen mental, efectuar transformaciones mentales y retener los cambios producidos.

Asimismo, Lohman (1996) reconoce 5 componentes: visualización, velocidad de rotación, velocidad de cierre, flexibilidad de cierre y velocidad de percepción. Estos fueron definidos por Carroll (1993) como se presenta a en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1
Componentes de las habilidades espaciales (Lohman, 1996) y sus definiciones (Carroll, 1993)

Factor	Definición
Visualización	Capacidad para manipular patrones visuales, considerando el nivel de dificultad y complejidad en el material de estímulo visual, sin tener en cuenta la velocidad de resolución de la tarea.
Velocidad de rotación	Velocidad en la manipulación de patrones visuales relativamente simples, por cualquier medio (rotación mental, transformación u otros).
Velocidad de cierre	Velocidad para captar e identificar un patrón visual, sin saber de antemano cuál es el patrón, cuando este está disfrazado u oscurecido.
Flexibilidad de cierre	Rapidez para encontrar, captar e identificar un patrón visual, sabiendo de antemano lo que se busca, cuando el patrón está disfrazado u oscurecido.
Velocidad de percepción	Velocidad para encontrar un patrón visual conocido, o para comparar con precisión uno o más patrones, en un campo visual donde los patrones no estén disfrazados u oscurecidos.

Fuente: Revisar Carroll (1993, p. 362-363) y Lohman (1996)

Finalmente, Saorín (2006) reconoce que la habilidad espacial tiene como componentes las relaciones espaciales y visión espacial. La primera la entiende como la facultad para realizar rotaciones y comparaciones de cubos bidimensionales y tridimensionales; y la segunda la entiende como la facultad para reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras.

A continuación, se presenta la Tabla 3.2, en donde se pueden observar los componentes que comparten los diferentes autores.

Tabla 3.2
Componentes comunes de los diferentes autores

	Murphy (1936)	Thurstone (1938)	Zimmerman (1953)	Thurstone (1950)	French (1951)	Guilford et al. (1952)	Linn y Petersen (1985)	Lohman (1996)	Saorín (2006)
Velocidad de coordinación viso motriz	X								
Relaciones espaciales	X		X	X	X	X			X
Componente "Espacio"		X							
Visualización o visión espacial			X	X	X	X	X	X	X
Orientación Espacial						X			
Exploración Espacial						X			
Percepción espacial y velocidad perceptiva						X	X	X	
Rotación mental y velocidad de rotación							X	X	
Velocidad de cierre								X	
Flexibilidad de cierre								X	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, autores como Zimmerman (1953), Thurstone (1950), French (1951), Guilford et al. (1952) y Saorín (2006), reconocen a las relaciones espaciales y la visualización como los componentes esenciales de las habilidades espaciales, que serán considerados como componentes definitivos en el presente estudio.

Por otra parte, es necesario recalcar que algunos autores consideran los componentes de las habilidades espaciales como una clasificación de estas; sin embargo, existe una clasificación de acuerdo a los tipos de conductas de una persona en relación a las habilidades espaciales que se describen a continuación.

3.1.3 Tipos de conductas de habilidades espaciales

Previc (1998), considera cuatro tipos de conductas espaciales: 1. tareas visomotoras, 2. tareas de búsqueda visual y reconocimiento de objetos, 3. tareas que implican la orientación corporal dentro de espacios topológicos y que tienen que ver con el recuerdo de lugares y acontecimientos específicos, y 4. conductas de orientación del cuerpo en un espacio gravitatorio, a fin de controlar la postura durante la locomoción.

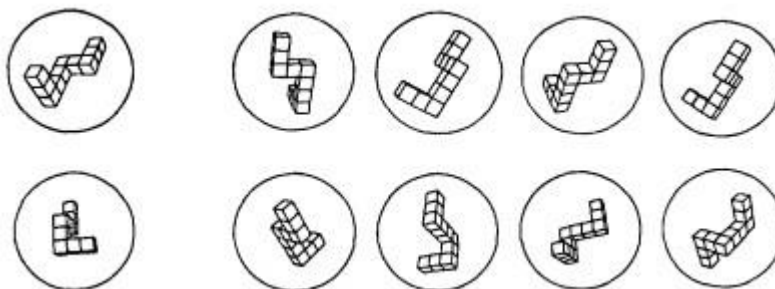
3.1.4 Pruebas de medición de habilidades espaciales a nivel pregrado

Existen diversos Tests que buscan medir la habilidad espacial a través de sus componentes. Los tests que buscan medir las relaciones espaciales son: el Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test (PMA-SR) (Thurstone, 1938), Cards Rotation Test (CRT) (Ekstrom et al., 1976), Mental Rotation Test (MRT) (Vandenberg & Kuse, 1978), Mental Cutting Test (MCT) (College Entrance Examination Board, 1939), Generis Mental Rotation Tasks (Voyer et al., 1995), Rotation of images (Duerman, 1971), Left or right hand identification (Duerman, 1971), Purdue Spatial Visualization Test (PSVT-R) (Guay, 1977), Rod-and-frame test (RFT) (Witkin y Asch, 1948) y The Water Level Test (WLT) (Piaget e Inhelder, 1956). Por otro lado, los autores que buscan medir la visión espacial son: Paper from Board (PFB) (Likert y Quasha, 1941), Differential Aptitude Test-Spatial Relations Subset (DAT-SR) (Bennett et al., 1947), Identical Blocks Test (IBT) (Stafford, 1961), The Block Design Subset of the Weschler Adult Intelligence Scale (Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981), Paper Folding (PF) (Ekstrom et al., 1976), Various adult and children's versión of the Embedded Figures Test (EFT and CEFT) (Witkin, 1950), Hidden Figures Test (HFT) (Ekstrom et al., 1976), Revised Minnesota Paper Form Board Test (RMPFB) (Likert & Quasha, 1995).

Sin embargo, según Saorín et al. (2009), en el ámbito de la ingeniería los más utilizados son: el Test de Rotación Mental o "MRT" (Ver Figura 3.1) (Vandenberg & Kuse, 1978), que consta de una figura criterio, dos alternativas correctas y dos incorrectas o "distractores". Las alternativas correctas siempre son idénticas al criterio en estructura, pero se muestran en una posición rotada, mientras que la incorrectas son imágenes rotadas de uno o dos de las figuras criterio de otro ejercicio; y el Test Relaciones Espaciales de la batería de Test de Aptitudes Diferenciales o "DAT -SR" (Ver Figura 3.2) (Bennett, Seashore & Wesman, 1947), en el cual se le proporciona al usuario una figura bidimensional y cuatro opciones de figuras tridimensionales. El usuario deberá conformar la figura tridimensional mentalmente a partir de la primera y elegir la opción que corresponda a esta.

Figura 3.1

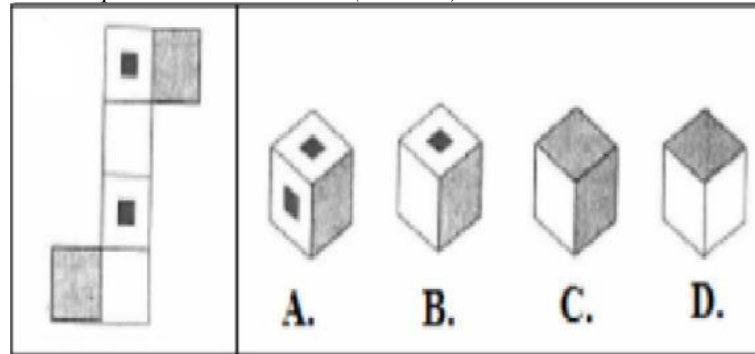
Mental Rotation Test (MRT)



Fuente: Vandenberg & Kuse, 1978

Figura 3.2

Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset (DAT-SR)



Fuente: Bennett et al. (1947)

En vista que el presente estudio será aplicado en estudiantes de ingeniería civil, resulta necesario identificar las habilidades espaciales pertinentes en los estudiantes de dicha profesión. Estas se explican a continuación:

3.1.5 Habilidades espaciales necesarias para el estudiante de ingeniería civil

Según Ferguson (1992), normalmente se relacionan de manera intuitiva las habilidades espaciales con la ingeniería. Los ingenieros, sean del área de mantenimiento, servicios, desarrollo, administración, entre otros, siempre van a tener que generar, interpretar o verificar dibujos, que en la mayoría de los casos representan elementos tridimensionales. Se hace necesario, por lo tanto, garantizar la adquisición de habilidades espaciales en estudiantes de pregrado (Bravo et al., 2013).

Además, el desarrollo de las habilidades espaciales resulta importante porque en el ámbito de la Ingeniería, los estudiantes necesitan imaginar objetos en diferentes orientaciones, manipular modelos tridimensionales, reconstruir mentalmente dibujos de dos a tres dimensiones, en papel o en programas de diseño asistido por ordenador. Por otro lado, el pensamiento espacial es esencial para el pensamiento científico, para representar y manipular información en el aprendizaje y en la resolución de problemas (Smith, 1964; McGee, 1979; Clements & Battista, 1992).

Las Órdenes del Boletín Oficial del Estado, que definen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habilitan el ejercicio de profesiones, disponen como habilidad básica a adquirir para los títulos de ingeniería, la capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador (Saorín et al., 2009).

3.2 Realidad aumentada

3.2.1 Conceptos sobre la realidad aumentada

Autores como Han et al. (2022), Yildiz (2021) y Vázquez & Noriega (2010) referencian autores como: Azuma (1997) quien define la RA como una variante de la realidad virtual en donde el usuario puede ver el mundo real mezclado con objetos virtuales superpuestos. De forma similar, Domínguez & Luque (2011) definen la realidad aumentada como un tipo de realidad virtual que estimula artificialmente los sentidos del usuario, mayormente la vista, ajustándose y superponiéndose a objetos del mundo real. Por otro lado, Milgram et al. (1995) y Drascic & Milgram (1996), lo definen como un tipo de realidad mixta que aumenta la retroalimentación natural para el usuario a través de señales simuladas por computador. Además, Milgram & Kishino (1994), consideran que es el "término medio" entre el entorno virtual (completamente sintético) y la telepresencia (completamente real). Finalmente, Höllerer & Feiner (2004) definieron la realidad aumentada como aquel sistema que combina información real y generada por ordenador en un entorno real, de forma interactiva en vivo, y alineando los objetos virtuales con los físicos.

A continuación, en la tabla 3.2, se organizan los puntos principales de cada concepto por categorías y se visualizan los puntos en común por autor.

Tabla 3.2
Organización por categorías y puntos en común por autor

	Concepto			Experiencia del usuario			Momento de transmisión	
	Variante de la realidad virtual	Tipo de realidad mixta	Término medio entre el entorno virtual y la telepresencia	Sistema integrador	Se visualiza la mezcla entre objetos virtuales superpuestos y la realidad	Estimulante artificial de sentidos (principalmente la vista) por señales de computador	Se alinean y ajustan los objetos virtuales	En vivo
Azuma (1997)	X				X			
Dominguez y Luque (2011)	X				X	X	X	
Milgram et al. (1995); Drascic y Milgram (1996)		X				X		X
Milgram & Kishino (1994)			X					
Höllerer y Feiner (2004)				X	X		X	X

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en la tabla anterior respecto al concepto de realidad aumentada, tanto Azuma (1997) como Dominguez y Luque (2011) concuerdan en que la realidad aumentada es una variante de la realidad virtual; además, estos mismos junto a Höllerer y Feiner (2004) concuerdan en que, con respecto a la experiencia del usuario con la realidad aumentada, este visualiza la mezcla de objetos virtuales superpuestos y la realidad.

3.2.2 Componentes

Según Höllerer & Feiner (2004), para que la realidad aumentada funcione es necesario los siguientes componentes:

- **Plataforma informática:** Esta permitirá generar y gestionar el material virtual que se superpondrá al entorno físico, procesar la información del rastreador y controlar la(s) pantalla(s) de realidad aumentada.
- **Pantallas:** Estas permitirán presentar al usuario el material virtual en el contexto del mundo físico. En el caso de la realidad aumentada, que generalmente estimula el sentido de la vista, estas pantallas pueden llevarse en la cabeza (visores), pueden ser pantallas móviles de mano (celulares) o pantallas integradas en el mundo físico.
- **Registro:** Es decir, alinear los elementos virtuales con los objetos físicos que reconoce. En el caso del registro visual y auditivo, puede hacerse siguiendo la posición y orientación que el usuario realiza y relacionando esa medida con un modelo del entorno, y/o haciendo que el ordenador "vea" y potencialmente interprete el entorno mediante cámaras y visión por ordenador. El seguimiento de la posición determina la ubicación del usuario, y el seguimiento de la orientación de la cabeza ayuda a averiguar el enfoque del usuario a través de sensores (dispositivo de entrada).

- Dispositivos de entrada e interacción vestibles: Estas permiten al usuario móvil trabajar con el mundo aumentado y aumentar aún más el mundo que le rodea. También, hacen posible que una persona se comunique y colabore con otros usuarios que hagan uso de sistemas de realidad aumentada móvil.
- Redes inalámbricas: Estas son necesarias para comunicarse con otras personas y ordenadores mientras el usuario se está moviendo.
- Tecnología de almacenamiento y acceso a los datos: El sistema móvil de realidad aumentada necesita obtener los datos sobre el entorno particular del usuario de algún lugar. Así, los repositorios de datos deben proporcionar información adecuada para el contexto actual del individuo itinerante. Lo que busca el usuario es cómo llegar a la información más relevante con el menor esfuerzo y cómo minimizar la sobrecarga de información.
- Modelado del entorno: Para poder lograr el componente “registro” es necesario que el ordenador cuente con un modelo con información específica del objeto que el usuario está visualizando y “sepa” dónde se encuentra este (Bell et al., 2001).

3.2.3 Tipos de realidad aumentada

Según Cadavieco et al. (2012), existen los siguientes tipos de realidad aumentada:

- Realidad aumentada basada en patrones de disparo (marker): Este tipo de realidad aumentada “reconoce” determinadas imágenes (markers) que activan el funcionamiento de una aplicación sobre esta misma. Los markers pueden ser un dibujo o imagen específica, código de barras o digital (Code o Semacode, QR Quick Response). Pueden ser desencadenantes de la imagen, video, texto, sonido y/o enlace a Internet, incorporado a la imagen captada.
- Realidad aumentada basada en Geo-localización: Este tipo de realidad aumentada ubica al usuario en cualquier lugar de la Tierra con exactitud a través del Sistema Global de Posición (GPS) en su dispositivo portátil.
- Realidad aumentada basada en la Interacción con Internet: Este tipo de realidad aumentada relaciona las imágenes captadas con similares presentes en bases de datos de Internet. El dispositivo busca los elementos de la imagen real y superpone la información complementaria de internet.

3.2.4 Instrumentos o dispositivos de entrada

Además, según Peddie (2017), una característica resaltante de la realidad aumentada es que los dispositivos tienen que “ver” lo que el usuario ve y para esto existen dos tipos de dispositivos los *wearable* (vestibles) y *non-wearable* (no vestibles):

3.2.4.1 Vestibles:

- Cascos: Un dispositivo se considera como casco cuando cubre las orejas del usuario, el total de la cabeza y la mayor parte de la cara.
- Lentes de contacto: Aún están en desarrollo y todavía no hay productos comerciales disponibles.
- Gafas inteligentes: Estos “observan” las pupilas de una persona con cámaras diminutas para determinar hacia dónde se dirige la mirada de esa persona. Los inconvenientes son el equipo adicional que hay que incorporar a las gafas, la fragilidad de la tecnología (el rastreador debe calibrarse y las cámaras deben estar fijas con respecto al ojo) y la abrumadora cantidad de movimientos oculares involuntarios que hay que clasificar correctamente como tales (Höllerer & Feiner, 2004).
- Auriculares
- Guantes: Este dispositivo utiliza diversas tecnologías como almohadillas de contacto eléctrico, sensores de flexión, acelerómetros e incluso mecanismos de retroalimentación de fuerza. Además, pueden reconocer los gestos de la mano, pero tienen el inconveniente de parecer incómodos e impedir el uso de las manos en actividades del mundo real (Höllerer & Feiner, 2004).

- **Sensores:** El usuario deberá llevar estos sensores en alguna prenda para que sea posible determinar la ubicación de un usuario con el seguimiento de su posición y determinar el rango de vista del usuario con el seguimiento de la orientación de su cabeza. Otros sensores también pueden recoger información sobre el estado del usuario son los dispositivos biométricos que miden la frecuencia cardíaca y las señales bioeléctricas, como la respuesta galvánica de la piel, el electroencefalograma (actividad neuronal) o los datos del electromiograma (actividad muscular) (Höllerer & Feiner, 2004).

3.2.4.2 No vestibles

- **Dispositivos móviles:** Celulares inteligentes, tabletas y ordenadores portátiles.
- **Dispositivos fijos:** Televisores, proyectores y PC de escritorio.
- **Head-up Displays o pantallas montadas en la cabeza:** Se ha considerado así a los sistemas complementarios o de reequipamiento.

3.2.5 Herramientas

Revit®: Es un software para diseñadores, constructores y emprendedores, desarrollado por la compañía Autodesk®, que sirve para modelar formas, estructuras y sistemas en 3D con exactitud paramétrica, precisión y facilidad; agilizar el trabajo de documentación con revisiones instantáneas de planos, elevaciones, planificaciones y secciones a medida que cambian los proyectos, y proporciona a equipos multidisciplinares las herramientas especializadas y el entorno de proyecto unificado que necesitan. (Autodesk, s.f.)

