

Aprendizaje de arquitectura empresarial mediante prototipo de software de realidad virtual. Caso de estudio

Ricardo David Camargo Lemos, María Daniela Castañeda Restrepo & Omar Santiago Parra Montaña

Facultad de Ingeniería, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia

rcamargo1@unbosque.edu.co, mcastanedar@unbosque.edu.co, oparram@unbosque.edu.co

Resumen— La dificultad en el aprendizaje de la arquitectura empresarial es una de las problemáticas más comunes en los estudiantes de ingeniería de software en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad El Bosque, por la densidad de los conceptos, la poca experiencia de los estudiantes en el ámbito laboral, y las escasas herramientas pedagógicas para su enseñanza, entre otras. Este trabajo de investigación se basa en la metodología de investigación acción. Presenta los resultados del diseño y construcción de un prototipo de software de realidad virtual como herramienta que contribuya con el aprendizaje de Arquitectura Empresarial (basado en el marco de referencia The Open Group Architecture Framework), su aplicación a un grupo de estudiantes de la asignatura, y la posterior medición y evaluación del proceso de aprendizaje resultante. Se concluyó que el prototipo es adecuado para reforzar y evaluar conceptos complejos y de una manera didáctica.

Palabras Clave— realidad virtual, Ingeniería de Software; educación; arquitectura empresarial.

Recibido: 29 de mayo de 2020. Revisado: 2 de junio de 2020. Aceptado: 5 de Julio de 2020.

Enterprise architecture learning through virtual reality software prototype. Case Study

Abstract— Difficulty in learning enterprise Architecture is one of the most common problems in Software Engineering students in the Systems Engineering Program at El Bosque University, due to the density of the concepts, the little experience of the students in the workplace, and the scarce pedagogical tools for teaching them, among others. This research work is based on action research methodology. It presents the results of the design and construction of a virtual reality software prototype as a tool that contributes to the learning of Enterprise Architecture (based on The Open Group Architecture Framework), its application to a group of students of said subject, and the subsequent measurement and evaluation of the resulting learning process. To conclude, the prototype is suitable to reinforce and evaluate complex concepts in a didactic way.

Keywords— virtual reality, software engineering, education, enterprise architecture.

1 Introducción

La Ingeniería de Sistemas permite la construcción e innovación de nuevas soluciones tecnológicas orientadas a entornos educativos [1], con el objetivo de ayudar a los estudiantes en la comprensión de temas de alta complejidad, en muchos de los casos se utilizan tecnologías visuales como realidad virtual, realidad aumentada o gamificación [2], [3].

En esta investigación se ilustra un entorno virtual educativo orientado a la enseñanza-aprendizaje en Ingeniería de Software, a través de un prototipo de realidad virtual. En vista de que la dificultad en el aprendizaje del método de desarrollo de arquitectura ADM (Método de desarrollo de la arquitectura) en el marco de trabajo de arquitectura empresarial TOGAF (The Open Group Architecture Framework) es una de las problemáticas que más se presentan debido a varias circunstancias, entre ellas, se observa que: 1) la base conceptual del marco de trabajo TOGAF tiende a ser intensivo por cubrir muchos temas en tiempos cortos, 2) sus contenidos son mayoritariamente teóricos. Es un problema porque se convierte en un tema tedioso el cual se ha manifestado por parte de los estudiantes que ya han cursado la asignatura en ocasiones anteriores, por no encontrar elementos en la realidad que les permitan observar y analizar el lugar, la posición y la interrelación de los diferentes componentes de TOGAF, así como su propósito de forma tangible. Adicionalmente, las metodologías y procesos pedagógicos utilizados por parte de los docentes tienden a ser poco didácticos, fomentando las distracciones en clase y la pérdida de interés por el tema. Esta problemática se debe resolver ya que como parte de los contenidos pedagógicos que el aspirante al título de ingeniero(a) de sistemas debe poseer, es necesario que conozca, aplique y entienda tanto el propósito, como las herramientas y técnicas para contribuir de forma eficiente con los esfuerzos que una organización pueda realizar en su transformación empresarial, apalancados en arquitectura empresarial bajo el modelo TOGAF.

Es por esto por lo que esta tecnología ofrece un valor agregado dado que la inmersión total es la opción más viable para transmitir información a los estudiantes [4] y aumentar la concentración. De igual manera, la realidad virtual está en la capacidad de implementarse en cualquier área disciplinar [5, p. 5] en virtud de que la tecnología está transformando la educación por medio de metodologías de aprendizaje activas que involucren al estudiante en aprender dinámicamente [6], [7]. Gracias a esto, los estudiantes pueden aprender a su propio ritmo, y estudiar cuantas veces ellos lo estimen necesario, además creando entornos virtuales se pueden simular diferentes situaciones que son complicadas de

entender y observar en el mundo físico como con un libro o la explicación de un profesor. Por las razones anteriormente expuestas, el uso de la tecnología de realidad virtual está siendo muy utilizado en varias partes del mundo con el propósito de cambiar las metodologías tradicionales de enseñanza-aprendizaje en el salón de clases [8]. Visto de esta manera estos entornos permiten a los estudiantes mejorar la percepción al momento de enfrentarse a un problema en un caso real, sin dejar de un lado la parte contextual de los casos de estudio. La realidad virtual (VR) se ha convertido en una de las tecnologías con mayor influencia en la actualidad debido a su fácil portabilidad, ya que esto permite el despliegue de las aplicaciones en cualquier momento y lugar, también se caracteriza por ser multisensorial permitiendo que los estudiantes tengan una sensación de aprendizaje agradable.

Esta sensación se logra debido a que existen cinco (5) sistemas perceptuales y cada uno de estos sistemas se asocia más en unos individuos que en otros, por eso para algunos es más fácil aprender escuchando o para otros es más sencillo por medio de la visión como lo sería con las tecnologías visuales. Uno de esos sistemas es el sistema visual, este sistema se divide en 3 áreas: El sistema visoespacial, el sistema de análisis visual que contiene las habilidades de memorizar e interactuar con la información visual, en este tipo de sistema se encuentra también la memoria espacial y la secuencial que se basan en recordar objetos, textos, imágenes en un orden específico, por último, está el sistema visomotor la cual mezcla la coordinación visual con los movimientos del cuerpo. [9] Según varios autores e investigaciones, el aprendizaje de los estudiantes universitarios se clasifica en 4 dimensiones, el sistema visual pertenece a la segunda dimensión, pero con la tecnología de realidad virtual los estudiantes también harán uso de la tercera dimensión, en esta pertenece el aprendizaje activo el cual las personas comprenden y memorizan mejor la información cuando interactúan con ella en la realidad. [10]

Esta investigación hace parte de un proyecto más amplio que tiene como objetivo efectuar el estudio, diseño, aplicación y evaluación pedagógica de una herramienta de software basado en 3D/ realidad virtual /realidad aumentada para el aprendizaje de arquitecturas empresariales y de tecnologías de la información y comunicación en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad El Bosque. La investigación se basa en analizar y construir una nueva metodología de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Ingeniería de Software 3 por medio de un prototipo de realidad virtual enfocado en incentivar y ayudar a comprender los conceptos del marco de arquitectura empresarial TOGAF. En cuanto a los temas que se enseñaran se comprenden los conceptos básicos del marco de referencia, el método de desarrollo de arquitectura (ADM) y sus fases.

Por otra parte, se elaboró un caso de estudio de una empresa que tenía como alcance implementar este marco de referencia para la mejora de los objetivos del negocio. En cuanto al marco de referencia, TOGAF es una de las metodologías más populares para crear una arquitectura empresarial basado tanto en el negocio como en las

tecnologías de la información, su principal característica es la posibilidad de implementarse en cualquier organización. Entre muchas de las ventajas que se alcanzan al implementar un marco de arquitectura empresarial, las más destacadas son la reducción de costos y riesgos, así como la identificación de nuevas oportunidades de negocio, y analiza una organización desde cuatro dominios los cuales son: datos, negocio, aplicaciones y tecnología.

El Método de desarrollo de la arquitectura – ADM, es el conjunto de actividad para el desarrollo del ciclo de vida de una arquitectura empresarial, siendo el núcleo de TOGAF. Se compone de 8 fases, *Fase Preliminar*, *Fase A (Visión de la arquitectura)*, *Fase B (Arquitectura de negocios)*, *Fase C (Arquitectura de sistemas de información)* *Fase D (Arquitectura de tecnologías)*, *Fase E (Oportunidades y soluciones)*, *Fase F (Planificación de migración)*, *Fase G (Implementación)*, *Fase H (Arquitectura gestión del cambio) y la Gestión de Requerimientos* [11].

Cabe mencionar que en esta investigación el prototipo realizado contiene los conceptos básicos y las dos primeras fases del ADM, debido a que son contenidos extensos y el objetivo es validar si al enseñar estas dos fases por medio de estas nuevas metodologías activas se mejora el aprendizaje. Este tipo de tecnologías en ocasiones generan impactos negativos en los estudiantes tales como, sobrecarga cognitiva y la dificultad de usabilidad, entre otros, lo anterior se ha venido superando a medida que pasa el tiempo, debido a que algunas investigaciones realizadas entre 2003 a 2013 indicaron que los estudiantes necesitan ser capacitados con respecto al uso de esta tecnología antes de usarlo en actividades de aprendizaje [12].

Por esto, fueron realizadas capacitaciones virtuales personalizadas a cada uno de los participantes para mostrar la respectiva instalación de los aplicativos, su funcionalidad y finalmente, se realizó un cuestionario de satisfacción con preguntas abiertas y cerradas para medir que tan a gusto estaban los estudiantes con los conocimientos que obtenían, la evaluación que se realizó, el rendimiento de la herramienta y la calidad de los gráficos.

2 Marco de referencia

2.1 Aprendizaje por medio de las TICs

Las tecnologías de la información y la comunicación han cambiado la forma de vivir, desde lo social, personal, laboral e, incluso, lo educativo. En cuanto este último, las TICs pueden permitir un aprendizaje interactivo, con mejor capacidad de entendimiento, más que con una simple lectura de un libro, y la realización de una evaluación escrita, esto se debe a que, a través de videos, imágenes, simulaciones, se puede aprender de una manera más sencilla. Una ventaja del uso de estas es que se puede utilizar el recurso en cualquier lugar o momento, ofreciendo la capacidad a los usuarios de acceder a entornos personalizados de aprendizaje, promoviendo la autonomía y haciendo que los estudiantes puedan tomar un control de su educación a su propio ritmo [13].