VT-Platform AR: Es una plataforma web desarrollada por VT-Lab, que permite visualizar, interactuar y trabajar con modelos BIM en Realidad Aumentada y Realidad Virtual automáticamente, de forma natural e intuitiva, desde cualquier lugar. Además, cuenta con una *app* móvil compatible con Android y iOS que permite visualizar tu modelo cargado previamente. (VT-Lab, 2021)

3.3 Enseñanza-aprendizaje en ingeniería civil

3.3.1 Enseñanza-aprendizaje tradicional

Según Bravo et al. (2013), es común que se utilice una enseñanza pasiva en las asignaturas, donde los alumnos se limitan a observar explicaciones y demostraciones del profesor haciendo uso de herramientas primitivas como marcadores, tiza, papel, lápiz y/o modelos sólidos. Por ende, proporciona poca interacción de los estudiantes con los objetos y las operaciones para rotar los objetos y poder visualizarlos desde distintos puntos de vista. Además, esta metodología de enseñanza lleva a que los alumnos aprendan de memoria un conjunto de reglas para realizar las representaciones, en lugar de proveer una adquisición y conceptualización del conocimiento.

Además, se suele ubicar al docente como protagonista en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues éste es quien entrega instrucción directa (o estímulo), con la finalidad de generar una respuesta única de manera masiva. Asimismo, este estilo genera respuestas motrices colectivas por sobre las individualizadas (Delgado, 1991).

Por otro lado, es común que el docente se esfuerce por impartir contenidos predispuestos en un currículo que no siempre tienen relación y que igualmente deben ser asimilados por los estudiantes, mientras que los estudiantes se esfuerzan por captar los contenidos no para generar conocimientos útiles sino como elementos que les permitirán cumplir con los deberes para aprobar el curso o especialmente en pro de una calificación, aprobar el semestre, o un reconocimiento académico, que lo envuelve en un círculo vicioso de presión psicosocial de “fracaso” o “éxito” (Ordaz González & Britt Mostue, 2018).

Según Ortiz (2013), la enseñanza tradicional se sustenta en el modelo comunicativo monológico o transmisor, basada en la dinámica emisor (profesor)-receptor (alumno), y tiene como características las que se enlistan en el acápite 3.3.1.1.

Según Gargallo et al. (2011), la enseñanza tradicional utiliza como método exclusivo, la lección magistral y la exposición del profesor. Así, existe poca interacción profesor-alumnos, quienes se limitan generalmente a escuchar y copiar. La interacción del profesor con los alumnos es unidireccional: el

profesor explica, pone buenos ejemplos, etc. para que los estudiantes comprendan la materia. Por otro lado, cuando es bidireccional, se trata de mantener la atención del estudiante y a facilitar su comprensión de la materia a través de la respuesta a dudas que plantee el estudiante. Suele faltar el feed-back necesario respecto a la comprensión de la materia por los estudiantes

A partir de Ortiz (2013) y Gargallo et al. (2011) las características son:

- Absolutización del aspecto externo.
- Estandarización (La enseñanza se entiende solo como transmisión de conocimientos).
- Métodos directivos y autoritarios (La enseñanza depende solo del profesor).
- Ejecutor de directivas preestablecidas.
- Limitación de la individualidad y creatividad.
- Autoritario, rígido, controlador.
- Sujeto pasivo, reproductor del conocimiento (El estudiante debe adquirir conocimientos).
- Poca iniciativa, inseguridad, escaso interés personal.
- No implicado en el proceso.

3.3.2 Enseñanza-aprendizaje con realidad aumentada

Según el estudio de Figueiredo et al. (2014), la enseñanza con RA proporciona a los estudiantes una mejor percepción de los modelos y mejora sus bocetos en vistas ortográficas 2D.

Además, según Cubillo et al. (2014), Radu (2014), Han et al. (2015) y Akçayır, & Akçayır (2017), la enseñanza con RA enriquece la información de la realidad para hacerla más comprensible, puede ser utilizada en los diferentes niveles de enseñanza, en diferentes asignaturas y disciplinas, y enriquece los materiales impresos con información adicional en diferentes soportes.

A partir de Yildiz (2021), Cubillo et al. (2014), Radu (2014), Han et al. (2015) y Akçayır, & Akçayır (2017), las características de la enseñanza-aprendizaje con realidad aumentada son:

- Entorno de aprendizaje más flexible e interesante, aprendizaje omnipresente.
- Aumento de disposición y motivación para aprender, entornos motivantes.
- Dinámica activa durante los procesos de aprendizaje.
- Promueve el aprendizaje en colaboración y desvinculado al aprendizaje en el aula.
- Crea escenarios “artificiales” seguros para los estudiantes como pueden ser laboratorios o simuladores donde puedan realizar sus prácticas de enseñanza.
- Presenta exclusivamente la información relevante al estudiante y elimina la que pueda entorpecer su adquisición de conocimiento.
- Permite al estudiante observar un objeto desde diferentes puntos de vista según la posición que lo requiera.

A continuación, en la tabla 3.3 se presentan las diferencias de las características de las Enseñanzas-Aprendizaje tradicional y con realidad aumentada de forma categorizada:

Tabla 3.3*Organización por categorías de las características de los tipos de Enseñanza-Aprendizaje*

	Enseñanza-Aprendizaje tradicional		Enseñanza-Aprendizaje con realidad aumentada	
	Ortiz (2013)	Gargallo et al., (2011)	Yildiz, E. P. (2021),	Cubillo et al. (2014), Radu (2014), Han et al. (2015) y Akçayır, & Akçayır (2017).
Concepción de la enseñanza	<ul style="list-style-type: none"> ● Absolutización del aspecto externo ● Estandarización. ● Métodos directivos y autoritarios. 	<ul style="list-style-type: none"> ● La enseñanza se entiende como transmisión de conocimientos operada por el profesor, que es el que sabe. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dinámica activa durante los procesos de aprendizaje ● Promueve el aprendizaje en colaboración ● Entorno de aprendizaje más flexible e interesante 	<ul style="list-style-type: none"> ● Potencia el aprendizaje ubicuo ● Crea escenarios formativos altamente motivantes para los estudiantes ● Favorece el desarrollo del aprendizaje descontextualizado y activo ● Crea escenarios “artificiales” seguros para los estudiantes, como pueden ser laboratorios o simuladores donde puedan realizar sus prácticas de enseñanza ● Puede mejorar el procesamiento divergente o pensamiento creativo
Concepción del rol del docente	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejecutor de directivas preestablecidas. ● Limitación de la individualidad y creatividad ● Autoritario, rígido, controlador 	<ul style="list-style-type: none"> ● El profesor debe dominar la materia, estar al día y explicar bien, facilitando su comprensión a los alumnos. 	-	-
Concepción del rol del estudiante	<ul style="list-style-type: none"> ● Sujeto pasivo, reproductor del conocimiento. ● Poca iniciativa, inseguridad, escaso interés personal. ● No implicado en el proceso 	<ul style="list-style-type: none"> ● El estudiante debe adquirir o incrementar sus conocimientos, los cuales utilizará en la propia disciplina y, en todo caso, en el futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aumento de disposición y motivación para aprender 	<ul style="list-style-type: none"> ● Presenta exclusivamente la información relevante al estudiante y elimina la que pueda entorpecer su adquisición de conocimiento ● Permite al estudiante observar un objeto desde diferentes puntos de vista según la posición que lo requiera ● Sujeto no pierde la contextualización, permanece en el mundo real. ● Propicia que los estudiantes se conviertan en productores de objetos de aprendizaje en RA

Fuente: Elaboración propia

Como se puede visualizar en la tabla anterior, respecto a la enseñanza-aprendizaje tradicional autores como Ortiz (2013) y Gargallo et al. (2011) categorizan este modelo de enseñanza en tres secciones: concepción de la enseñanza, concepción del rol del docente, concepción del rol del estudiante, en donde los puntos más resaltantes

son: a) métodos directos y autoritarios basados solo en la transmisión de conocimientos, b) limitación de la creatividad, c) estudiante pasivo con poca iniciativa e inseguridad. Por otro lado, respecto a la Enseñanza-Aprendizaje con realidad aumentada, es curioso observar que tanto Yildiz (2021) como Cubillo et al. (2014), Radu (2014), Han et al. (2015) y Akçayır & Akçayır (2017) no definen puntos claros respecto a la concepción del rol de docente, sino que centran su atención en la concepción de la enseñanza y el rol del estudiante.

3.3.3 Aplicaciones de RA en educación

- **Augment 3B:** Es una *app* móvil basada en ARCore para visualizar modelos 3D en Realidad Aumentada, integrados en tiempo real en su tamaño y entorno real. Según Balak y Kısa (2016), los estudiantes entienden y adoptan la tecnología de Realidad Aumentada, que es una herramienta educativa moderna, y esta tecnología aumenta su interés en la enseñanza del dibujo técnico.
- **Google Translate:** Según Google, la aplicación Translate cuenta con traducciones de realidad aumentada basadas en Word Lens para 30 idiomas. Así, con su aplicación de traducción móvil, Google ofrece traducción instantánea con cámara (Yildiz, 2021).
- **SketchAR:** Es una aplicación de dibujo que facilita el aprendizaje y mejora de habilidades de artistas visuales con alrededor de 8 millones de creadores afiliados. Además, permite que los artistas creen sus obras y las vendan desde la misma aplicación (Drovitko & Danilin, 2017).
- **Blippar:** Es una aplicación móvil que hace uso de la realidad aumentada, la inteligencia artificial y la visión por ordenador para ofrecerte información sobre lo que encuentras a tu alrededor. Sus algoritmos de reconocimiento de imágenes descubren qué objetos son y aportan la información pertinente (Yildiz, 2021).
- **Aurasma:** Es una herramienta web 2.0 que hace uso de realidad aumentada para crear gratuitamente materiales interactivos de realidad virtual. Así, es posible utilizar esta herramienta para crear pizarras animadas e interactivas, preparar apuntes de clase o folletos interactivos, presentar de forma interactiva álbumes o detalles sobre actividades como proyectos de observación y experimentos (Yildiz, 2021).

3.4 Definiciones

- **Realidad aumentada (RA):** Sistema que combina información real y generada por ordenador en un entorno real, de forma interactiva en vivo, y alineando los objetos virtuales con los físicos (Höllner y Feiner, 2004).
- **Relaciones espaciales:** Habilidad de realizar rotaciones y comparaciones de cubos bidimensionales y tridimensionales (Saorín, 2006).
- **Visualización:** Componente que consiste en generar una imagen mental, efectuar procesos mentales y retener los cambios producidos (Linn y Petersen, 1985).
- **Transformaciones mentales:** Son procesos complejos que pueden darse por síntesis (como en el armado de rompecabezas), por movimiento o por desarrollo de superficies, lo que requiere imaginar plegamientos en dos o tres dimensiones, a partir de un estímulo visual, o reconocer si otros objetos - estímulo corresponden (son los mismos que) al dado como referente (Lohman, 1985).
- **Realidad virtual (RV):** Es la simulación de un ambiente real o imaginario que puede ser experimentado en tres dimensiones, proporcionando una experiencia interactiva completa en tiempo real con video, sonido e incluso retroalimentación táctil (Olguin, Rivera, & Hernández Montañez, 2006).
- **Realidad mixta (RM):** Es la tecnología que se encuentra entre los dos extremos del continuo de virtualidad, entre el mundo real y el virtual (Milgram y Kishino, 1994).

4. METODOLOGÍA

4.1 Enfoque, diseño y alcance de la investigación

La presente investigación posee un enfoque de tipo cuantitativo, pues utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández et al., 2014).

Según Fleiss et al. (como se citó en Sampieri et al., 2014) el diseño de investigación experimental se presenta en aquellos estudios en los que el investigador manipula intencionalmente una o más variables independientes para analizar los efectos de esta manipulación dentro de una situación de control para el investigador, por ende, la presente investigación corresponde a este tipo de diseño de investigación.

Los estudios descriptivos tienen como finalidad especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernández et al., 2014). Por ende, en el presente estudio el alcance corresponde al de un estudio descriptivo porque se pretende detallar cómo se afectan las habilidades espaciales aplicando la herramienta con realidad aumentada.

4.2 Variables

4.2.1 Variable independiente

Las variables independientes son aquellos tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones que se manipulan experimentalmente (Hernández et al., 2014). En este caso, la variable independiente sería la realidad aumentada.

4.2.1.1 Dimensiones de la variable independiente:

Según lo visto en el acápite 3.2.2, las dimensiones de la variable independiente serían (Höllerer y Feiner, 2004):

- Plataforma informática
- Dispositivos de entrada
- Modelado del entorno
- Tecnología de almacenamiento y acceso de datos

4.2.2 Variable dependiente

Las variables dependientes son aquellas que se medirán para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene sobre ella (Hernández et al., 2014). En este caso, la variable dependiente serían las habilidades espaciales.

4.2.2.1 Dimensiones de la variable dependiente

De acuerdo a lo planteado por Saorín et al. (2009), las dimensiones de la variable dependiente serían: Relaciones espaciales y Visualización. A continuación, en la tabla 4.1 se organizan las dimensiones, sus indicadores e ítems correspondientes.

Tabla 4.1

Dimensiones de las variables, indicadores e ítems correspondientes.

Tipo de variable	Nombre	Dimensiones	Indicadores	Items
V. Independiente	Realidad aumentada	Plataforma informática	Rendimiento	
		Dispositivos de entrada	Estabilidad de <i>app</i>	
		Modelado del entorno	Comodidad del usuario	
		Tecnología de almacenamiento y acceso de datos	Navegación	
V. Dependiente	Habilidades espaciales	Relaciones espaciales	Calidad del entorno visual	
		Visualización	Estructura y organización de la <i>app</i>	
			Coherencia de la información con el curso	
			Información relevante	
				1-50

Fuente: Elaboración propia

4.3 Universo de la investigación

Estudiantes del curso de Ingeniería Sanitaria pertenecientes al sexto ciclo, sección 601 de la Universidad de Lima.

4.4 Tipo de muestreo

El tipo de muestreo utilizado en el presente estudio es el de muestreo estratificado, pues del salón original de Ingeniería Sanitaria se dividen dos estratos o subgrupos homogéneos. Luego, se selecciona una muestra aleatoria de cada uno de los estratos generados anteriormente.

4.4.1 Unidad de muestreo

Un estudiante del curso de Ingeniería Sanitaria de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de Lima

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información

4.5.1 Test de aptitudes diferenciales

4.5.1.1 Descripción del instrumento

El Test de aptitudes diferenciales (DAT) es un conjunto de tests que se utiliza para cuantificar la capacidad de una persona en las áreas de razonamiento verbal, razonamiento numérico, razonamiento abstracto, razonamiento mecánico, relaciones espaciales, ortografía y oraciones (gramática y redacción), rapidez y precisión perceptiva. Presenta dos niveles de dificultad creciente: El nivel 1, aplicable desde los doce a dieciséis años (nivel secundario estudiantil); y el nivel 2, aplicable para ciclos formativos de grado superior y adultos (Pearson Clinical Assessment España, 2022).

El presente estudio, se centrará en la sección de relaciones espaciales del test, pues, como la visualización requiere de la manipulación de información compleja y es el más relacionado con la ingeniería (Devon et al., 1994), se usará un instrumento que mida este componente.

Esta sección del test mide la destreza de visualización espacial a través de la creación de imágenes mentales en 3D a partir del despliegue en dos dimensiones. Consta de 50 figuras mostradas a la izquierda (despliegue en 2D), y cuatro alternativas mostradas a la derecha (modelos 3D), donde solo 1 figura de la derecha corresponderá con la alternativa correcta (Figura 2). Cada respuesta correcta equivale a un punto, siendo así 50 puntos el máximo puntaje (Bennett et al. 1947).

Finalmente, en el Anexo 2 se muestra el test a utilizar.

4.5.1.2 Ficha técnica

Con el fin de conocer de manera más detallada las características del test a usar, a continuación, se presenta en la tabla 4.2 la ficha técnica de dicho test.

Tabla 4.2

Ficha técnica del test de aptitudes diferenciales

Nombre	The differential aptitude test (Test de aptitudes diferenciales)
Origen	New York, E.E.U.U
Año	1947
Autores	- George K. Bennett - Harold G. Seashore - Alexander G. Wesman
Propósito	Proporcionar un procedimiento integrado y bien estandarizado para medir las capacidades en diferentes áreas de los chicos y chicas en la escuela secundaria y superior, y que arroja puntuaciones interpretables.

Se clasifican de acuerdo a la sección de la prueba y al género del participante:

Confiabilidad	<ol style="list-style-type: none"> 1) Varones: <ol style="list-style-type: none"> a. Razonamiento verbal: 0.9 b. Habilidades numéricas: 0.9 c. Razonamiento abstracto: 0.9 d. Relaciones espaciales: 0.93 e. Razonamiento mecánico: 0.85 f. Rapidez y precisión perceptiva: 0.87 g. Uso del lenguaje-ortografía: 0.92 h. Uso del lenguaje- oraciones: 0.88 2) Mujeres: <ol style="list-style-type: none"> a. Razonamiento verbal: 0.9 b. Habilidades numéricas: 0.86 c. Razonamiento abstracto: 0.89 d. Relaciones espaciales: 0.9 e. Razonamiento mecánico: 0.71 f. Rapidez y precisión perceptiva: 0.87 g. Uso del lenguaje-ortografía: 0.92 h. Uso del lenguaje- oraciones: 0.87
---------------	---

Validez	<ol style="list-style-type: none"> 1) Predicción de las calificaciones del curso. 2) Cursos separados: con calificaciones reportadas uno o más términos después de la prueba. 3) Un estudio longitudinal: validación en un sistema escolar correlacionando las puntuaciones de las pruebas con el rendimiento en los cursos año a año durante cuatro años. 4) En los colegios: aunque no es de gran alcance, los resultados son valiosos para los consejeros de los estudiantes de duodécimo grado y de los estudiantes universitarios de primer año. 5) Predicción de los resultados de las pruebas de rendimiento. 6) Predicción de los resultados de las pruebas de acceso a la universidad. 7) Predicción del éxito profesional y educativo: dos estudios de seguimiento de estudiantes en sus carreras educativas y profesionales posteriores a la escuela secundaria.
---------	--

Es una batería de 8 pruebas que abarcan diferentes áreas:

Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1) Razonamiento verbal 2) Habilidades numéricas 3) Razonamiento abstracto 4) Relaciones espaciales 5) Razonamiento mecánico 6) Rapidez y precisión perceptiva 7) Uso del lenguaje: Ortografía y oraciones
-------------	---

Público objetivo	Jóvenes de nivel formativo secundario y superior.
------------------	---

Aplicación	Individual y colectivo
Tipo de pregunta	Cerrada
Tiempo de aplicación	3: 06 hrs (Test completo: instrucciones previas, aplicación y corrección.)