Las posibilidades que ofrece Internet han impactado notablemente la educación, el acceso a la información almacenada en las nubes es muy fácil y al alcance de muchos. Adicionalmente, las TICS pueden facilitar el aprendizaje tanto presencial como a distancia, para lo cual es conveniente señalar que:

La utilización combinada de las tecnologías multimedia e Internet hace posible el aprendizaje en prácticamente cualquier escenario (la escuela, la universidad, el hogar, el lugar de trabajo, los espacios de ocio, etc.). Y esta ubicuidad aparentemente sin límites de las TIC [14, p. 739].

El avance de estas tecnologías mejora sustancialmente la relación entre docentes y alumnos en la educación, haciendo énfasis en la educación superior ya que, a medida que los docentes se adaptan a estas tecnologías, los estudiantes pueden mejorar profesionalmente y capacitarse para la vida laboral, permitiendo realizar ejercicios prácticos en múltiples formatos. Por otra parte, y de forma similar a los videojuegos, permiten la interactividad, lo cual no es posible con la utilización de un libro, por este tipo de interacción y, gracias al desarrollo de aplicaciones para la enseñanza-aprendizaje como videoconferencias, e-learning, redes sociales para compartir ideas, web 2.0, softwares educativos, pizarras digitales, entre otros, permiten acceder a más información cada día, proporcionando a los estudiantes mejores elementos para un aprendizaje activo [15].

2.2 Realidad virtual

Existen varias definiciones al término de realidad virtual, la más destacada es: “*la Realidad Virtual es fundamentalmente una simulación computarizada de la realidad, siendo su principal característica la capacidad de proveer una inmersión sensorial.*” [16].

Esta tecnología tiene tres tipos diseñados para distintas funciones dependiendo del alcance que quiere obtener [17].

- No inmersivo: Es un sistema que se presenta al usuario utilizando la pantalla de un ordenador y sus respectivos dispositivos de hardware, su característica principal se basa en la visualización de objetos 3D.
- Proyectivo: En este tipo de realidad virtual es necesario que el usuario se encuentre en un espacio cerrado, debido a que las imágenes se proyectan en cada una de las paredes donde está ubicado.
- Inmersivo: Permite al usuario desconectarse de la realidad en la que vive sumergiéndose en un entorno virtual a través de ciertos dispositivos. Adicionalmente, esta simulación causa la estimulación de los sentidos de las personas.

2.3 Herramientas para la realidad virtual

Existen una gran cantidad de herramientas disponibles para la creación de entornos virtuales, por un lado, está *Tilt Brush*, la cual es una herramienta creada por Google, y provee a sus usuarios la posibilidad de expresarse

artísticamente con trazos en 3D o 2D y esculpir en el espacio. Para utilizarlo eficientemente, se hace uso de controladores de mano y sensores de rastreo que diagraman los movimientos realizados.

Oculus Medium es una de las herramientas más destacadas para la construcción de esculturas en realidad virtual, haciendo uso de funciones avanzadas centrándose específicamente en objetos de realidad virtual, utilizándose en la actualidad en el desarrollo de personajes para la construcción de videojuegos, es decir que trabajan con gafas de alto procesamiento como *Oculus Facebook* y *Oculus Touch* para la interacción con el entorno virtual [18, p. 66]. Por otra parte, existen herramientas de baja complejidad como *Seymourpowell VR Design Tool*, que permiten realizar curvas suaves con ciertos parámetros que hacen que se acerquen más a la realidad [18, p. 67].

Finalmente, entre los softwares de realidad virtual está *Unity*, la plataforma más conocida para crear principalmente juegos, o cualquier contenido 2D o 3D, aparte de esto *Unity* es uno de los programas gratuitos con mayor número de opciones para el desarrollo basado en la proyección y sistemas de visualización de realidad virtual. Todo esto ya que *Unity* ofrece a sus usuarios una interfaz amigable para lograr el diseño de sus contenidos [19].

2.4 Arquitectura como concepto

Revisando el diccionario etimológico de la Real Academia Española RAE, el término arquitectura proviene del latín *architectūra*, la cual tiene varias acepciones, a saber [20]:

1. f. Arte de proyectar y construir edificios.
2. f. Diseño de una construcción. Un edificio de arquitectura moderna.
3. f. Conjunto de construcciones y edificios. La arquitectura del centro histórico de Quito.
4. f. Inform. Estructura lógica y física de los componentes de una computadora.

Si bien el cuarto término es el que describe de una forma razonablemente directa el concepto en términos del propósito de este artículo por ser catalogado como un concepto informático, resulta llamativo identificar en las demás definiciones, la mención al arte y diseño implicados en las construcciones y edificios, lo cual no se incluye en la comúnmente utilizada definición informática.

Merece un estudio particular de la definición de arquitectura y su origen, para lo cual Parcell [21, p. 7-9] en su escrito *Four historical definitions of architecture*, hace una interesante mención sobre temporalidad y evolución de este término, conforme a la civilización que la haya asimilado e interpretado para sí. Recuerda que el término originó en la Roma antigua, mas no tiene una correspondencia directa en el griego, lo cual hace que, filológicamente hablando, el término arquitectura es susceptible de cambiar de cara a una particular interpretación en cada civilización occidental. Con base en dichas particularidades, Parcell, por sugerencia de Kristeller, ilustra el concepto de arquitectura desde cuatro clasificaciones epistemológicas como sigue: 1) Arquitectura como *techné*

(Griego Antiguo), 2) arquitectura como arte mecánico (Europa Occidental medieval), 3) arquitectura como un arte del diseño (Italia del renacimiento), y, 4) arquitectura como arte fino (Europa Occidental del siglo XVIII).

Sustentado en lo anterior, Parcell reflexiona sobre lo abstracto de la expresión arquitectura, en lo que reconoce como difícil establecer algún tipo de límite de conocimiento sobre el que se enmarque el término, definiendo qué es y qué no es arquitectura y los diferentes ámbitos de conocimiento para los que se ha aplicado, por lo tanto, la complejidad que suscita el abordar un proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto, afirmando que:

Each of these definitions establishes a different ground on which an architectural characteristic is distinguished from a non-architectural characteristic: proportionate vs. non-proportionate, ornate vs. plain, grand vs. humble, complex vs. simple, unique vs. typical, rich vs. poor, sacred vs. secular, etc. The word "architecture" is now sufficiently ambiguous to be adopted for novel domains such as "molecular architecture" and "computer architecture," in which the word indicates a complex organization. In everyday speech, "architecture" sounds exclusive and therefore somewhat pretentious. [21, p. 14].

2.5 Arquitectura Empresarial

Como parte de las diferentes definiciones y conceptos concernientes a una empresa y su organización, se tiene la de arquitectura empresarial, la cual establece un marco de definiciones y conceptos comunes que permiten entender una organización empresarial de forma cohesionada y concordante con sus objetivos, metas, estructura y misión, comprendiendo los siguientes aspectos:

1. La estrategia de negocio
2. Los procesos que estructuran la operación
3. Los datos que se generan y resultan de la operación
4. Los sistemas de información, y;
5. La infraestructura de tecnología.

La arquitectura empresarial, aglutina e integra los anteriores aspectos, dando una vista completa de una empresa u organización, facilitando relaciones claras y definidas entre el negocio como modelo y procesos, con las tecnologías de información y comunicaciones que posee tal organización.

Existen varias aplicaciones del concepto de arquitectura empresarial, las cuales dependen de la institución que las ha desarrollado, y convertido en marco de referencia para su seguimiento y operacionalización dentro de la empresa. Dentro de estas organizaciones se encuentra una denominada *The Open Group*, la cual en su propósito misional, se define como un consorcio global que habilita el logro de los objetivos de negocio, a través de estándares de tecnología [22]. Como parte de esos estándares, desarrollan y mantienen el marco de referencia de arquitectura empresarial denominada TOGAF (The Open Group Architecture Framework), el cual presenta un método detallado y procedimental, así como las herramientas para desarrollar arquitectura empresarial en las organizaciones.

El método en cuestión tiene por nombre método de desarrollo de arquitectura (del inglés ADM: Architecture Development Method), la cual, en decir del estándar TOGAF 9.2, qué es la más reciente al momento de escribir este artículo, establece que es el método para desarrollar y gestionar el ciclo de vida de una arquitectura empresarial, la cual integra elementos del estándar, y otros activos arquitecturales para lograr los objetivos de negocio, y las necesidades de IT en una organización [11].

ADM consta de diferentes fases en las cuales se logra la definición de diferentes aspectos de la empresa mediante la ejecución de fases, desde la visión y elementos y requerimientos previos que la organización debe cumplir para realizar un proceso de diseño de arquitectura empresarial (*Preliminary*), para la formulación de una visión de cómo se considera que debería ser la arquitectura objetivo (*A: Architecture Vision*), posteriormente, se realiza la definición de la estructura del negocio actual y prevista (*B: Business Architecture*). A continuación, se define la estructura arquitectural de los sistemas de información y la tecnología que deberá acompañar la redefinición del negocio visto de forma arquitectural (*C: Information Systems Architecture*, y *D: Technology Architecture*).

Posteriormente, ADM contribuye a la definición de las oportunidades y soluciones que pueden surgir como proyectos para materializar las propuestas establecidas en las fases anteriores, así como establecer un plan de migración para su implementación (*E: Opportunities and Solutions*) y *F: Migration Planning*), para, finalmente, construir un modelo de gobierno de la arquitectura ya implementada y de gestión del cambio que la arquitectura pueda tener dentro de la empresa (*G: Implementation Governance*, y *H: Architecture Change Management*). Todas las anteriores fases, se integran con un proceso esencial, quien coordina las necesidades y requerimientos que surjan de los interesados, como es la gestión de requerimientos (*Requirements Management*).

2.6 Enseñanza de la Ingeniería de Sistemas en la Universidad El Bosque

Como parte de los elementos por los cuales, a los estudiantes del programa, y al momento de obtener su matrícula, el estudiante debe adoptar y asimilar el Proyecto Educativo Institucional diseñado, cuyos postulados, entre otros están consignados en el documento "Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería de Sistemas", en el que, conforme a lo que Natalia Parra y su equipo de trabajo [23], expone los objetivos de aprendizaje que son motivo de atención de este estudio, en términos del desarrollo de habilidades para el diseño, construcción, e implementación de sistemas informáticos que contribuyan a solucionar necesidades en ambientes particulares, así como el desarrollo de habilidades para realizar labores de planeación y solución a problemas, por medio de proyectos de ingeniería.