Fuente: Elaboración propia

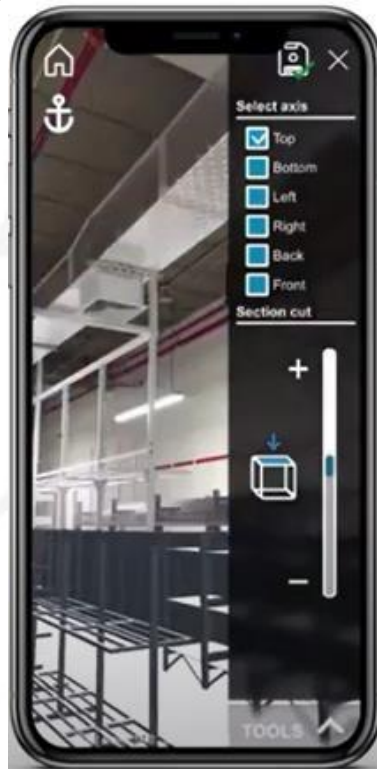
4.5.2 App de realidad aumentada

4.5.2.1 Descripción de la herramienta

La herramienta “*VT-Platform AR*” es una *app* móvil en la que el usuario podrá visualizar los sistemas sanitarios (agua y desagüe) del pabellón J de la Universidad de Lima con el valor agregado de poder obtener información instantánea de los elementos y comprender de una manera más intuitiva el funcionamiento de estos sistemas. A continuación, se adjunta una imagen referencial de la herramienta.

Figura 4.1

Imagen referencial de la *app* *VT-Platform AR*



Fuente: Canal de youtube VT-Lab (2022).

4.5.2.2 Ficha técnica de la herramienta

Tabla 4.3

Ficha técnica del *App* *VT-Platform AR*

Nombre	VT-Platform AR
Origen	Madrid, España
Año	2021
Autores	-

Descripción y propósito	Es una plataforma web que te permite visualizar y trabajar con modelos BIM en Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR) de forma fácil. Además, busca fortalecer la comunicación campo-oficina.
Público objetivo	Stakeholders
Aplicación de la herramienta	<p>La aplicación puede emplearse en las siguientes áreas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Diseño y planificación 2) Ejecución en obra 3) Fabricación y distribución 4) Operación y mantenimiento 5) Construcción industrializada

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.3 Validez de la herramienta

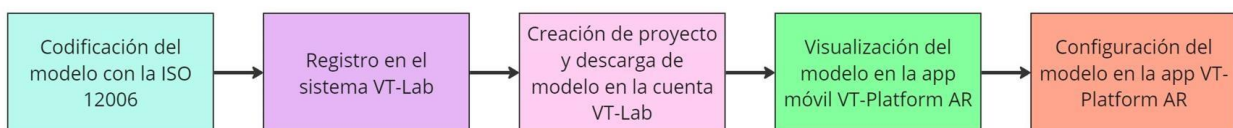
La *app VT- Platform AR* no ha sido utilizada en investigaciones. Sin embargo, ha sido utilizada en diversos proyectos españoles aportando así en la visualización y gestión de información de una planta petroquímica y un hospital sea en campo u oficina, el diseño y posterior presentación al cliente de una procesadora de alimentos, ayudando en la toma de decisiones y la correcta ejecución en un centro comercial, entre otros. Además, la *VT- Platform AR* cuenta con el aval de empresas reconocidas como Cepsa, Saint-Gobain, Ferrovial S.A, Engie energía, ABN Pipe Systems, MAD4BIM, Fomento de construcciones y contratas S.A (FCC), COMSA Corporación de Infraestructuras, S.L, INEXO S.A., FULCRUM, PreZero y Centro de Estudios de Materiales y Control de Obra, S.A. (CEMOSA). Por otro lado, cuenta con el apoyo de comunidades como BuildingSmart International, BIM & Co, bimchannel, Bimética, Plataforma tecnológica española de construcción, Metaverse Standards Forum, Wayra e Inmersiva XR. Se debe tener en cuenta que no se cuenta con información detallada acerca de los proyectos, pues la aplicación utiliza data privada y sensible de estos. (VT-Lab, 2022)

4.5.2.4 Configuración de la herramienta

Para la configuración de la herramienta se debe tener en cuenta que al realizar el presente estudio ya se contaba con el modelo en Revit de la arquitectura, estructuras e instalaciones sanitarias del pabellón J de la Universidad de Lima; sin embargo, no se encontraba estandarizado con la ISO 12006. Por esto, para configurar la *app* se siguen los pasos mostrados en la Figura 4.2

Figura 4.2

Flujograma para la configuración de la herramienta (App con RA)



Fuente: Elaboración propia

4.5.2.4.1 Codificación del modelo con la ISO 12006

Tomando de referencia la propuesta desarrollada por Gomero & Sarmiento (2023), se siguieron los pasos descritos a continuación:

- 1) En primer lugar, se identificó el código y clase propuestos por la norma ISO 12006 para los objetos que se desean clasificar, en este caso, las Instalaciones Sanitarias.
- 2) Luego, se creó una tabla en Excel con los elementos del modelo a clasificar. En la primera columna de la hoja de Excel se colocó los códigos de los elementos (en este caso se usarán los códigos de la norma, pero se puede adicionar un código personalizado); en la segunda, se colocó las descripciones de dichos códigos; y, en la tercera columna, se colocarán la subclasificación del código actual.

- 3) Posteriormente, ya en Revit, se debe dirigir a la pestaña Anotar (Annotate), se despliegan las opciones de Nota clave (Keynote) y dirigirse a Configuración de creación de notas clave (Keynoting settings). Luego, se debe dirigir a Examinar (Browse) y seleccionar el archivo del Sistema de Clasificación. Para esto, es importante asegurarse de que el Método de numeración (Numbering method) sea Por nota clave (Keynote).
- 4) Luego, como la Nota clave (Keynote) es un parámetro de tipo, se debe seleccionar elemento, ir a Editar Tipo (Edit Type) y ubicar Datos de identidad (Identity Data), donde se observa la opción Nota clave (Keynote). En este ejemplo, se asigna la clasificación a un objeto, Módulo básico compacto de mecánica de fluidos, cuyo valor de nota clave asignado es A.10.2.9.
- 5) Después, en la “Nota clave” (Keynote) se despliega y observa que existen tres opciones más. Si se selecciona la primera Nota clave de elemento (Element Keynote), se puede asignar el código del Keynote a los objetos y se puede visualizar ya sea en una vista o en el modelo 3D, para este último se debe bloquear la vista 3D. La segunda opción “Nota clave de material”, permite realizar lo mismo, pero con el material del elemento. Se tiene que ir a las propiedades del elemento, editar su estructura de capas, seleccionar un material y, en la pestaña de Identidad (Identity), ubicar Nota clave (Keynote) para asignarle el código correspondiente. La tercera opción es Nota clave de usuario (User Keynote), la cual sirve para asignarle un código al elemento que sea distinto a sus propiedades de tipo, es decir, como una especie de código por instancia. Por ejemplo, se puede asignar un código a un elemento u objeto sin afectar el que ya tenía asignado. Esta opción es muy similar a la de asignar una etiqueta convencional; sin embargo, cuando se tienen etiquetas de Nota clave (Keynote), se puede generar una tabla automática donde aparezcan los códigos etiquetados en el modelo. Para poder realizarlo, simplemente se debe crear una leyenda de Nota clave (Keynote).
- 6) Finalmente, para añadir la leyenda de la Nota clave (Keynote) en un plano dentro de Revit, se debe ingresar al Navegador de Proyecto (Project Browser), desplegar Leyendas (Legends) y arrastrar la leyenda ya creada hacia el plano. Es importante tener en cuenta de que esta leyenda contendrá todos los códigos del modelo, sin importar si los códigos están o no en ese plano. Sin embargo, es posible filtrar la tabla para que muestre los códigos por plano.

Se debe seguir el procedimiento elemento por elemento para poder obtener el modelo clasificado.

4.5.2.4.2 Registro en el sistema VT-Lab

Para el registro en el sistema VT-Lab, primero se debe ingresar a la página web de VT-Platform y crear una cuenta apretando el botón ubicado en la esquina superior izquierda “Log in VT-Platform”. Luego, la página solicitará ingresar un correo electrónico y una contraseña, en el caso de que aún no se tenga una cuenta se deberá dirigir al botón “You don’t have account yet? Create an account now”, al acceder a este botón, la página solicitará un nombre, apellido, e-mail, nombre de compañía, contraseña y confirmación de contraseña. Luego, se debe aceptar las políticas y términos de uso, y apretar el botón “Join”. Luego, se enviará un código al correo ingresado y la página solicitará ingresar dicho código, así finaliza la etapa de registro en el sistema VT-Lab Platform.


4.5.2.4.3 Creación de proyecto y descarga de modelo en la cuenta VT-Lab

Ya teniendo la cuenta creada en el sistema, el siguiente paso es crear un proyecto y cargar el modelo. En la barra superior se debe dirigir al botón “New project”, se escribe el nombre y una descripción del proyecto, luego se deberá dirigir al botón “Upload model, se espera a que cargue el modelo y se selecciona el botón “Continue”. Hay que tener en cuenta que los formatos compatibles con *VT-Platform* son: ifc 2x3, fbx, obj, glb, pdf, txt, doc, docx, xls,xlsx. Luego, se agregan los correos de los demás participantes del proyecto seleccionando el botón “Invite new user” y se colocan sus correos. Finalmente, se debe dirigir al botón “Create project” y en pocos segundos se tendrá creado el proyecto.

4.5.2.4.4 Visualización del modelo en la app móvil VT-Platform AR

Después de haber creado una cuenta y un proyecto desde sus celulares, sean Android o iOS, se debe descargar la app VT-Platform AR. Al abrir la app, se solicitará ingresar la cuenta y contraseña creada en el paso 4.5.2.4.2. Aparecerá la interfaz de la cuenta y los proyectos creados, se debe seleccionar el proyecto deseado, seleccionar el archivo y colocar “Load model”. Luego, ingresar al botón “Go to AR”. Finalmente, se debe seleccionar “Default Anchor” y “Go to AR”.

4.5.2.4.5 Configuración del modelo en la *app* móvil VT-Platform AR

Ya con el proyecto abierto, se debe enfocar con el celular el suelo en la dirección que se desea proyectar el modelo y seleccionar “Set Digital Anchor”. Luego, para mejorar la escala, se debe seleccionar el botón “TOOLS” y se deberá dirigir al botón de escala o . Así, el proyecto estará listo para visualizar.

4.6 Contexto

La experimentación se realizó a través de un taller con los alumnos del curso de ingeniería sanitaria. El tiempo de desarrollo de este taller se determinó tomando en cuenta los estudios de Fernandes et al. (2020), cuya experimentación tuvo una duración de 70 minutos; Quintero et al. (2015), quien aplicó su experimentación dentro de una actividad de clase; y Castellano & Valencia (2018), quienes aplicaron la *app* de realidad aumentada “ARprende” en dos horas. Tomando como referencia los documentos nombrados anteriormente, en el presente estudio el taller tendrá una duración de 120 minutos, en los que se desarrollarán las fases explicadas en el acápite a continuación. Por otro lado, tanto el grupo de control como el grupo experimental estuvieron conformados por 20 alumnos del salón de Ingeniería sanitaria.

4.7 Métodos de recolección de datos

El método del presente estudio posee dos grupos de participantes, ambos conformados por los estudiantes de ingeniería sanitaria. Este salón se dividió en dos: el grupo experimental, quienes tendrán acceso al uso del *app*; y el grupo de control, quienes no tendrán acceso al *app*. Por otro lado, el método consta de dos fases: en la primera fase, al grupo experimental se le facilitará el acceso al *app*, mientras que al grupo de control se les tomará el test. Posteriormente, en la segunda fase, al grupo experimental se les tomará el test y al grupo de control se les dará acceso al *app*. Asimismo, es necesario recalcar que el uso del *app* será cronometrada, es decir, en un principio se les dará a los alumnos 10 minutos para poder ingresar al *app*, configurar el *app* y conocer su interfaz; luego, los siguientes 50 minutos serán destinados a la visualización del modelo y comprensión de los alumnos. De igual manera, es vital subrayar que el test se realizará a través de la plataforma de Google Forms, en donde cada alumno tendrá 1 minuto 20 segundos por pregunta.

A continuación, en la figura 4.3 se ilustra el desarrollo cronometrado de cada fase. Además, en la figura 4.4 se muestran las evidencias de la experimentación.

Figura 4.3

Desarrollo cronometrado por fase

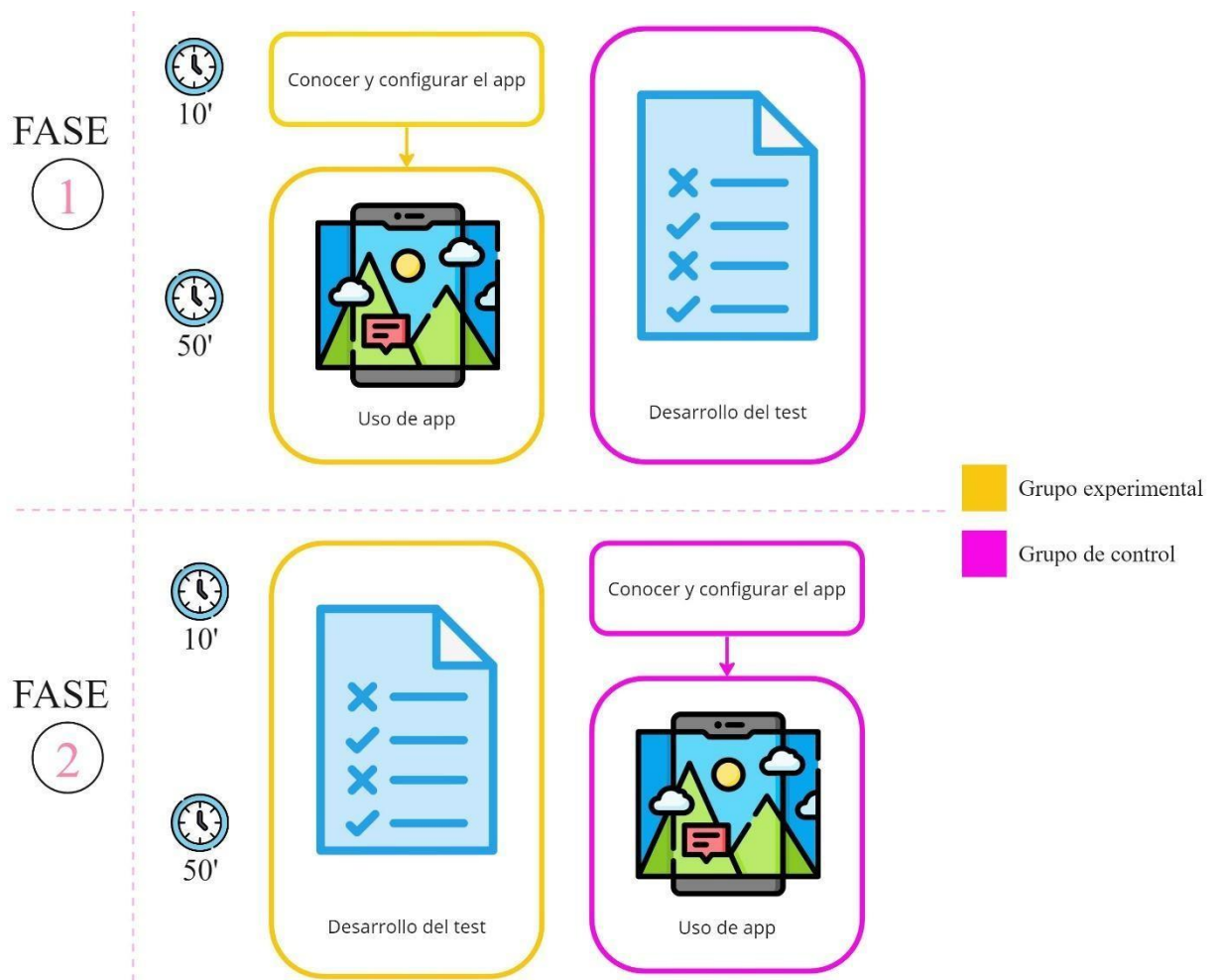
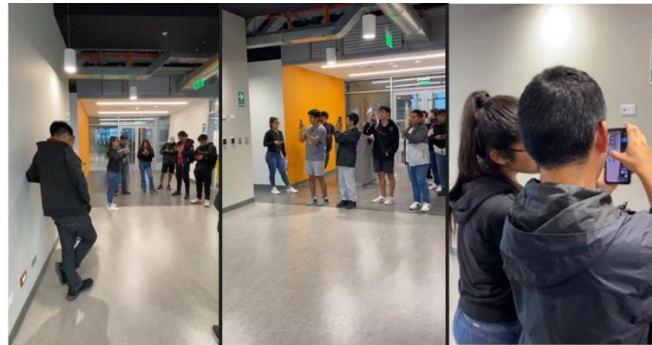
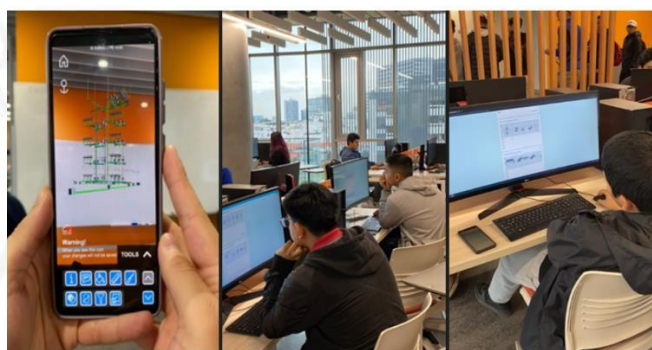