Para ilustrar este aspecto, en el artículo de Ricardo Camargo denominado "Profesores y estudiantes como actores: el aula como escenario", realiza una exposición sucinta sobre los elementos por los cuales la Universidad El

Bosque “*se rige por una normatividad académica y pedagógica clara; en esa medida, es necesario determinar la articulación del juego de rol con estas regulaciones y considerar los postulados del modelo biopsicosocial y cultural (BPSC) identificados en el Proyecto Educativo de Programa (PEP) de Ingeniería de Sistemas [23]. A partir del concepto de sistema como conjunto de elementos interrelacionados entre sí que cumplen un fin común, se determina que el ingeniero de sistemas, para producir los proyectos y soluciones que la comunidad exige (artefactos), debe tener en cuenta las interrelaciones y efectos que estos puedan tener sobre el espacio físico o lugar (medio) en donde se plantea su adopción, y la manera como esta lo afecta. Igualmente, debe sopesar las consecuencias de su implementación sobre las conductas de los miembros de la sociedad (hábitos) y el conjunto de normas formales e informales por las que dicha sociedad se rige (creencias).*”

Cabe resaltar los tres últimos componentes del modelo BPSC: medio, hábitos y creencias. Dicho en otras palabras, el entorno profesional y laboral en que el estudiante de ingeniería de sistemas se desenvolverá en su quehacer, por la importancia que tiene dentro de su formación. Dicho entorno está constituido por aquellas personas y grupos sociales (empresarios, comunidades, organizaciones, etc.) para quienes este futuro profesional desarrollará proyectos y soluciones de software. En esa medida, es necesario que el estudiante desarrolle las habilidades y destrezas que le permitan percibir e interpretar correctamente las necesidades del entorno, diseñar y construir el artefacto adecuado para responder a tales necesidades, y medir el posible impacto de su implementación. [24].

2.7 Teorías de aprendizaje y Aprendizaje Visual

Es conocido que el ser humano, dentro de sus habilidades como *homo sapiens* está el de poder conocer, o aquel proceso de abstraer la realidad que lo circunda y poderla convertir en un concepto, idea, arquetipo, etc., en su psiquis, su mente, siendo este un proceso consciente, el cual está descrito por la epistemología – como es la regidora de la teoría del conocimiento, y Bower, en su obra *Teorías del Aprendizaje*, se expresa sobre la dificultad en la diferenciación de los conceptos aprender y saber [25, p. 12], admitiendo la ambigüedad y dependencia de estos, siendo que aprender es el proceso de comprender un concepto, por medio de experimentación o estudio, y el saber (o conocer) es percibir con los sentidos o mente, o experimentación.

Esta ambigüedad es conveniente para los términos en que se desea abordar en este artículo, señalando las formas en las que un ser humano puede conocer o aprender, por medio de los sentidos, de lo que Schunk en su libro *Teorías del Aprendizaje* [26, pp. 37-38], hace un breve recuento de cómo es que se procesa la información de índole visual en el cerebro, por medio de la interacción entre los lóbulos parietal y occipital, siendo el primero quien procesa la información visual, y el segundo quien realiza la integración de la información visual obtenida con la información táctil y de la posición del cuerpo. En la misma obra, Schunk [26, p. 44] describe, desde el punto de la neurofisiología del

aprendizaje, el sistema de procesamiento de información, como una asociación secuencial entre el registro sensorial y las memorias, tanto de corto, como de mediano plazo, siendo el registro que se percibe como estímulo visual, uno de los más relevantes para lograr que el estudiante enfoque su atención, por lo que recomienda el autor la utilización de estímulos que causen una impresión sensorial de importancia, lo que da orientación para este trabajo de investigación.

3 Metodología y Materiales

La presente investigación se realizó en 5 fases. Para la Fase 1 (Investigación de antecedentes) y la Fase 2 (análisis de la población objetivo), se hizo uso del diseño investigación-acción como metodología de investigación, debido a que es una de las metodologías más utilizadas en el área de ingeniería, entre otras, se caracteriza por ser participativa, permitiendo hacer uso de estrategias de recolección de información a través de la práctica y participación de forma equitativa con cada uno de los miembros. Dentro de su diseño se realizó la observación, análisis e interpretación y solución e implementación [27], las cuales serán expuestas en detalle a continuación.

Fase 1, se realizó un estado del arte con el objetivo de realizar un estudio que permita conocer situaciones previas de tecnologías visuales en relación con la educación de estudiantes en educación superior. Esta recolección de información se llevó a cabo para determinar cuáles herramientas de tecnología visual son las adecuadas para crear el prototipo de software, aparte de lo mencionado, otro objetivo, fue conocer qué proyectos o aplicaciones se han realizado en cuanto a temas relacionados con la ingeniería en varias partes del mundo.

Fase 2: análisis de la población objetivo. Se utilizaron dos instrumentos de recolección de información: en primer lugar, se empleó la herramienta de análisis cualitativo llamada observación teniendo en cuenta que permite identificar problemas reales en el aula de clases. Para este análisis el Investigador principal y profesor de la asignatura a la cual se le hace el estudio, participó de forma activa con los estudiantes por espacio de dos (2) semestres académicos, realizando las siguientes observaciones:

- En cuanto al comportamiento: los estudiantes son bastante inquietos en el sentido y contexto de los conocimientos recibidos.

- Los estudiantes manifiestan dificultad para entender ciertos temas y asimilarlos dentro de contextos empresariales, por no tener experiencia laboral.

En segundo lugar, se aplicó un cuestionario a 10 de los 26 estudiantes que cursan la asignatura Ingeniería de Software 3 modalidad diurna, de la Universidad El Bosque, para conocer mejor a la muestra de la población con respecto a los conocimientos que tenían en su momento sobre arquitecturas empresariales y cómo consideran la metodología de enseñanza actual. Otro de los temas que se buscó conocer por medio del sondeo, fue la opinión de cada uno de los estudiantes en cuanto al uso de tecnologías como la realidad virtual en la facultad de Ingeniería.

Fase 3: creación de contenidos, en primera parte, se buscó diseñar y exponer de manera sencilla a través de animaciones, imágenes, audios y videos los temas que se iban a enseñar referentes a TOGAF, el ADM y sus fases. Adicionalmente, se construyó un caso de estudio único para ser relacionado con los temas anteriormente explicados, de manera que los estudiantes estén en la capacidad de relacionar dicho caso a una situación real de una organización. En segunda parte, se diseñaron 15 preguntas que fueran adecuadas a los temas enseñados para evaluar a los estudiantes sobre el aprendizaje obtenido.

Para la fase 4 y 5 se utilizó la Metodología ágil Scrum debido a que permite realizar las iteraciones y modificaciones que se consideren necesarias. Para esto, se crearon 2 sprints, el primer sprint contenía la parte del diseño y creación del prototipo (Fase 4) y en segundo sprint se realizaron las pruebas a los usuarios (fase 5).

Fase 4: diseño y construcción del prototipo, en primera parte se hizo la adaptación del caso de estudio al prototipo, se planeó hacer una aplicación móvil con una interfaz simple, para que los estudiantes tengan una buena experiencia como usuarios del prototipo y puedan comprender fácilmente el uso de la aplicación. Esta aplicación se divide en dos escenarios construidos con librerías (*Assets*) propias de *Unity*, las cuales simulan un salón de clases. En el primer escenario el estudiante podrá interactuar con un computador portátil, el cual reproduce los contenidos propios de la arquitectura anteriormente mencionados. En el segundo escenario el estudiante será evaluado en un contexto tipo concurso de preguntas y respuestas, con un contador de tiempo por pregunta y un tablero donde se visualiza la puntuación obtenida al final de la prueba, el número de preguntas acertadas y, asimismo, tiene la posibilidad de realizar prueba nuevamente.

Como se puede observar en las siguientes figuras 1 y 2, ambos escenarios se muestran ya instalados en un dispositivo móvil para ser usado con las gafas de realidad virtual.

Fase 5: pruebas a los usuarios, en esta fase se realizaron 2 modificaciones que fueron relevantes para los resultados de la investigación debido a la situación declarada por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en el primer periodo del año 2020, en la cual el gobierno colombiano decretó confinamiento total de los habitantes [28].

A causa de esto, no fue posible hacer experimentos presenciales con los estudiantes, lo que causó que la muestra de la población se redujera significativamente, ya que, no todos contaban con los recursos necesarios para realizar el experimento de manera satisfactoria, afortunadamente de los 10 estudiantes iniciales, 2 poseían gafas de realidad virtual lo que permitió poder seguir con la investigación. Es importante recalcar el perfil de estos dos estudiantes, uno de ellos se encuentra en octavo semestre con un promedio de 4.0, se considera como un estudiante que disfruta del aprendizaje y en ocasiones le toma un poco más de tiempo comprender en su totalidad algunos conceptos con los que no ha trabajado y son un poco técnicos. El otro participante se encuentra en séptimo semestre con un promedio de 4.6 es considerado como un estudiante aplicado y que se esfuerza

en tener conocimientos diferenciadores a partir de auto aprendizaje.

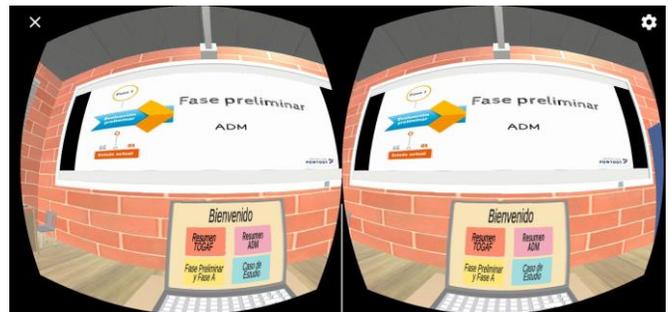


Figura 1. Escenario de Contenidos.
Fuente: Los autores.

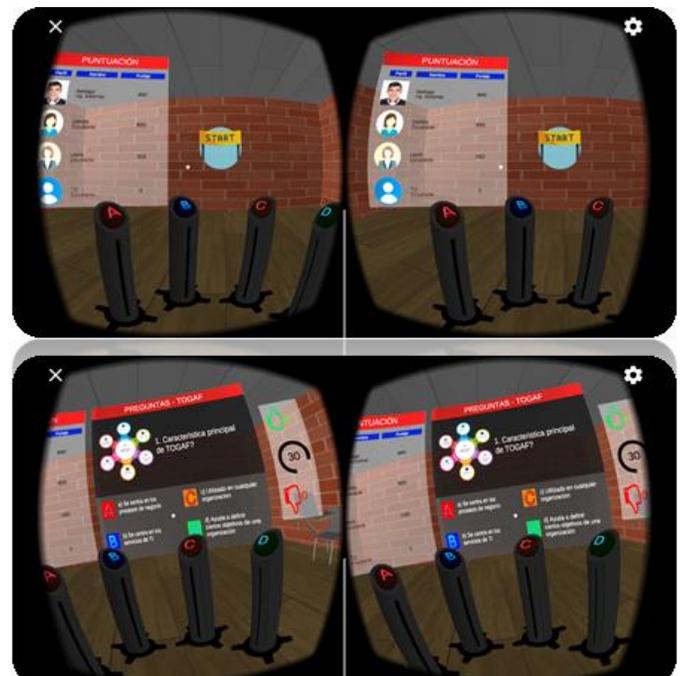


Figura 2. Escenario evaluativo.
Fuente: Los autores.