Figura 4.4
Evidencias de la experimentación



Explicación y configuración del app



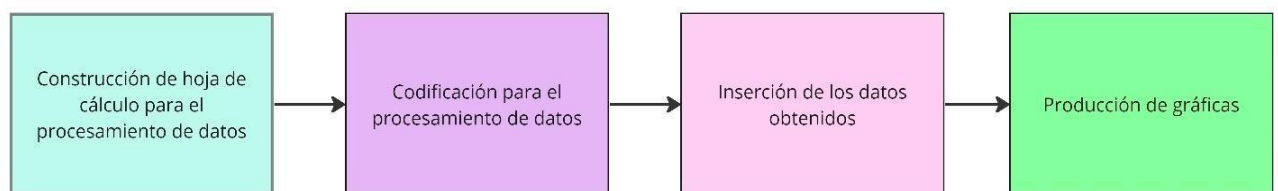
Uso del app y desarrollo del test

4.8 Procesamiento de datos

Siguiendo lo indicado por Sampieri (2014), el procesamiento de datos será de la siguiente manera:

Figura 4.5

Diagrama de procesamiento de datos



4.8.1 Construcción de hoja de cálculo para el procesamiento de datos

En primer lugar, para procesar los datos obtenidos del test, se realizó la construcción de una hoja de cálculo considerando las diferentes características de cada elemento de la muestra, se le solicitará al estudiante su correo electrónico, código de estudiante conocido como “código ULima”, género, sus nombres y apellidos, edad, número de veces que ha llevado el curso, ciclo actual y área de especialización. Estos datos serán registrados en la ficha mostrada en la figura 4.6

Figura 4.6

Ficha de registro de datos personales

N°	Fecha de envío	Correo	Código	Genero	Ciclo	Nombres	Apellidos	Edad	Veces en el curso	Área de especialización
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										

Por otro lado, se construyó dentro de la hoja de cálculo una tabla para poder calcular los puntajes obtenidos de cada alumno por pregunta. Para esto, se tomaron los siguientes ítems: Marca temporal, correo electrónico, código, género, ciclo, nombres, apellidos, edad, veces en el curso, área de especialización, puntuación total y las respuestas por pregunta. Además, se organizó como se muestra a continuación.

Figura 4.7
Ficha de cálculo de datos

	Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Código de estudiante	Género	Ciclo	Nombres	Apellidos	Edad	¿Cuántas veces has llevado el curso de sanitarias?	¿En qué área de la carrera desearías desarrollarte?	Puntuación	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
1																															
2																															
3																															
4																															
5																															
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															
11																															
12																															
13																															
14																															
15																															
16																															
17																															
18																															
19																															
20																															
21																															
22																															
23																															
24																															
25																															
26																															
27																															
28																															
29																															
30																															
31																															
32																															
33																															
34																															
35																															

4.8.2 Codificación para el procesamiento de datos

Con el objetivo de agilizar el procesamiento de datos y minimizar el error humano, se recurrió a la automatización de la hoja de cálculo. Las columnas que automatizadas fueron las de las preguntas “P1” al “P50” y la de “Puntuación”. Para la automatización de la columna “P1 – P50”, se hizo uso de la función =SI. Esta función requiere de digitar dentro del paréntesis una función lógica que relacione los datos deseados; luego, requiere digitar el valor que se desea aparezca de cumplirse la función lógica planteada anteriormente; finalmente, requiere digitar el valor que se desea aparezca de no cumplirse la función lógica planteada anteriormente. Así, la función =SI corresponde a la siguiente estructura: =SI (prueba_lógica; valor_si_verdadero; valor_si_falso). Por otro lado, para la automatización de la columna “Puntuación” se hizo uso de la función =SUMA. Esta función requiere de la selección de rangos de celdas, es decir, sigue la siguiente estructura: =SUMA (número1, número2, número3, ...). Este procedimiento se realizó para cada hoja perteneciente a cada alumno.

4.8.3 Inserción de datos obtenidos

En la columna “Marca temporal” se ingresa la hora a la que el alumno envió sus respuestas. Por otro lado, en las columnas “P1”, “P2” hasta la columna “P50” se registran las respuestas marcadas por el alumno para cada pregunta. A continuación, en la columna “Puntuación” se ingresa la sumatoria de los puntajes de cada respuesta

correcta. Así, a través del valor obtenido en la columna “Puntuación”, se compararán los desempeños de los alumnos. Los datos completos obtenidos se encuentran en el anexo 5.

4.8.4 Producción de gráficas

Para la producción de gráficas se usa la ficha de registro de datos personales agregándole los valores de “Puntuación” de cada alumno y se compararán las diferentes características de cada alumno como su género, las veces que han llevado el curso, su nivel de estudios, área de preferencia, valor de suma total y edad.

5. RESULTADOS

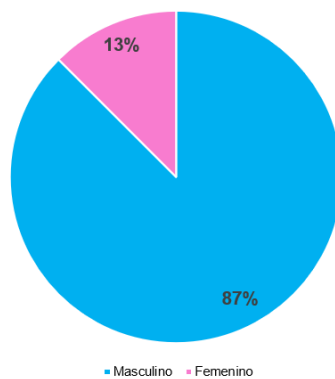
5.1 Resultados descriptivos

Se obtuvieron los siguientes gráficos con los datos totales de la muestra:

Figura 5.1

Distribución por géneros de la muestra total

Distribución por géneros de la muestra total

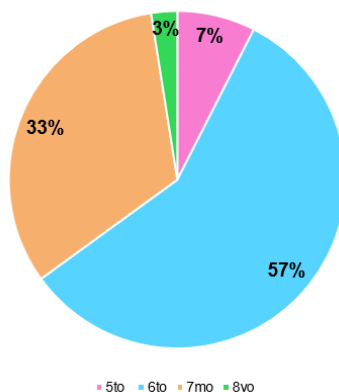


En la figura 5.1 se demostró la distribución por géneros de la muestra total, donde se evidencia que el 87% (35) de la muestra es del género masculino y el 13% (5) es del género femenino.

Figura 5.2

Nivel de estudios de la muestra total

Nivel de estudio de la muestra total

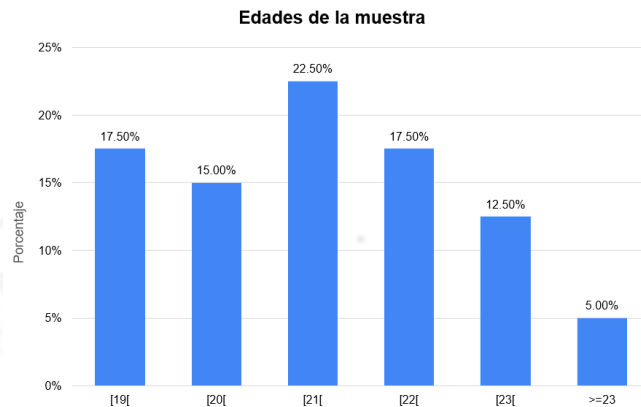


En la figura 5.2, se demostró la distribución por nivel de estudios de la muestra total. Donde se evidencia que el 57% (23) de la muestra pertenece al 6to ciclo de la carrera, seguido del 33% (13) de la muestra que corresponde a los

alumnos que pertenecen al 7mo ciclo de la carrera; además, se presenta que el 7% (3) de la muestra pertenece al 5to ciclo; finalmente, el 3% (1) representa a los alumnos pertenecientes al 8vo ciclo. Cabe tomar en cuenta, que de acuerdo al artículo 19 del Reglamento General de estudios de la Universidad de Lima, el nivel académico del estudiante se determina por la asignatura obligatoria de menor nivel que aún no ha aprobado.

Figura 5.3

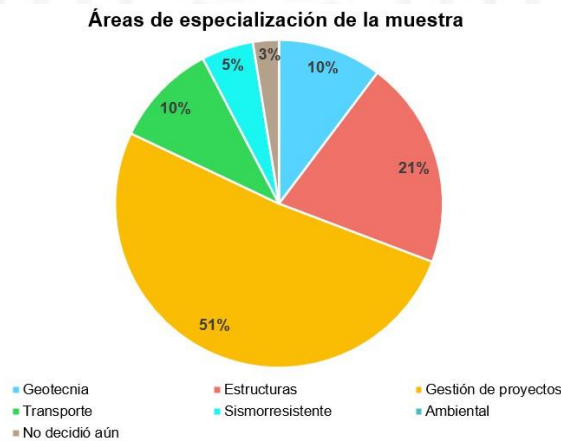
Edades de la muestra total



En la figura 5.3, en cuanto a la variable sociodemográfica edad el 17.5% (7 alumnos) tiene 19 años, el 15% (6 alumnos) tiene 20 años, el 22.5% (9 alumnos) tiene 21 años, el 17.5% (7) tiene 22 años, el 12.5% (5 alumnos) tiene 23 años y el 5% (2 alumnos) tiene de 23 más años

Figura 5.4

Áreas de especialización de la muestra total



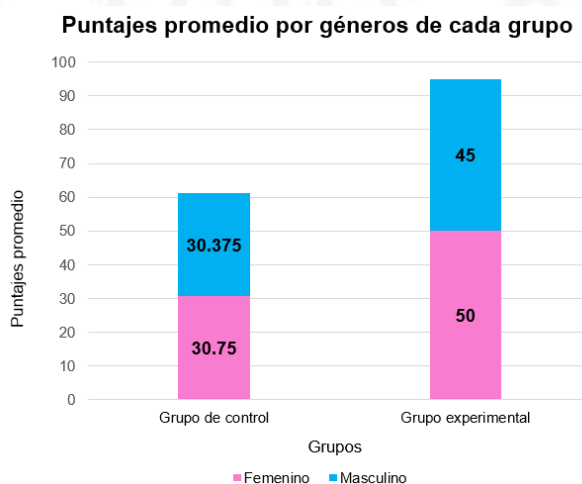
En la figura 5.4, se demostró la distribución por áreas de especialización de la muestra total. Se observa que el 51% (20) de las muestra desea especializarse en el área de gestión de proyectos, seguido del 21% (8) de la muestra que desea especializarse en el área de estructuras; luego, el 10% (4) de la muestra desea especializarse en el área de transporte y geotecnia, respectivamente; asimismo, el 5% (2) de la muestra desea especializarse en el área de ingeniería sismorresistente; de igual forma, el 3% (1) de la muestra aún no tiene definido su área de especialización; finalmente, no se observó que ninguna unidad de la muestra desee especializarse en el área ambiental.

Figura 5.5
Puntajes promedio por grupos



En la figura 5.5 se demostró la distribución de puntajes promedio tanto para el grupo de control como para el grupo experimental. Donde se evidencia que, el grupo experimental presentó un mayor puntaje promedio de 44.9/50 a comparación del grupo de control que presentó un puntaje promedio de 30.45/50.

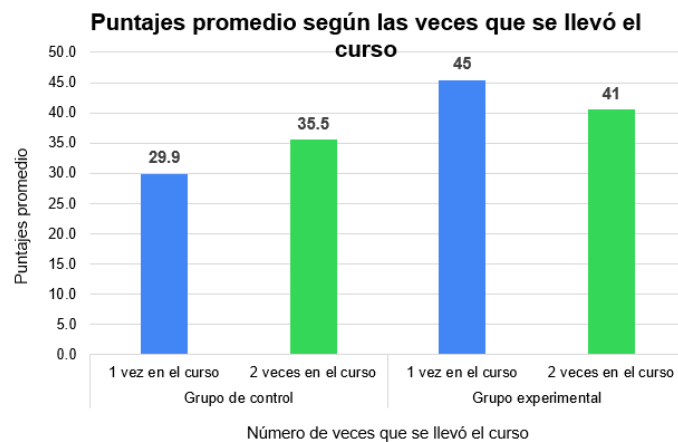
Figura 5.6
Puntajes promedio por género de cada grupo



En la figura 5.6, se demostraron los puntajes promedio por género tanto para el grupo de control como para el grupo experimental. Donde se evidenció un puntaje promedio similar tanto para el género femenino como masculino del grupo de control (30.75 y 30.38, respectivamente). Esto debido a que solo se contó con la presente de cuatro participantes femeninas. Además, se evidenció que, en el grupo experimental, la única participante femenina obtuvo un puntaje promedio mayor (50) que el promedio del género masculino (45).

Figura 5.7

Puntajes promedio según las veces que se llevó el curso, por grupo



En la figura 5.7, se demostraron los puntajes promedio por género tanto para el grupo de control como para el grupo experimental. Se evidenció que en el grupo de control los alumnos que llevan el curso por segunda vez obtuvieron un puntaje promedio mayor (35.5) que los que llevaron el curso por primera vez (29.9). Además, en el grupo experimental se evidenció que los alumnos que llevaron el curso por primera vez obtuvieron un mayor puntaje promedio (45) que los que llevaron el curso por segunda vez (41). En cuanto a los promedios obtenidos por los alumnos que llevaron el curso por 2da vez, se demuestran dos posturas: por un lado, en el grupo de control, estos alumnos alcanzan un promedio mayor que el resto. Dicha situación puede deberse a que, como se desarrolla en el estudio de Quiroz & Yogui (2020), algunos alumnos logran cambiar de actitud frente a su rendimiento, tomándolo como una especie de “revancha”. Por el contrario, en el grupo experimental se observa que aquellos alumnos que cursaban por 2da vez la materia obtuvieron un promedio menor que el resto de sus compañeros. Este problema académico puede estar siendo originado por diversas causas, entre ellas, la desmotivación e insatisfacción personal que se genera por haber repetido más de una vez la asignatura o por llevar asignaturas atrasadas (Moreno, 2004; Hernández & Pozo, 1999).

5.2 Resultados complementarios

Tabla 5.1

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio del grupo de control

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	20	0	30.45	13.87	192.47	31.00	14; 20; 45	2

En la tabla 5.1 se obtiene que, para el grupo de control, la media de la variable promedios es de 30.45, la desviación estándar es de 13.87, la varianza es de 192.47, la mediana es de 31 y la moda es de 2.

Tabla 5.2

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio del grupo experimental

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	20	0	44.90	5.95	35.36	48.00	50	6

En la tabla 5.2 se obtiene que, para el grupo experimental, la media de la variable promedios es de 44.90, la desviación estándar es de 5.95, la varianza es de 35.36, la mediana es de 48 y la moda es de 6.

Tabla 5.3

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por edad del grupo de control

Variable	Edad	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	19	3	0	24.33	11.59	134.33	26.00	*	0
	20	6	0	31.83	16.17	261.37	38.50	*	0
	21	4	0	31.75	14.06	197.58	34.50	*	0
	22	2	0	17.50	3.54	12.50	17.50	*	0
	23	3	0	37.33	15.04	226.33	45.00	*	0
	24	1	0	22.000	*	*	22.000	*	0
	25	1	0	49.000	*	*	49.000	*	0

En la tabla 5.3 se obtiene que la media de la variable promedio, en el grupo de control, para la muestra de 19 años de edad es de 24.33, la desviación estándar es de 11.59, la varianza es de 134.33, la mediana es de 26 y la moda es de 0; para la muestra de 20 años de edad la media es de 31.83, la desviación es de 16.17, la varianza es de 261.37, la mediana es de 38.5 y la moda es de 0; para la muestra de 21 años de edad la media es de 31.75, la desviación es de 14.06, la varianza es de 197.58, la mediana es de 34.5 y la moda es de 2; para la muestra de 22 años de edad la media es de 17.5, la desviación es de 3.54, la varianza es de 12.5, la mediana es de 17.5 y la moda es de 0; para la muestra de 23 años de edad la media es 37.33, la desviación es de 15.04, la varianza es de 226.33, la mediana es de 45 y la moda es de 0; para la muestra de 24 y 25 años de edad solo se tiene la media que es de 22 y 49, respectivamente.

Tabla 5.4

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por edad del grupo experimental

Variable	Edad	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	19	4	0	43.75	4.92	24.25	43.50	*	0
	21	5	0	46.40	3.85	14.80	48.00	48	2
	22	5	0	49.400	0.894	0.800	50.000	50	3
	23	2	0	40.50	2.12	4.50	40.50	*	0
	24	1	0	50.000	*	*	50.000	*	0
	25	1	0	32.000	*	*	32.000	*	0
	26	2	0	40.50	12.02	144.50	40.50	*	0

En la tabla 5.4, se obtiene que la media de la variable promedio, en el grupo experimental, para la muestra de 19 años de edad es de 43.75, la desviación estándar es de 4.92, la varianza es de 24.25, la mediana es de 43.5 y la moda es de 0; para la muestra de 21 años de edad la media es de 46.40, la desviación es de 3.85, la varianza es de 14.80, la mediana es de 48 y la moda es de 0; para la muestra de 22 años de edad la media es de 49.40, la desviación es de 0.894, la varianza es de 0.8, la mediana es de 50 y la moda es de 0; para la muestra de 23 años de edad la media es 40.5, la desviación es de 2.12, la varianza es de 4.50, la mediana es de 40.50 y la moda es de 0; para la muestra de 24 y 25 años de edad solo se tiene la media que es de 50 y 32, respectivamente. Finalmente, para la muestra de 26 años de edad la media es de 40.50, la desviación estándar es de 12.02, la varianza es de 144.50, la mediana es de 40.50 y la moda es de 0.