La aplicación móvil fue dividida en dos para tener mayor detalle del uso del software por parte de los estudiantes. En donde el primer aplicativo comprende la parte de los contenidos y el segundo la parte evaluativa. Esto se realizó con el objetivo de que los estudiantes pudieran prepararse para la evaluación y tuvieran una mayor interacción con la herramienta.

Se solicitó a los estudiantes ajustar el foco y la distancia de las gafas VR Box para alcanzar una visión y una experiencia óptima [29] debido a que usualmente con estas herramientas las personas tienden a marearse por la cantidad y la calidad de los gráficos, a perder el equilibrio o a presentar otras molestias [30].

Las pruebas se realizaron de forma virtual y en dos fechas acordadas. En primer lugar, se decidió proveer a los estudiantes el primer aplicativo para incentivar el autoaprendizaje y del mismo modo pudieran reforzar sus conocimientos las veces que ellos creyeran necesario. En

segundo lugar, se planeó una reunión con los estudiantes por medios virtuales que permitieron observar su comportamiento con el fin de disminuir el riesgo de que realizaran la prueba deshonestamente y de esta manera obtener realmente los aciertos que tuvo cada estudiante en el quiz desarrollado, como se puede ver en la Fig. 3 los estudiantes están interactuando con los aplicativos. Cabe mencionar, que cada reunión se grabó con el consentimiento de los estudiantes para analizar los resultados obtenidos.



Fig. 3 Estudiantes que hicieron parte del experimento.
Fuente: Los autores

Posteriormente, se les remitió un formulario, con el fin de analizar la opinión de los estudiantes para determinar el nivel de concentración e interés en el tema y si pudieron aprender o reforzar los conceptos.

4 Resultados y Discusión

El cuestionario de satisfacción mencionado en la fase 5 fue resuelto por los 2 estudiantes que participaron en las pruebas, las respuestas obtenidas se describen a continuación: En la primera pregunta ¿Le resultó más fácil concentrarse debido a que estaba inmerso en la herramienta y libre de distracciones? Los estudiantes manifiestan que la inmersión total, hizo que la concentración aumentará, además las imágenes planteadas dentro de los contenidos ayudaron a relacionar los conceptos expuestos. Razón por la cual se infiere que el prototipo generó un efecto positivo frente a la concentración de los estudiantes.

Para la segunda pregunta ¿Considera que pudo tener un proceso de aprendizaje efectivo de este tema (TOGAF) utilizando la tecnología de RV? Uno de los estudiantes respondió que para alguien que no tiene ningún conocimiento, si es una introducción muy clara, mientras que el otro estudiante considera que el proceso de aprendizaje fue más efectivo que el tradicional.

La tercera pregunta, era una pregunta cerrada con 6 opciones de respuesta múltiple, la cual permite conocer de qué manera ayudó el prototipo al estudiante en su aprendizaje. En los resultados obtenidos, los dos estudiantes seleccionaron que esta metodología de enseñanza permitió reforzar los conceptos del marco de arquitectura empresarial y adicionalmente lograron interesarse por el tema, la siguiente respuesta solo fue seleccionada por un estudiante donde expresa que con esta herramienta logra aclarar dudas que presentaba en clases. Con respecto a la opinión del otro estudiante, el cree que la metodología de enseñanza

planteada en la herramienta de software es igual a la metodología de enseñanza actual. Cabe señalar que, aunque la respuesta anterior no es positiva, en los resultados obtenidos en la pregunta número dos, un estudiante afirmó que la enseñanza con realidad virtual es mejor a la tradicional, por esta razón, estos resultados son ambiguos.

La cuarta pregunta fue referente a la experiencia de los estudiantes con el prototipo de software de realidad virtual, se preguntó qué tan intuitiva era la herramienta en una escala de 1 a 5 (Donde 1 correspondía a que la herramienta era poco intuitiva y 5 muy intuitiva). El resultado obtenido fue unánime con una respuesta de 4, lo que significa que los aplicativos fueron fáciles de usar.

La quinta pregunta buscó obtener una opinión de los estudiantes en cuanto a si los tiempos estipulados en el quiz fueron los adecuados para cada pregunta realizada. Los dos estudiantes respondieron a favor, con un 5, lo que indica que la duración total del quiz es la adecuada y permite a los estudiantes estar inmersos sin ningún tipo de presión o aburrimiento en los escenarios por el límite de tiempo.

La sexta pregunta formulada así: ¿Los contenidos del tema TOGAF fueron claros?, permitió determinar si los estudiantes consideran concretos los contenidos expuestos, por medio de una escala de 1 a 5 (Donde 1 hace referencia a que los contenidos no fueron concretos y faltaba información y 5 los contenidos fueron concretos, concisos y suficientes para entender el tema). Uno de los estudiantes respondió 4 dentro de la escala y el otro estudiante seleccionó 5, esto nos hace inferir que los contenidos son adecuados para entender el tema.

La séptima pregunta buscó ratificar las respuestas dadas por la pregunta anterior ¿Considera que los vídeos explicativos le ayudaron en la comprensión del tema? en donde los estudiantes respondieron que los videos fueron útiles para la comprensión de los temas, pero uno de ellos considera que se debe tener mayor profundidad o hacer ejemplos prácticos que ayude a interiorizar cada uno de los conceptos expuestos. Por estas razones, se deduce que el haber utilizado gráficos y audios ayudó en el entendimiento de los contenidos.