Tabla 5.5

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por áreas de especialización del grupo de control

Variable	Especialidad	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	Estructuras	5	0	37.20	15.83	250.70	44.00	*	0
	Geotecnia	3	0	39.33	15.04	226.33	47.00	*	0
	Gestión de proyectos	8	0	24.88	9.60	92.13	23.00	20	2
	No lo defino aún	1	0	45.000	*	*	45.000	*	0
	Transporte	3	0	20.33	12.74	162.33	14.00	*	0

En la tabla 5.5, se obtiene que, en el grupo de control, la media de la variable promedios para el área de especialización de estructuras es de 37.20, la desviación es de 15.83, la varianza es de 250.70, la mediana es de 44 y la moda es de 0; la media para la variable promedios del área de especialización de geotecnia es de 39.33, la desviación es de 15.04, la varianza es de 226.33, la mediana es de 47 y la moda es de 0; la media para la variable promedios del área de especialización de gestión de proyectos es de 24.88, la desviación es de 9.6, la varianza es de 92.13, la mediana es de 23 y la moda es de 2; la media para la variable promedios del área de especialización de transporte es de 30.33, la

desviación es de 12.74, la varianza es de 162.33, la mediana es de 14 y la moda es de 0. Finalmente, hubo 1 alumno que no decidió aún en qué área especializarse y obtuvo una media de 45.

Tabla 5.6

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por áreas de especialización del grupo experimental

Variable	Especialidad	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	Estructuras	3	0	42.33	6.66	44.33	39.00	*	0
	Geotecnia	1	0	50.000	*	*	50.000	*	0
	Gestión de proyectos	12	0	45.75	5.51	30.39	48.00	48; 50	3
	Hidráulica	1	0	50.000	*	*	50.000	*	0
	Sismorresistente	2	0	45.00	1.41	2.00	45.00	*	0
	Transporte	1	0	32.000	*	*	32.000	*	0

En la tabla 5.6, se obtiene que, en el grupo experimental, la media de la variable promedios para el área de especialización de estructuras es de 42.33, la desviación es de 6.66, la varianza es de 44.33, la mediana es de 39.0 y la moda es de 0; la media para la variable promedios del área de especialización de geotecnia es de 50; la media para la variable promedios del área de especialización de gestión de proyectos es de 45.75, la desviación es de 5.51, la varianza es de 30.39, la mediana es de 48 y la moda es de 3; la media para la variable promedios del área de especialización de sismorresistente es de 45.0, la desviación es de 1.41, la varianza es de 2, la mediana es de 45 y la moda es de 0. Finalmente, hubo 1 alumno que se especializará en el área de transporte y obtuvo una media de 32.

Tabla 5.7

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por género para el grupo de control

Variable	Género	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	Femenino	4	0	30.75	11.64	135.58	29.50	*	0
	Masculino	16	0	30.38	14.72	216.65	31.00	14; 45	2

En la tabla 5.7, se obtiene que la media de la variable promedios, en el grupo de control, para el género femenino de la muestra es de 30.75, la desviación es de 11.64, la varianza es de 135.58, la mediana es de 29.50 y la moda es de 0. Por otro lado, la media para la variable promedios para el género masculino es de 30.38, la desviación es de 14.72, la varianza es de 216.65, la mediana es de 31 y la moda es de 2.

Tabla 5.8

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por género para el grupo experimental

Variable	Género	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
Puntajes promedio	Femenino	1	0	50.000	*	*	50.000	*	0
	Masculino	19	0	44.63	5.98	35.80	48.00	50	5

En la tabla 5.8, se obtiene que la media de la variable promedios, en el grupo experimental, para el género femenino de la muestra es de 50. Por otro lado, la media para la variable promedios para el género masculino es de 44.63, la desviación es de 5.98, la varianza es de 35.80, la mediana es de 48 y la moda es de 5.

Tabla 5.9

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por nivel académico para el grupo de control

Variable	Nivel		N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
	académico									
Puntajes promedio	5to		1	0	40.000	*	*	40.000	*	0
	6to		13	0	33.38	13.97	195.09	37.00	*	0
	7mo		6	0	22.50	12.11	146.70	17.50	14	2

En la tabla 5.9, se obtiene que la media de la variable promedios, en el grupo de control, para el 5to nivel académico es de 40; la media de la variable promedios para el 6to nivel académico es de 33.38, la desviación es de 13.97, la varianza es de 195.09, la mediana es de 37 y la moda es de 0; la media de la variable promedios para el 7mo nivel académico es de 22.5, la desviación es de 12.11, la varianza es de 146.70, la mediana es de 17.50 y la moda es de 2.

Tabla 5.10

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por nivel académico para el grupo experimental

Variable	Nivel		Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
	académico	N						
Puntajes promedio	5to	2	50.000	0.000000	0.000000	50.000	50	2
	6to	10	43.70	6.15	37.79	46.00	48	3
	7mo	7	44.43	6.29	39.62	46.00	49	2
	8vo	1	50.000	*	*	50.000	*	0

En la tabla 5.10 se obtiene que la media de la variable promedios, en el grupo experimental, para el 5to nivel académico es de 50, la mediana es de 50 y la moda es de 2 ; la media de la variable promedios para el 6to nivel académico es de 43.70, la desviación es de 6.15, la varianza es de 37.79, la mediana es de 46 y la moda es de 3; la media de la variable promedios para el 7mo nivel académico es de 44.43, la desviación es de 6.29, la varianza es de 39.62, la mediana es de 46.0 y la moda es de 2. Finalmente, para el 8vo nivel académico la media es de 50.

Tabla 5.11

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por número de veces en el curso para el grupo de control

Variable	N° veces en el curso		Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
	N	N*						
Puntajes promedio	1	18	29.89	14.26	203.28	30.50	14; 20; 45	2
	2	2	35.50	12.02	144.50	35.50	*	0

En la tabla 5.11, se obtiene que, en el grupo de control, la media de la variable promedios para los alumnos que se encontraron cursando por primera vez la asignatura es de 29.89, la desviación es de 14.26, la varianza es de 203.28, la mediana es de 30.50 y la moda es de 2. Por otro lado, en el grupo de control, la media de la variable promedios para los alumnos que se encontraron cursando la asignatura por segunda vez es de 35.50, la desviación es de 12.02, la varianza es de 144.50, la mediana es de 35.5 y la moda es de 0.

Tabla 5.12

Tabla de la media, desviación estándar, varianza, mediana y moda para la variable promedio por número de veces en el curso para el grupo experimental

Variable	N° veces en el curso		Media	Desv.Est.	Varianza	Mediana	Modo	N para moda
	N	N*						
Puntajes promedio	1	18	45.39	6.06	36.72	48.00	50	6
	2	2	40.50	2.12	4.50	40.50	*	0

En la tabla 5.12 se obtiene que, en el grupo experimental, la media de la variable promedios para los alumnos que se encontraron cursando por primera vez la asignatura es de 45.39, la desviación es de 6.06, la varianza es de 36.72, la mediana es de 48 y la moda es de 6. Por otro lado, en el grupo experimental, la media de la variable promedios para los alumnos que se encontraron cursando la asignatura por segunda vez es de 40.50, la desviación es de 2.12, la varianza es de 4.50, la mediana es de 40.50 y la moda es de 0.

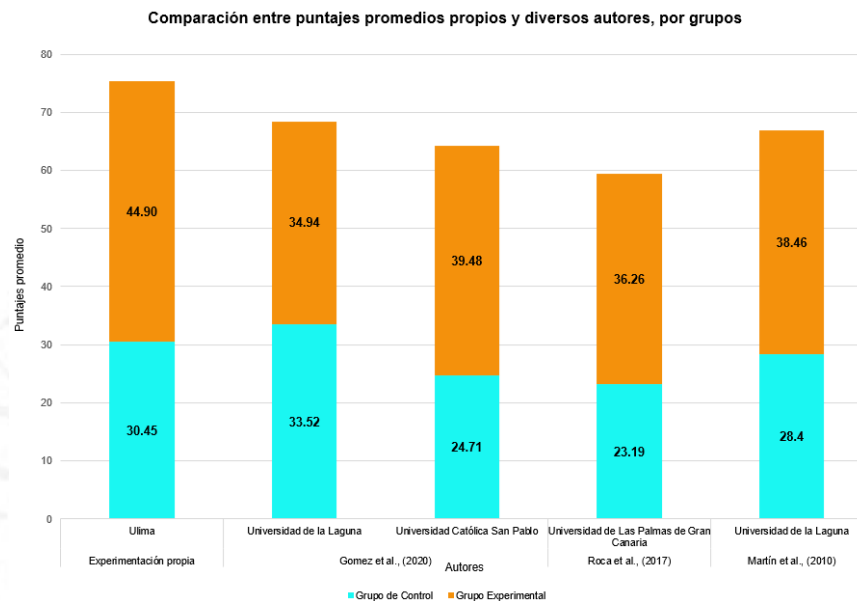
Finalmente, los resultados obtenidos tanto para el grupo de control como para el grupo experimental se encuentran en el anexo 5. En conclusión, se obtuvo que se logró un incremento del 28.9% en las habilidades espaciales de los alumnos, por lo que resulta válida la hipótesis de la investigación.

6. DISCUSIÓN

Se obtuvo dos premisas, como se propuso en la hipótesis, el grupo experimental logró un puntaje promedio mayor al grupo de control (44.90 vs. 30.45, respectivamente), por lo que se puede concluir que el experimento desarrolló efectivamente las habilidades espaciales en los estudiantes de dicho grupo. Esto, como se muestra en la figura 6.1, se alinea con lo obtenido por Gómez et al. (2020), Roca et al. (2017) y Martín et al. (2010).

Figura 6.1

Comparación entre puntajes promedio propios y diversos autores, por grupos



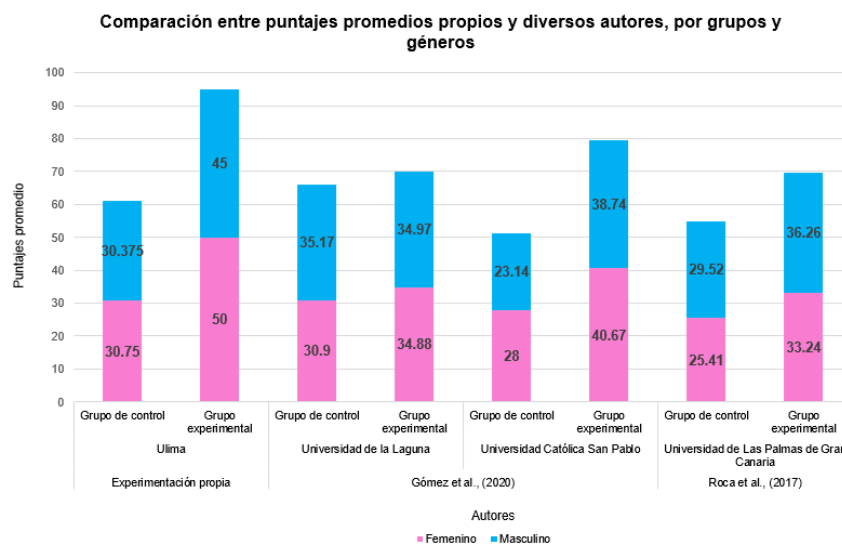
Por otro lado, se encontró que tanto en el grupo experimental como en el grupo de control las mujeres obtuvieron un mayor puntaje promedio que los hombres, lo cual se alinea con lo obtenido por la muestra de la Universidad Católica San Pablo en el estudio de Gómez et al. (2020). No obstante, en la muestra de la Universidad de la Laguna en el estudio de Gómez et al. (2020) y Roca et al. (2017), se obtuvo el resultado contrario, como se muestra en la figura 6.2. En esta línea, Linn y Petersen (1985) sugieren que estas diferencias dependen del tipo de tareas que se les solicita realizar. Los varones tienden a usar estrategias holísticas, que son más eficientes cuando la tarea exige una rotación del objeto como un todo; en cambio, según Gluck y Fitting (2003), las mujeres privilegian las estrategias analíticas cuidando la observación de detalles, partes de la figura, sus características diferenciales y son más parsimoniosas en la búsqueda de la solución; por eso, en la situación de test que tiene un tiempo límite, no llegan a abordar todos los problemas, lo que hacen con mayor frecuencia los varones.

Así, según Peters (2005), el varón es capaz de resolver ejercicios más rápidamente, mientras que la mujer es más cautelosa y tiende a revisar sus respuestas. Por otro lado, según Gallagher (1989), en las tareas que requieren estrategias analíticas, las respuestas de las mujeres pueden aventajar en precisión a las de los varones.

Además, en el grupo de control se observó una ligera diferencia entre puntajes promedio debido a la desigual cantidad de mujeres (4) y hombres (16) dentro de dicho grupo. Sin embargo, es válido destacar que cada vez hay más mujeres en el rubro de la ingeniería como lo demuestra Mejía (2017), quien señala que hubo un crecimiento de 2.2% a 4.7% de mujeres dentro del rubro de la ingeniería civil del 2007 al 2012, en Perú.

Figura 6.2

Comparación entre puntajes promedio propios y diversos autores, por grupos y géneros



No se encontraron diferencias significativas en cuanto a los promedios por edad en efecto no es un factor determinante que se relacione directamente con las habilidades espaciales. Es más, dichas habilidades, según Gutiérrez et al. (2009) alcanzan su nivel máximo entre 14 y 18 años y posteriormente decrecen lentamente, por lo que los resultados de la presente investigación son consistentes con la literatura. En esta línea, comparando los alumnos del 6to ciclo del grupo de control y experimental, se observa que hubo una diferencia de 20.64%. Esto, demuestra una correspondencia clara entre la edad y nivel.

A partir de las tablas 5.1 y 5.2, se aprecia que la desviación estándar del grupo experimental es menor que la del grupo de control. Esto puede deberse a que el uso del *app* logró uniformizar las habilidades espaciales del grupo. En la misma línea, Gómez et al. (2022) y Roca et al. (2017), obtuvieron una relación similar entre las desviaciones estándar de sus grupos experimentales y de control. En el primer caso, el grupo experimental y el de control obtuvieron 6.40 y 7.23 de desviación estándar respectivamente; mientras que, en el segundo caso, el grupo experimental y el de control obtuvieron 8.89 y 10.26 de desviación estándar, respectivamente.

Luego, como la mayoría de los alumnos de la muestra desean desarrollarse en áreas de la ingeniería civil como la gestión de proyectos y estructuras, los cuales representan ejes importantes de la carrera, es posible divisar la importancia del desarrollo de las habilidades espaciales en dicha profesión. Dichas habilidades en el ámbito profesional del ingeniero civil que se desempeña en las áreas de proyectos y estructuras, son fundamentales en la creación, lectura, interpretación y revisión de planos, como lo expresa Pérez et al. (2006) y Bravo et al. (2013). Adicionalmente, la Universidad Cooperativa de Colombia indica que los alumnos deberían ser capaces de relacionar las técnicas de representación gráfica, analizar los elementos espaciales desde diferentes perspectivas y diseñar planos con recursos computacionales (Martínez, 2022).

El profesor del curso observó que los estudiantes fueron capaces de trabajar de manera autónoma y, en general, no fue necesario intervenir para ayudar durante el proceso de entrenamiento. No obstante, es importante destacar que, en términos generales, los beneficios y ventajas pedagógicas de la realidad aumentada se lograrán una vez que se superen los desafíos relacionados con la disponibilidad de recursos, la planificación de las clases y la capacitación inicial del profesorado (Sáez-López et al., 2020).

Teniendo en cuenta la pregunta de la presente investigación: *¿Cómo desarrollar y consolidar las habilidades espaciales en los alumnos de la carrera de ingeniería civil haciendo uso de realidad aumentada?*, y a partir de los resultados obtenidos se concluye que el uso de *apps* con realidad aumentada aplicada a la enseñanza contribuye a desarrollar y consolidar las habilidades espaciales en los alumnos de la carrera de ingeniería civil. Además, considerando los hallazgos encontrados en la revisión de literatura, es válido hacer uso de *apps* con realidad aumentada no solo para la enseñanza en ingeniería civil sino también en diversas áreas como medicina, geometría, astronomía, entre otros, como los casos análogos desarrollados por Ismail et al. (2019) y Coma et al. (2018).

7. CONCLUSIONES

En la presente investigación, se ha propuesto un entrenamiento directo y de corta duración para mejorar la habilidad espacial en estudiantes de ingeniería considerando uno de los componentes que conforman esta habilidad: la "Visualización espacial" y que es el componente mayormente medido en el ámbito de ingeniería. El entrenamiento se ha basado en el uso de una *app* con Realidad Aumentada. El entrenamiento desarrolló efectivamente las habilidades

espaciales en el grupo experimental con una diferencia de 28.9%. Esta conclusión se basa en los resultados obtenidos del grupo experimental en contraste con los resultados del grupo de control.

Finalmente, se concluye que las mujeres de la muestra en el grupo experimental obtuvieron mayores puntajes que los hombres en 10%. Luego, se obtuvo que los alumnos de la muestra de 22, 24 y 25 edades obtuvieron mayor promedio en el test; sin embargo, según la literatura, la edad no sería una variable definitiva en el desarrollo de habilidades espaciales. Además, el experimento expuso de forma indirecta las posturas de los alumnos que desarrollan el curso por segunda vez, así se visualiza promedios altos (35.5, en el grupo de control) y bajos (41, en el grupo experimental).

8. TRABAJOS FUTUROS Y LIMITACIONES

Se considera que el presente estudio podría aplicarse a lo largo de varias unidades temáticas lectivas en varios cursos, con el objetivo desarrollar un mejor seguimiento a la evolución del aprendizaje de cada alumno. Y realizar el estudio en muestras más grandes para poder generalizar resultados y en otras instituciones.

Además, se considera importante conocer en investigaciones futuras las causas de las diferencias de los niveles de habilidad espacial en los alumnos de ingeniería civil, de qué manera afectaría el entrenamiento con realidad aumentada en los diversos cursos de la malla curricular de ingeniería civil. Por otro lado, el presente tema de investigación podría ser desarrollado para otras especialidades o experimentar con docentes con el objetivo de obtener una perspectiva más amplia acerca de la problemática actual.



9. REFERENCIAS

- [VT-Lab]. (2022, 7 de abril). BIM en obra con Realidad Aumentada para RETAIL con VT-PLATFORM [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MuvJM6pOgJE>.
- Akçayır, M. & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Autodesk. (s.f.). *Revit: software de BIM para diseñadores, constructores y emprendedores*. Obtenido de <https://www.autodesk.mx/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Azuma, R.T. (1997): "A survey of augmented reality". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), pp. 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Balak, MV, Kısa, M. (2016). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Teknik Resim Eğitimi Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, *Harran University Journal of Engineering*, 2
- Bell, B., Feiner, S., & Höllerer, T. (2001, November). View management for virtual and augmented reality. In *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology* (pp. 101-110).
- Bennett, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. (1947). Differential aptitude tests.
- Bravo, L. E. C., Ortiz, J. A. T., & Tamayo, L. F. V. (2013). Evaluación de factores de entorno que afectan el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre en Ingeniería Industrial. *Academia y Virtualidad*, 6(1), 17-32.
- Cadavieco, J. F., Sevillano, M. Á. P., & Amador, M. F. M. F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de medios y educación*, (41), 197-210. <https://www.redalyc.org/pdf/368/36828247015.pdf>
- Carcaño, R. G. S., & Abad, C. A. (2004). Estudio de caso en México: Los alumnos de ingeniería civil opinan sobre las debilidades de egreso. *Ingeniería e Investigación*, 24(2), 27-34.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies* (No. 1). Cambridge University Press.
- Castellano Brasero, T., & Santacruz Valencia, L. P. (2018). EnseñAPP: aplicación educativa de realidad aumentada para el primer ciclo de educación primaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (21), 7-14. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-99592018000100002
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, 420, 464.
- Coma-Tatay, I., Casas-Yrurzum, S., Casanova-Salas, P., & Fernández-Marín, M. (2019). FI-AR learning: a web-based platform for augmented reality educational content. *Multimedia Tools and Applications*, 78(5), 6093-6118.
- Cubillo, J., Martín, S., Castro, M. y Colmenar, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED*, 17(2), 241-274. <https://doi.org/10.5944/ried.17.2.12686>
- Delgado, M. (1991). *Los estilos de enseñanza en la Educación Física. Propuesta para una reforma de la enseñanza*. Granada: ICE
- Devon, R., Engle, R., Foster, R., Sathianathan, D., & Turner, G. (1994). The Effect of Solid Modeling Software on 3D Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 58 (2), 4-11.

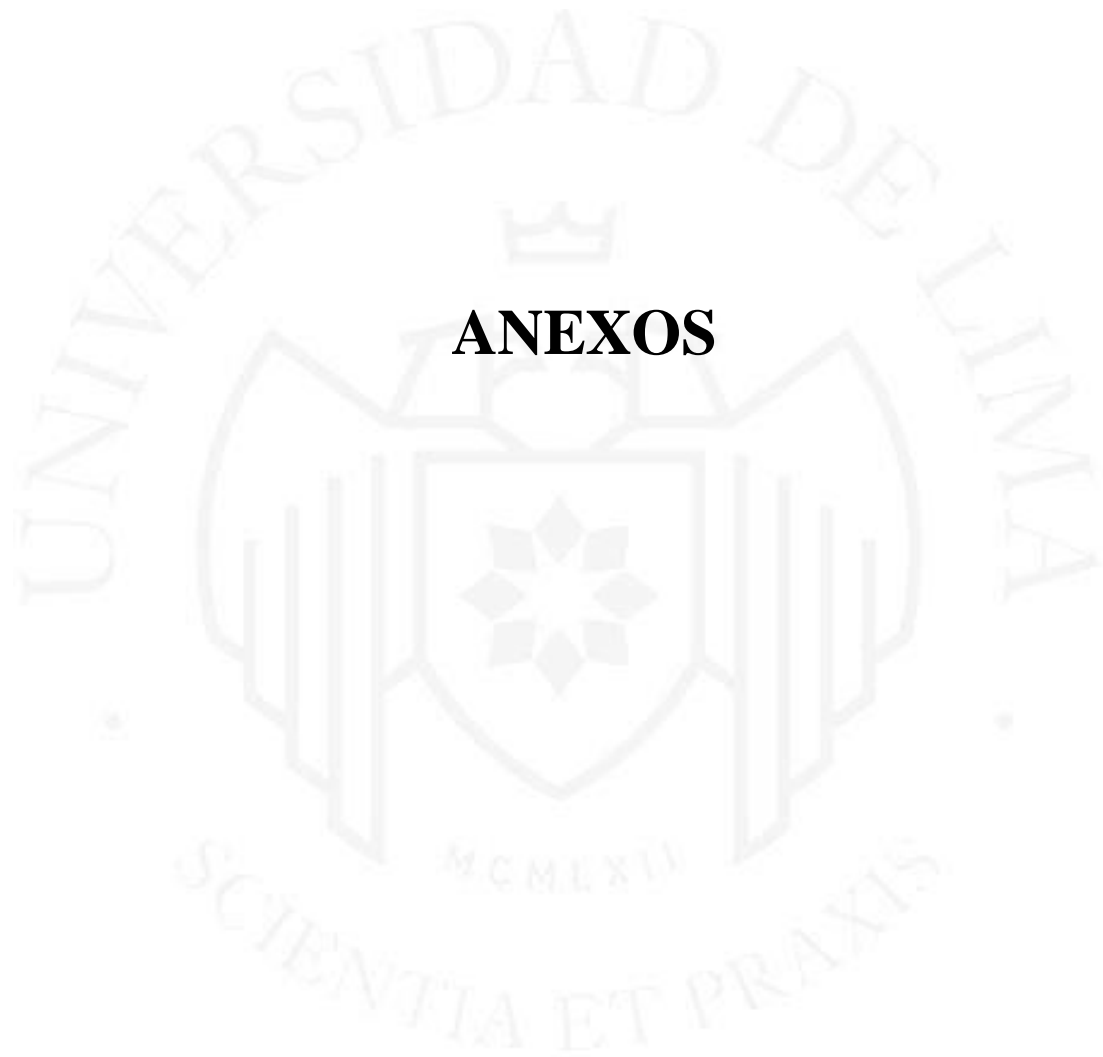
- Díaz, A. (2020). Morfología de un pensamiento. Aprender, desaprender y reaprender. RIDAS. Revista Iberoamericana de Aprendizaje-Servicio, (9), 1-21.
- Domínguez, J. J. & Luque, R. (2011). Tecnología digital y realidad virtual. Editorial Síntesis.
- Drascic, D. y Milgram, P. (1996): Perceptual issues in augmented reality. SPIE: Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III, 2653. January 30-February 1, San Jose, pp. 123–134. Recuperado de: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/2653/0000/Perceptual-issues-in-augmented-reality/10.1117/12.237425.short?SSO=1>
- Drovitko A. & Danilin, A. (2017). SketchAR [Aplicación móvil]. Google Play. https://play.google.com/store/apps/details?id=ktech.sketchar&hl=es_PE&gl=US
- Ferguson, E. (1992). Engineering and the Mind's Eye. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Fernandes, J., Teles, A., & Teixeira, S. (2020). An augmented reality-based mobile application facilitates the learning about the spinal cord. *Education Sciences*, 10(12), 376.
- Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, 142, 103635.
- Figueiredo, M., Sousa, L., Cardoso, P., Rodrigues, J., Goncalves, C., & Alves, R. (2014). Learning technical drawing with augmented reality and holograms. *Proceedings of EDU'14*, 11-20.
- Flippo, E.B. Personal Management; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 1984; p. 192
- French, J. W. (1951). The description of aptitude and achievement tests in terms of rotated factors.
- Gallagher, S. (1989), "Predictors of sat mathematics scores of gifted male and gifted female adolescents", *Psychology of Women Quarterly*, núm. 13, pp. 191-203
- Gargallo, B., Suárez, J., Garfella, P., y Fernández, A. (2011). El cuestionario CEMEDEPU. Un instrumento para la evaluación de la metodología docente y evaluativa de los profesores universitarios. *Estudios sobre Educación* (21), 9-40. <https://dadun.unav.edu/handle/10171/22511>
- Gluck, J. y S. Fitting (2003), "Spatial strategy selection: Interesting incremental information", *International Journal of Testing*, vol. 3, núm. 3, pp. 293-308.
- Goff, E. E., Mulvey, K. L., Irvin, M. J., & Hartstone, A. (2018). Applications of augmented reality in informal science learning sites: a review. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 433-447.
- Gomero H. & Sarmiento J. (2023). Propuesta de guía para un sistema de clasificación de información de construcción mediante la aplicación de la norma ISO 12006 y el software Revit. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/19138>
- Gómez, H. C. (2019). Impacto de la Enseñanza de la Geometría Descriptiva usando Archivos 3D-PDF como Entrenamiento de la Habilidad Espacial de Estudiantes de Ingeniería Civil en el Perú. *Formación universitaria*, 12(1), 73-82.
- Gómez, H. C., Martín, J., Valencia, L., & Mora Luis, C. E. (2020). International comparative pilot study of spatial skill development in engineering students through autonomous augmented reality-based training. *Symmetry*, 12(9), 1401.
- Gómez, H., Martín, J., & Valencia, B.. (2022). Entrenamiento Basado en Realidad Aumentada para Mejorar Habilidades Espaciales y Rendimiento Académico en Estudiantes de Ingeniería. *Digital Education Review*, 41, 306–322. <https://doi.org/10.1344/der.2022.41.306-322>

- Guilford, J. P., Fruchter, B., & Zimmerman, W. S. (1952). Factor analysis of the Army Air Forces Shepard Field battery of experimental aptitude tests. *Psychometrika*, 17, 45-68
- Gutiérrez, J. M., Dorta, N. M., Pérez, J. L. S., Trujillo, R. E. N. and González, M. R. C., "La capacidad de visión espacial en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior," presented at the Congreso Internacional Conjunto XXI INGEGRAF-XVII ADM, Lugo 10-11-12 Junio 2009:" Caminando desde la idea hacia las alternativas del diseño", 2009, p. 51. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8675461>
- Han, J. Jo, M., Hyun, E. y So, H. (2015). Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Education Technology Research Development*, 63, 455-474. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9374-9>
- Han, X., Chen, Y., Feng, Q., & Luo, H. (2022). Augmented reality in professional training: A review of the literature from 2001 to 2020. *Applied Sciences*, 12(3), 1024.
- Hernández, J. & Pozo, C. (1999). El fracaso académico en la Universidad: Diseño de un sistema de evaluación y detección temprana. *Psicología Educativa*, 5 (1), 27-40. <http://web.ebscohost.com/ehost/results?vid=3&hid=2&sid=587899c8-abb4-450b-b739-b8c4e88709e1%40sessionmgr107>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6, pp. 102-256). México: McGraw-Hill.
- Hill, D. (2016). Virtual reality headsets make their way into construction and design. *Civil Engineering Magazine Archive*, 86(1), 37-37.
- Höllerer, T.H. y Feiner, S.K. (2004). "Mobile Augmented Reality". En H.A. Karimi, y A. Hammad (Eds.), *Telegoinformatics: Location-Based Computing and Services*, pp. 187-221. Boca Ratón: CRC Press
- Ismail, M. E., Utami, P., Ismail, I. M., Khairudin, M., Amiruddin, M. H., Lastariwati, B., & Maneetien, N. (2018). The effect of an augmented reality teaching kit on visualization, cognitive load and teaching styles. *Journal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 24(2), 178-184. <https://journal.uny.ac.id/index.php/jptk/article/view/20031/11196>
- Ismail, M. E., Zakaria, A. F., Ismail, I. M., Othman, H., Samsudin, M. A., & Utami, P. (2019). Design and development of augmented reality teaching kit: In TVET learning Context. *International Journal of Engineering & Technology*, 8(1), 129-34.
- Kerr, J., & Lawson, G. (2020). Augmented reality in design education: landscape architecture studies as AR experience. *International Journal of Art & Design Education*, 39(1), 6-21.
- Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., Diamantaras, K., & Evangelidis, G. (2022). Augmented reality and gamification in education: A systematic literature review of research, applications, and empirical studies. *Applied Sciences*, 12(13), 6809.
- Lin, Y. C., Chen, Y. P., Yien, H. W., Huang, C. Y., & Su, Y. C. (2018). Integrated BIM, game engine and VR technologies for healthcare design: A case study in cancer hospital. *Advanced Engineering Informatics*, 36, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.03.005>
- Linn, M. C. y Petersen A.C. (1985), "Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis", *Child Development*, vol. 56, núm. 6, pp. 1479-1498
- Lohman, D. F. (1996). Spatial ability and g. *Human abilities: Their nature and measurement*, 97(116), 1.
- Martínez (2022). Dibujo para estudiantes de ingeniería: Representación gráfica. <http://dx.doi.org/10.16925/gcgp.74>
- Martínez, I., & Morales, M. (2018). Recorridos interactivos de realidad aumentada como nueva herramienta multimedia en la enseñanza de asignaturas de Construcción Arquitectónica = Interactive augmented reality

- tours as a new multimedia tool in the teaching of Architectural Construction subjects. *Advances in Building Education*, 2(1), 31. <https://doi.org/10.20868/abe.2018.1.3692>
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91. doi:10.1016/j.cag.2009.11.003
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological bulletin*, 86(5), 889.
- Mejía, C. (2017). Mujeres trabajadoras en “sindicatos de hombres”: El caso de construcción civil. Trabajo y Sociedad. Estudios sobre el mundo del trabajo en el Perú, 167-190. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Mejia-21/publication/320989096_Mujeres_trabajadoras_en_sindicatos_de_hombres_el_caso_de_construccion_civil/links/5a05db1b0f7e9b682298d1d7/Mujeres-trabajadoras-en-sindicatos-de-hombres-el-caso-de-construccion-civil.pdf
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995, December). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telem manipulator and telepresence technologies* (Vol. 2351, pp. 282-292). Spie.
- Moreno Torres (2004). La atención de problemas académicos en los estudiantes de la división de Ingenierías. Reflexiones y Estrategias. Zona Próxima, pp. 112-123. Barranquilla: Universidad del Norte. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85300506>
- Murphy, L. W. (1936). The relation between mechanical ability tests and verbal and non-verbal intelligence tests. *The Journal of Psychology*, 2(2), 353-366.
- Nesterov, A., Kholodilin, I., Shishkov, A., & Vanin, P. (2017). Augmented reality in engineering education: Opportunities and advantages. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 19(4), 117-120.
- Olguin Carbajal, M., Rivera Zárate, I., & Hernández Montañez, E. (2006). Introducción a la Realidad Virtual. *Polibits*, (33),11-15.[fecha de Consulta 1 de Noviembre de 2022]. ISSN: 1870-9044. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=402640446002>
- Olivencia, J. J. L., & Martínez, N. M. M. (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (31), 1-18.
- Ordaz González, Gabriel José, & Britt Mostue, Maj. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2), 559-579. <https://dx.doi.org/10.15517/aie.v18i2.33164>
- Ortiz, A. (2013). Modelos pedagógicos y teorías del aprendizaje. Bogotá: Ediciones de la U.
- Ospina, C., & Lara, H. P. (2022). Análisis de la prueba estandarizada (PSVT: R), como ruta de diagnóstico, para la intervención con instrumentos, facilitadores del desarrollo de la habilidad espacial de rotación, esencial, en la comprensión de la Geometría Descriptiva. *Scientia et Technica*, 27(1), 52-60.
- Paposa, K. K., & Kumar, Y. M. (2019). Impact of training and development practices on job satisfaction: A study on faculty members of technical education institutes. *Management and Labour Studies*, 44(3), 248-262.
- Parkinson, J. & Cutts, Q. (2018) Investigating the Relationship Between Spatial Skills and Computer Science. In *Proceedings of the 2018 ACM Conference on International Computing Education Research*. ACM, 106–114. <https://doi.org/10.1145/3230977.3230990>

- Pearson Clinical Assessment España. (17 de noviembre de 2022). DAT 5, Test de Aptitudes Diferenciales. <https://www.pearsonclinical.es/dat-5-test-de-aptitudes-diferenciales>
- Peddie, J. (2017). Types of augmented reality. In *Augmented Reality* (pp. 29-46). Springer, Cham.
- Penadillo L., R., Pari S., A. R., Pari S., A. L., & Cahuana F., J. (2014). Plataforma virtual Moodle como recurso didáctico y el rendimiento académico en la asignatura de matemática básica de los alumnos del primer ciclo de la UNASAM-2013. *Aporte Santiaguino*, 7(2), pág. 111-119. <https://doi.org/10.32911/as.2014.v7.n2.481>
- Pérez Carrión, M. T., Ferreiro Prieto, J. I., Pigem Boza, R. E., Tomás, R., Serrano Cardona, M. G., & Díaz Ivorra, M. D. C. (2006). Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/21685>
- Peters, M. (2005), "Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems", *Brain and Cognition*, vol. 57, núm. 2, pp. 176-184
- Previc, F. H. (1998), "The neuropsychology of 3-D space", *Psychological Bulletin*, núm. 124, pp. 123-164.
- Quintero et al., (2015). Augmented reality app for calculus: A proposal for the development of spatial visualization. *Procedia Computer Science*, 75, 301-305. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915037126>
- Quiroz, R. I. S., & Yogui, D. N. (2020). Análisis de las dificultades que presentan los estudiantes universitarios en matemática básica. *Apuntes Universitarios. Revista de Investigación*, 10(2), 1-16. <https://www.redalyc.org/journal/4676/467662252001/467662252001.pdf>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Robinson, R., Molenda, M., & Rezabek, L. (2013). Facilitating learning. In *Educational technology* (pp. 27-60). Routledge.
- Roca-González, C., Martín Gutiérrez, J., García-Domínguez, M., & Mato Carrodegua, M. D. C. (2017). Virtual technologies to develop visual-spatial ability in engineering students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. doi:10.12973/eurasia.2017.00625a.
- Rodríguez, R. E. (2019). Desarrollo de la capacidad espacial a través de la metodología del aula invertida en una universidad privada de Lima [Tesis de master, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15200>
- Sáez-López, J. M., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., y Gómez Carrasco, C. J. (2020). Augmented reality in higher education: An evaluation program in initial teacher training. *Education Sciences*, 10(2), 26
- Sánchez, H., y Reyes, C. (2003). *Psicología del aprendizaje en educación superior*. Visión Universitaria, Lima.
- Saorín, J. L., Navarro, R. E., Martín, N., Martín, J., & Contero, M. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 84(9).
- Saorín, J. L., Navarro, R., Martín, N., & Contero, M. (2005). Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería. ICECE 2005. <http://www.regeo.uji.es/publicaciones/SNMC05.pdf>
- Saorín, J. L. (2006). Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/1881>.
- Smith, I. *Spatial ability: Its educational and social significance*. London: The University of London Press, 1964.

- Sorby, S. A. (2007). Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australasian Journal of Engineering Education*, 13(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1080/22054952.2007.11463998>
- Tashko, R., & Elena, R. (2015). Augmented reality as a teaching tool in higher education. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 3(1), 7-15.
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago, IL: University of Chicago press.
- Thurstone, L. L. (1950). Some primary abilities in visual thinking. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 94(6), 517-521.
- Tristancho, J. A., Vargas, L. F., & Contreras, L. E. (2019). Desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería mediante CAD especializado. *Scientia et Technica*, 24(1), 57-66.
- Universidad de Lima. (2023). Reglamento General de estudios. https://www.ulima.edu.pe/sites/default/files/page/file/reglamento_general_de_estudios_2023.pdf
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and motor skills*, 47(2), 599-604.
- Vázquez, S. M., & Noriega Biggio, M. (2010). La competencia espacial: Evaluación en alumnos de nuevo ingreso a la universidad. *Educación matemática*, 22(2), 65-91.
- VT-Lab (14 de junio de 2021). Lanzamos VT-Platform, la primera plataforma web para visualizar, interactuar y trabajar con modelos BIM tanto en Realidad Aumentada como Virtual.VT-Lab. <https://www.vt-lab.com/lanzamos-vt-platform/>
- Wang, Z., Liu, C., & Song, B. (2020). Panoramic Display and Planning Simulation of Civil Engineering Project Based on Virtual Reality Technology. *Complexity*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1424757>
- Yildiz, E. P. (2021). Augmented Reality Research and Applications in Education. In (Ed.), *Augmented Reality and Its Application*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99356>
- Zimmerman, W.S. (1953). A revised orthogonal rotational solution for Thurstone's original primary mental abilities test battery. *Psychometrika* 18, 77-93 <https://doi.org/10.1007/BF02289029>. <https://sci-hub.hkvisa.net/>



ANEXOS

Anexo 1

Componentes a medir, autores y descripción por test.

Componente a medir	Nombre del Test	Abreviatura del Test	Autor(es)	Descripción
Relaciones espaciales	Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMS-SR	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
	Cards Rotation Test	CRT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales Consta de una figura criterio, dos alternativas correctas y dos incorrectas o “distractores”. El usuario deberá elegir las dos alternativas que corresponden a la figura criterio
	Mental Rotation Test	MRT	Vanderber y Kuse, 1976	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
	Mental Cutting Test	MCT	College Entrance Examination Board. USA	Incluye las variantes de Shepard y Metzler (1971) del test denominado Chronometric Task, y el formato se ha realizado para ordenador
	Generis Mental Rotation Tasks		Voyer, Voyer y Bryden, 1995	Hay que elegir, mediante rotaciones mentales, la imagen que es idéntica a la que se presenta en el ejercicio
	Rotation of Images		Duerman – Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Imágenes de manos giradas de diferentes maneras donde el sujeto debe decidir si la imagen corresponde a una mano izquierda o derecha
	Left or right hand identification		Duerman – Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio
	Purdue Spatial Visualization Test	PSVT-R	Guay R. B, 1977	Requiere ajustar una barra a la vertical a pesar de información que se suministra en la casilla
	Rod-and-frame test	RFT	Witkin y Asch, 1948	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor
	The Water Level Test	WLT	Piaget e Inhelder, 1956	Hay que decidir entre cinco opciones, cuál de los dibujos bidimensionales puede ser construido mediante un juego de fragmentos que se suministra
Visión espacial	Paper Form Board	PFB	Likert y Quasha, 1941	Se requiere relacionar una forma tridimensional con la imagen de su desarrollo en dos dimensiones
	Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset	DAT – SR	Bennett, Seashore y Wesman, 1947	Hay que indicar que bloque entre varias opciones, es el mismo que el estándar dadas una serie de pistas (letras y números en las caras del bloque)
	Identical Blocks Test	IBT	Stafford, 1961	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
	The Block Design Subset of the Weschler Adult		Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	

Intelligence Scale			
Paper Folding	PF	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que indicar cual, entre cuatro piezas desarrolladas de papel, es la misma que el modelo plegado
Various adult and children's versión of the Embedded Figures Test	EFT and CEFT	Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Revised Minnesota Paper Form Board Test	RMPFB	Rensis Likert y William H. Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados

Fuente: Saorín et al. (2005)



Anexo 2

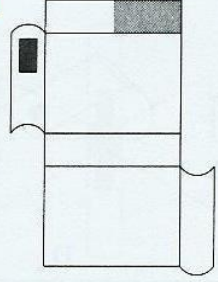
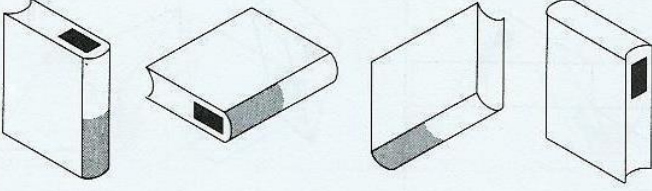
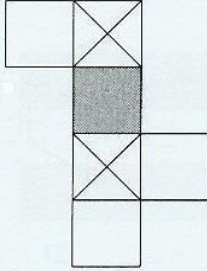
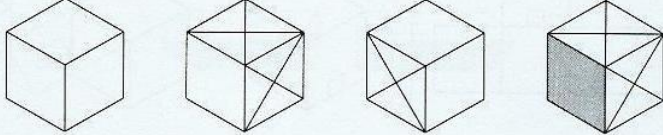
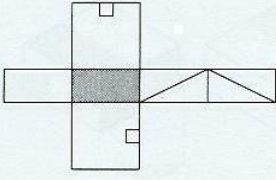
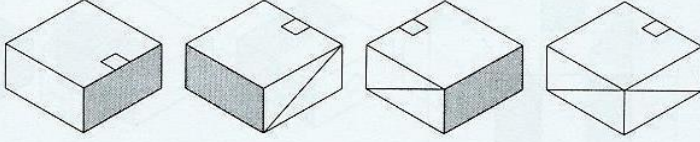
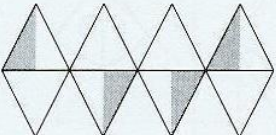
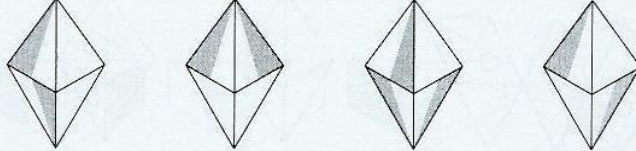
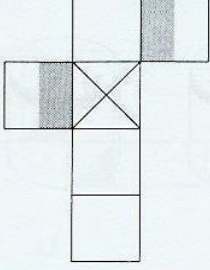
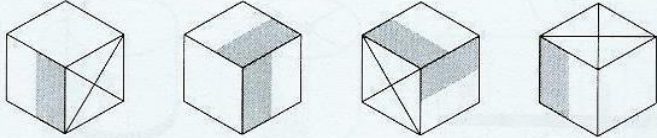
Test de medición de habilidades espaciales

<p>1</p>	
<p>2</p>	
<p>3</p>	
<p>4</p>	
<p>5</p>	

Cortesía del investigador Hugo Cesar Gómez Tone

<p>6</p>	<p>A B C D</p>
<p>7</p>	<p>A B C D</p>
<p>8</p>	<p>A B C D</p>
<p>9</p>	<p>A B C D</p>
<p>10</p>	<p>A B C D</p>

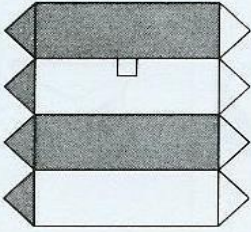
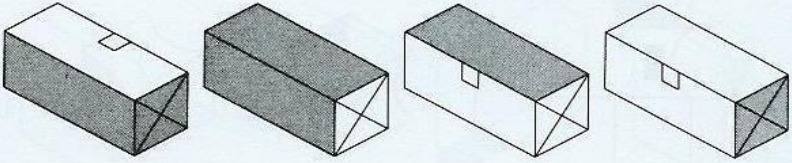
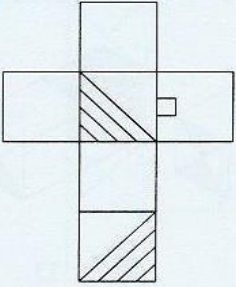
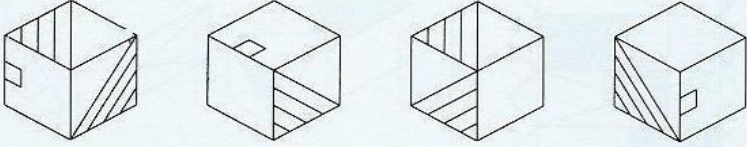
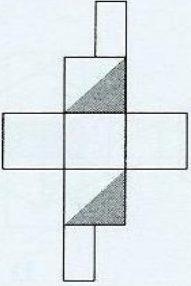
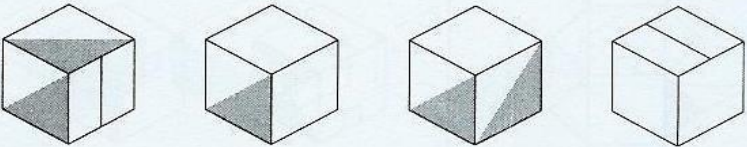
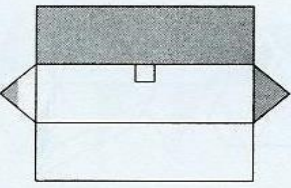
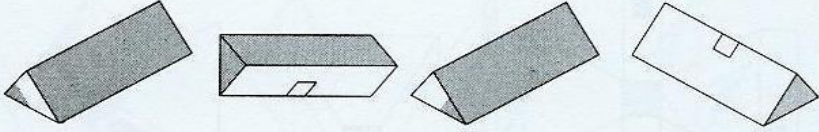
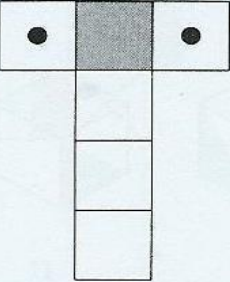
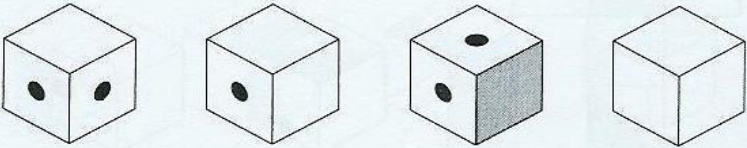
Cortesía del investigador Hugo Cesar Gómez Tone

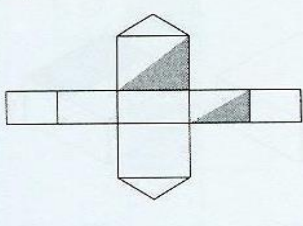
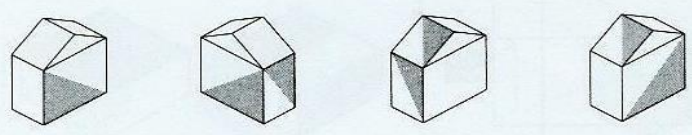
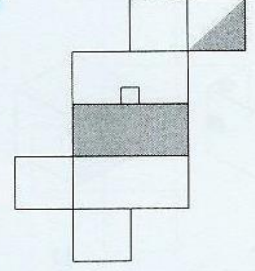
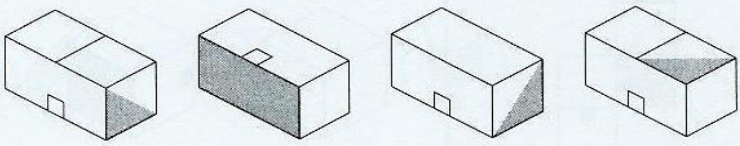
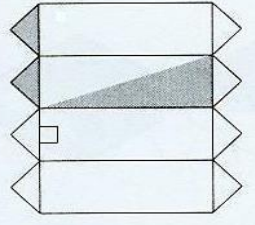
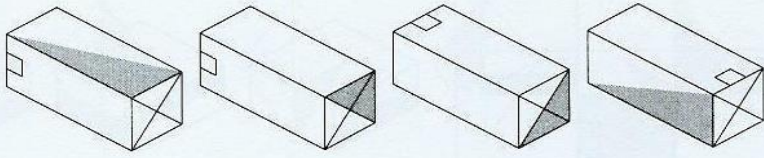
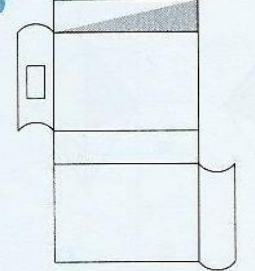
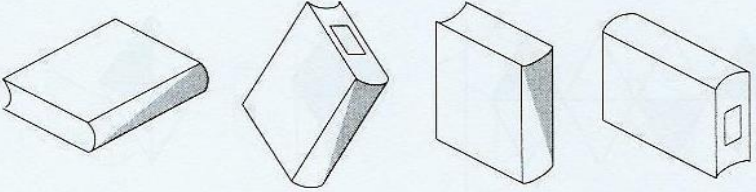
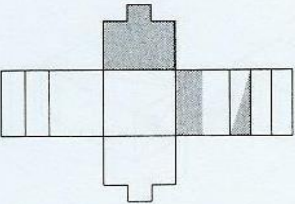
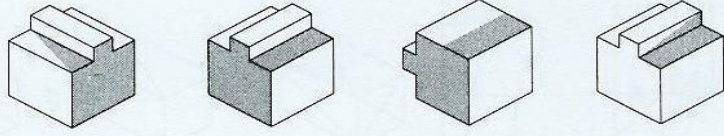
<p>11</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>12</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>13</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>14</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>15</p> 	 <p>A B C D</p>

Cortesía del investigador Hugo Cesar Gómez Tone

<p>16</p>	<p>A B C D</p>
<p>17</p>	<p>A B C D</p>
<p>18</p>	<p>A B C D</p>
<p>19</p>	<p>A B C D</p>
<p>20</p>	<p>A B C D</p>

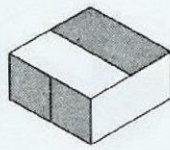
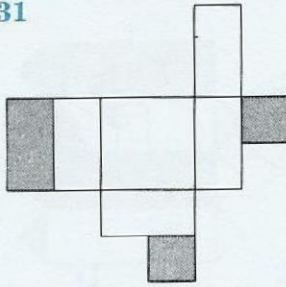
Cortesía del investigador Hugo Cesar Gómez Tone

<p>21</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>22</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>23</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>24</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>25</p> 	 <p>A B C D</p>

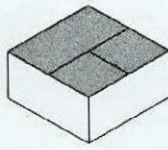
<p>26</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>27</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>28</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>29</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>30</p> 	 <p>A B C D</p>

Cortesía del investigador Hugo Cesar Gómez Tone

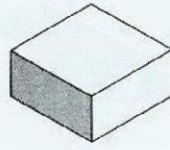
31



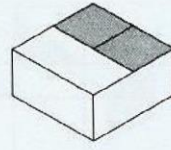
A



B

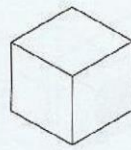
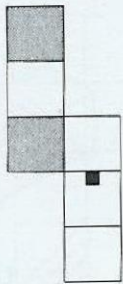


C

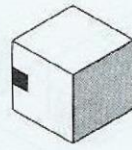


D

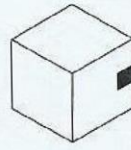
32



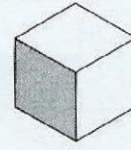
A



B

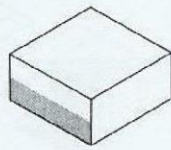
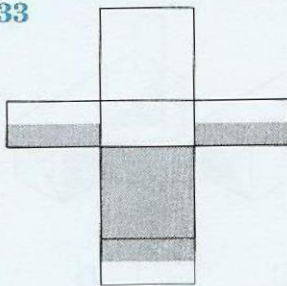


C

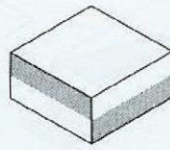


D

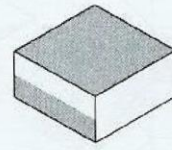
33



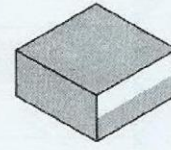
A



B

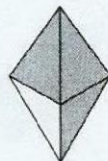
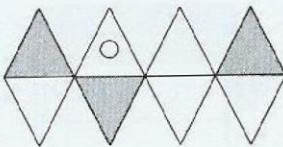


C

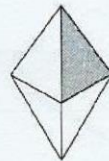


D

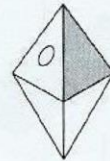
34



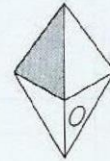
A



B

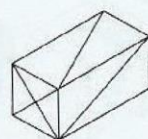
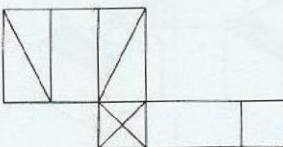


C

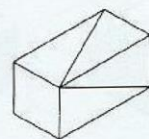


D

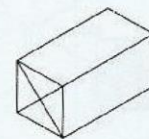
35



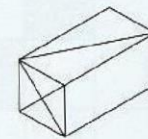
A



B



C



D

<p>36</p>	<p>A B C D</p>
<p>37</p>	<p>A B C D</p>
<p>38</p>	<p>A B C D</p>
<p>39</p>	<p>A B C D</p>
<p>40</p>	<p>A B C D</p>

Cortesía del investigador Hugo Cesar Gómez Tone

<p>41</p>	
<p>42</p>	
<p>43</p>	
<p>44</p>	
<p>45</p>	

<p>46</p>	<p>A B C D</p>
<p>47</p>	<p>A B C D</p>
<p>48</p>	<p>A B C D</p>
<p>49</p>	<p>A B C D</p>
<p>50</p>	<p>A B C D</p>

Cortesía del investigador Hugo Cesar Gómez Tone

Anexo 3
Cronograma de trabajo

CRONOGRAMA DE TRABAJO													
Responsable de la actividad	Actividades	2022				2023							
		2022-2				2023-1				2023-2			
		Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Lisette Abrahamzon Garcia	Revisión de la literatura	X	X	X	X								
Lisette Abrahamzon Garcia	Referencias bibliográficas	X	X	X	X								
Lisette Abrahamzon Garcia	Generalidades (Planteamiento del problema, justificación, alcance, objetivos generales y específicos, hipótesis y estado del arte)			X	X								
Lisette Abrahamzon Garcia	Marco teórico				X								
Lisette Abrahamzon Garcia	Elaboración y validación del instrumento de investigación				X								
Lisette Abrahamzon Garcia	Elaboración y validación de la herramienta de investigación					X							
Lisette Abrahamzon Garcia	Aplicación de la herramienta de investigación						X						
Lisette Abrahamzon Garcia	Aplicación del instrumento de investigación							X					
Lisette Abrahamzon Garcia	Procesamiento y análisis de los datos							X	X				
Lisette Abrahamzon Garcia	Interpretación de los resultados								X				
Lisette Abrahamzon Garcia	Formulación de las conclusiones								X				
Lisette Abrahamzon Garcia	Ajuste del artículo para publicación									X			
Lisette Abrahamzon Garcia	Preparación para la sustentación para obtener el grado de bachiller										X	X	X

SCIENTIA ET PRACTICA

Anexo 4*Presupuesto de trabajo*

PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO					
Etapas/Fases		Descripción	Cantidad	Costo unitario	Monto total en S/
1	Asesoría		1	-	A cargo de la universidad
2	Licencias de software VT -Platform AR		1	-	Versión gratuita
3	Licencia de Revit		1	-	A cargo de la universidad
4	Celular		1	-	A cargo de cada alumno
5	Costo del test		1	-	Cortesía de investigador Gómez-Tone
6	Costo por derecho a diploma de bachiller		1	S/. 355	S/. 355
7	Costo por derecho a diploma de título		1	S/. 1400	S/. 1400

Anexo 5

Resultados obtenidos del grupo experimental y de control



Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Código de estudiante	Género	Ciclo	Nombres	Apellidos	Edad	¿Cuántas veces has llevado el curso de sanitarias?	¿En qué área de la carrera desearias desarrollarte?	Puntuación	P1	P2	P3
6/7/2023 7:51:48	20190115@aloe.ulima.edu.pe	20190115	Masculino	7mo	Fabrizio	Antonoli Linares	20	1(actualmente)	Transporte	14/50	A	B	A
6/8/2023 7:48:52	20182284@aloe.ulima.edu.pe	20182284	Masculino	7mo	Marco Antonio	Ayala Gonzales	22	1(actualmente)	Gestión de proyectos	15/50	D	C	C
6/9/2023 7:50:52	20200243@aloe.ulima.edu.pe	20200243	Masculino	6to	Alberto Carlos	Becerra Carranza	19	1(actualmente)	Transporte	35/50	D	D	C
6/9/2023 8:11:52	20190252@aloe.ulima.edu.pe	20190253	Masculino	6to	Alejandro José	Bermúdez Fernanc	23	1(actualmente)	Geotecnia	47/50	D	C	C
6/9/2023 8:03:27	20202743@aloe.ulima.edu.pe	20202743	Femenino	6to	Melany	Ccallo	20	1(actualmente)	Gestión de proyectos	37/50	D	C	C
6/9/2023 8:05:04	20213060@aloe.ulima.edu.pe	20213060	Masculino	6to	Jorge Luis	Chavez Meza	22	1(actualmente)	Gestión de proyectos	20/50	D	D	C
6/10/2023 8:02:20	20173211@aloe.ulima.edu.pe	20173211	Femenino	7mo	Karen Michel	Chipana Rivera	23	1(actualmente)	Gestión de proyectos	20/50	D	C	C
6/9/2023 8:06:02	20190559@aloe.ulima.edu.pe	20190559	Masculino	6to	Richard Jorge	Cuba Alvarez	20	1(actualmente)	Estructuras	46/50	D	C	C
6/9/2023 8:05:56	rodri.dp02@gmail.com	20202869	Masculino	7mo	Rodrigo Josue	Diaz Portilla	21	2	Gestión de proyectos	27/50	D	C	C
6/9/2023 8:14:05	20200726@aloe.ulima.edu.pe	20200726	Masculino	7mo	Julian David	Enriquez Sanchez	20	1(actualmente)	Estructuras	45/50	D	C	C
6/9/2023 7:45:49	20200734@aloe.ulima.edu.pe	20200734	Masculino	6to	Sergio fabian	Escudero Rondan	19	1(actualmente)	Gestión de proyectos	26/50	D	C	C
6/10/2023 7:43:37	20192738@aloe.ulima.edu.pe	20192738	Femenino	6to	Nacira Nataly	Espinosa Astoraym	24	1(actualmente)	Geotecnia	22/50	D	C	C
6/11/2023 7:44:29	20202923@aloe.ulima.edu.pe	20202923	Masculino	6to	Segundo Javier	Fernandez Trinidad	20	1(actualmente)	Estructuras	9/50	B	B	B
6/9/2023 7:51:24	20194084@ALOE.ULIMA.EDU.PE	20194084	Masculino	7mo	Enzo Zidane	Fernandez Vitor	21	1(actualmente)	Gestión de proyectos	14/50	B	C	A
6/9/2023 8:03:27	20200947@aloe.ulima.edu.pe	20200947	Masculino	5to	Jalef Aaron	Grau Torres	20	1(actualmente)	Gestión de proyectos	40/50	D	D	B
6/9/2023 8:04:06	20183990@aloe.ulima.edu.pe	20183990	Femenino	6to	Elyane Daleska	Gutierrez Marquez	21	2	Estructuras	44/50	D	C	C
6/9/2023 8:15:08	20140623@aloe.ulima.edu.pe	20140623	Masculino	6to	Alexander Manuel	Hilasaca Hilasaca	25	1(actualmente)	Geotecnia	49/50	D	C	C
6/9/2023 8:05:42	20203125@aloe.ulima.edu.pe	20203125	Masculino	6to	Ricardo Santos	Llanos Perez	21	1(actualmente)	Estructuras	42/50	D	C	C
6/9/2023 8:06:58	20204611@aloe.ulima.edu.pe	20204611	Masculino	6to	Francisco Felipe Plo	Mamani Zanabria	23	1(actualmente)	No lo defino aún	45/50	D	C	C
6/9/2023 8:43:27	20140783@aloe.ulima.edu.pe	20140783	Masculino	7mo	Alonso Enrique	Marquez Pacheco	26	1(actualmente)	Gestión de proyectos	49/50	D	C	C
6/9/2023 8:51:15	20194286@aloe.ulima.edu.pe	20194286	Masculino	6to	Jose	Marrufo Rodriguez	23	2	Estructuras	39/50	D	C	C
6/10/2023 8:41:12	20203226@aloe.ulima.edu.pe	20203226	Masculino	5to	Luis Alfredo	Merma Facundo	19	1(actualmente)	Gestión de proyectos	50/50	D	C	C
6/11/2023 8:44:11	20193095@aloe.ulima.edu.pe	20193095	Masculino	6to	Ismael Roberto	Millan Reyes	22	1(actualmente)	Geotecnia	50/50	D	C	C
6/12/2023 8:46:13	20201418@aloe.ulima.edu.pe	20201418	Masculino	6to	Emmanuel Eduardo	Moreira Bustamant	22	1(actualmente)	Gestión de proyectos	48/50	D	C	C
6/13/2023 8:41:10	20194397@aloe.ulima.edu.pe	20194397	Masculino	7mo	Bryan Keen	Padilla Rivas	21	1(actualmente)	Estructuras	50/50	D	C	C
6/9/2023 9:23:19	20203368@aloe.ulima.edu.pe	20203368	Masculino	6to	Juan Manuel	Palomino Palominc	19	1(actualmente)	Sismorresistente	44/50	D	C	C
6/10/2023 9:21:12	20193248@aloe.ulima.edu.pe	20193248	Masculino	6to	Jahaira Estefany	Picon Hilario	22	1(actualmente)	Gestión de proyectos	50/50	D	C	C
6/11/2023 9:24:26	20173748@aloe.ulima.edu.pe	20173748	Masculino	6to	Diego Renato	Pumatay Leon	21	1(actualmente)	Gestión de proyectos	48/50	D	C	C
6/12/2023 9:25:12	20203511@aloe.ulima.edu.pe	20203511	Masculino	7mo	Alvaro Mauricio	Reynaga Mayta	21	1(actualmente)	Sismorresistente	46/50	D	C	B
6/9/2023 8:50:39	20201787@aloe.ulima.edu.pe	20201787	Masculino	7mo	Carlos Fernando	Rivera Quispe	19	1(actualmente)	Gestión de proyectos	43/50	D	B	C
6/9/2023 9:00:47	20143216@aloe.ulima.edu.pe	20143216	Masculino	6to	Luis Fernando	Sánchez Boada	25	1(actualmente)	Gestión de proyectos	32/50	D	C	C
6/9/2023 8:43:27	20184468@aloe.ulima.edu.pe	20184468	Masculino	6to	Christian Hans	Sanchez	21	1(actualmente)	Gestión de proyectos	40/50	D	C	D
6/10/2023 8:31:26	20193482@aloe.ulima.edu.pe	20193482	Masculino	5to	Aldayr Aytron	Solorzano Huerta	22	1(actualmente)	Hidráulica	50/50	D	C	C
6/11/2023 8:41:13	20194677@aloe.ulima.edu.pe	20194677	Masculino	7mo	Andres Moises	Torres Wong	22	1(actualmente)	Gestión de proyectos	49/50	D	C	C
6/9/2023 9:00:27	20205028@aloe.ulima.edu.pe	20205028	Masculino	6to	Edgar Lee	Torres Wong	19	1(actualmente)	Estructuras	38/50	D	C	C
6/9/2023 8:45:22	20174030@aloe.ulima.edu.pe	20174030	Masculino	7mo	Jorge Rodrigo	Vergara Silva	23	2	Gestión de proyectos	42/50	D	D	C
6/9/2023 8:57:31	20174034@aloe.ulima.edu.pe	20174034	Masculino	7mo	OMAR ANTONIO	VICUNA HUMAN	26	1(actualmente)	Transporte	32/50	D	D	C
6/10/2023 8:51:27	20163740@aloe.ulima.edu.pe	20163740	Masculino	8vo	Stip Adoniesis	Yali Lima	24	1(actualmente)	Gestión de proyectos	50/50	D	C	C
6/11/2023 8:55:30	20193682@aloe.ulima.edu.pe	20193682	Masculino	6to	Ronal Andre	Zaldívar Romero	21	1(actualmente)	Gestión de proyectos	48/50	D	C	C



	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
B	C	A	B	A	D	C	B	C	A	C	A	B	B
B	A	B	B	D	D	A	A	A	B	C	C	A	C
B	A	A	C	B	D	D	B	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	C	B	D	A	A
C	A	A	D	C	B	D	B	A	D	C	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	A	C	B	D	A
B	A	A	B	B	D	D	D	A	C	B	D	A	A
D	A	A	B	B	D	D	D	A	A	D	B	C	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	C	B	A	A	A
B	A	A	D	C	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	C	B	D	A	D
C	B	C	B	B	C	B	B	B	B	B	C	D	A
D	B	C	A	B	A	C	C	A	A	D	B	A	C
A	A	A	D	B	D	D	D	A	D	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	A	B	B	A	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	D	A	C	B	D	A	A

G. Experimental

B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	A	D	A	A	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	B
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
A	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	B	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	D	A	A	B	B	A	A	C	B	C	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
B	A	A	A	B	D	D	A	A	B	D	A	A
B	A	A	D	B	B	D	A	C	B	D	C	A
B	A	A	D	B	D	D	A	B	B	D	A	A
B	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A
A	A	A	D	B	D	D	A	C	B	D	A	A

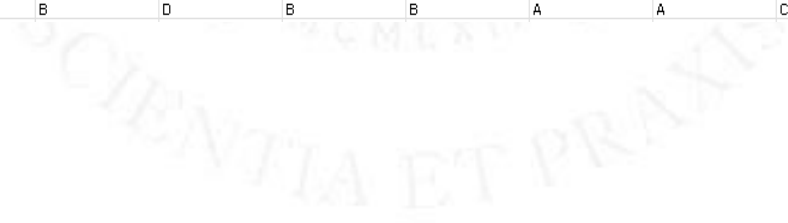


Metodología de enseñanza-aprendizaje con realidad aumentada para el desarrollo de habilidades espaciales: Caso aplicado en estudiantes de ingeniería civil

• 3




	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34
C	D	B	A	C	B	A	B	A	B	D	B	C	D	B	B	B	C	
A	A	C	B	C	A	B	B	B	A	C	C	A	A	A	C	B	D	
D	C	D	A	A	D	B	C	B	B	A	D	C	B	D	B	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	D	B	B	B	A	A	B	D	B	B	A	A	
D	B	D	A	C	D	C	D	D	B	A	A	B	A	B	C	B	A	
A	A	C	D	A	C	D	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	
D	C	D	A	A	D	B	A	B	B	B	A	B	A	B	D	D	C	
A	C	A	B	C	B	D	B	D	B	B	A	A	C	B	D	A	B	
C	A	A	A	A	C	D	A	C	D	A	C	B	B	A	A	C	C	
C	B	B	B	B	B	C	D	A	A	B	B	B	A	D	D	C	B	
B	D	B	C	A	B	C	C	C	B	C	A	A	D	B	C	C	C	
A	C	D	A	C	D	D	C	B	B	C	A	C	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	B	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	A	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	B	D	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	
D	C	D	A	C	D	B	A	B	B	A	A	C	C	B	D	B	A	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	B	C	B	
A	C	D	A	A	D	B	B	B	B	A	A	C	C	B	C	A	B	
D	C	D	D	C	D	D	B	D	B	A	A	C	B	B	C	A	A	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B	

A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	B	C	C	B	B	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	B	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	B	D	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
D	C	D	A	C	D	B	A	B	B	A	A	C	C	B	D	B	A
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	B	C	B
A	C	D	A	A	D	B	B	B	B	A	A	C	C	B	C	A	B
D	C	D	D	C	D	D	B	D	B	A	A	C	B	B	C	A	A
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B
A	C	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C	C	B	D	A	B



Monica Vergara

tesis

-  Tesis 2025
-  Tesis
-  Universidad de Lima

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3162199127

Submission Date

Feb 21, 2025, 3:31 PM GMT-5

Download Date

Feb 21, 2025, 4:29 PM GMT-5

File Name

inal_-_Tesis_con_comentarios_-_Lisette_Abrahamzon_24.07.24.docx

File Size

5.8 MB

64 Pages

19,464 Words

107,884 Characters




8% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Quoted Text

Top Sources

- 6%  Internet sources
- 6%  Publications
- 3%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 6% Internet sources
- 6% Publications
- 3% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	online-journals.org	3%
2	Internet	futureinsidethisblog.blogspot.com	1%
3	Internet	mts.intechopen.com	<1%
4	Internet	arrow.tudublin.ie	<1%
5	Publication	GEORGE K. BENNETT. "THE DIFFERENTIAL APTITUDE TESTS: An Overview", The Per...	<1%
6	Internet	arkajainuniversity.ac.in	<1%
7	Student papers	Universidad TecMilenio	<1%
8	Internet	www.researchgate.net	<1%
9	Student papers	Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE	<1%
10	Student papers	Universiti Teknologi Malaysia	<1%
11	Publication	Mark G. McGee. "Human spatial abilities: Psychometric studies and environment...	<1%

12	Publication	Nayma Martín Amaro, Pedro Y. Piñero Pérez, Dagoberto Félix Pérez Montesinos, I...	<1%
13	Publication	Georgios Lampropoulos, Euclid Keramopoulos, Konstantinos Diamantaras, Georg...	<1%
14	Student papers	University of Economics Ho Chi Minh	<1%
15	Internet	sites.cs.ucsb.edu	<1%
16	Student papers	Drexel University	<1%
17	Student papers	University of Brighton	<1%
18	Student papers	University of Portsmouth	<1%
19	Internet	soilandwater.bee.cornell.edu	<1%
20	Internet	itea4.org	<1%