Con respecto a la octava pregunta ¿Los contenidos expuestos de la arquitectura empresarial TOGAF, hace relación con el tema a evaluar? ayudó a conocer si los estudiantes consideran que las preguntas realizadas en la evaluación hacen relación a los contenidos enseñados, en donde los estudiantes respondieron de manera unánime aclarando que si están relacionados desde los conceptos de la arquitectura empresarial TOGAF hasta el caso de estudio.

Como complemento a lo anterior, se preguntó si ¿Las preguntas realizadas en el prototipo respecto al tema eran de fácil comprensión? Igualmente, esta pregunta tenía escala de 1 a 5 (Siendo 1 difícil comprensión y 5 si se comprenden rápidamente). La respuesta obtenida fue 5 por parte de ambos estudiantes. De donde se infiere que el nivel de concentración es alto, haciendo sencilla la interpretación de estas.

Finalmente, la décima pregunta correspondía a si el segundo aplicativo permite mejorar algunos aspectos académicos. Los resultados fueron positivos dado que ambos

estudiantes coinciden en que se sienten menos presionados a pesar de que se encontraban en un escenario evaluativo, asimismo los estudiantes consideran que la herramienta permite aprender y divertirse al mismo tiempo y opinan que la herramienta aumenta la concentración estando más atentos a las preguntas. Es importante mencionar que el límite de tiempo por pregunta no fue un obstáculo que hiciera disminuir la concentración.

Adicionalmente a los cuestionarios realizados, se observó cada una de las sesiones grabadas para tener conocimiento del número de preguntas acertadas por cada estudiante y del mismo modo saber exactamente en cuales fallaron. En donde se evidencio que las respuestas incorrectas se relacionaban con el caso de estudio. En vista de esto, se realizó una reunión virtual para realizar una entrevista y ampliar el análisis cualitativo, en el cual se preguntó, por qué consideran que fallan en las preguntas anteriormente mencionadas. Los estudiantes manifestaron, que durante el tiempo que hicieron uso del primer módulo no encontraron la intención de porqué se exponían conceptos propios de una empresa (referentes al caso). Textualmente uno de los estudiantes comentó que “no entendía cuál era la necesidad ni la relevancia de porque se mostraba un caso de estudio, por eso no prestó la suficiente atención, pero en el quiz entendió la importancia de éste”. De igual manera, el otro participante mencionó que “solo vio un 60% del caso de estudio” porque tampoco comprendía el objetivo de este. Así mismo, se cuestionó si la experiencia fue agradable y qué sensaciones tuvieron con la tecnología y las gafas de realidad virtual. Los resultados obtenidos fueron favorables, ya que ninguno de los dos estudiantes tuvo sensaciones incómodas con la herramienta, y, por el contrario, se evidenció satisfacción por los escenarios mostrados y por la dinámica del quiz realizada tipo concurso.

5 Conclusiones

La tecnología de realidad virtual es útil en el ámbito educativo como un apoyo o refuerzo que contribuye al aprendizaje, de igual manera es una herramienta que aumenta la concentración, ofrece motivación a los estudiantes en su aprendizaje y brinda la oportunidad de estar inmersos en un entorno educativo las veces que crean necesario para apropiarse de los conceptos.

Otro punto importante por concluir es que la aplicación evaluativa puede ser implementada en varias asignaturas para realizar talleres/quices a medida que se enseñen nuevos temas donde los estudiantes midan los conocimientos que obtuvieron en la sesión de clase. Debido a que se evalúa de un modo práctico y didáctico, el tiempo en que se realiza es el adecuado, permitiendo que los estudiantes terminen su prueba satisfactoriamente y no se sientan bajo presión generando mayor confianza en sus conocimientos.

Por consiguiente, la integración de las dimensiones de aprendizaje (Visual y Auditiva) con los contenidos, permitieron que los estudiantes generarán la capacidad de recordar y mejorar su percepción, comprensión e interiorización profunda de conceptos. En conclusión, al implementar esta tecnología en la enseñanza, se pretende

beneficiar tanto a los docentes como a los estudiantes creando clases didácticas, participativas y enriquecedoras.

Es necesario recalcar que, debido a la pandemia vivida en el país y el mundo por el COVID19 la calidad de los resultados se vio afectada a causa de la disminución sustancial del número de estudiantes en disponibilidad de realizar la prueba, haciendo que no se pueda determinar si la nueva metodología de enseñanza con RV permite en gran medida que los estudiantes aprendan temas de difícil comprensión.

Referencias

- [1] R. A. Lobo Quintero, J. S. Santoyo-Díaz, y W. Briceño-Pineda, «EducAR: uso de la realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias básicas en ambientes educativos y colaborativos», *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 14, n° 27, pp. 65-71, 2019.
- [2] M. B. Ibáñez y C. Delgado-Kloos, “Augmented reality for stem learning: A systematic review,” *Computers & Education*, vol. 123, pp. 109–123, 2018.
- [3] A. Ahmed y M. J. Sutton, “Gamification, serious games, simulations, and immersive learning environments in knowledge management initiatives,” *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, vol. 14, n° 2/3, pp. 78–83, 2017.
- [4] D. Castro-González, L. H. Barbosa, V. Prada-Jiménez, y G. Conde-Méndez, «Diseño y desarrollo de un entorno virtual inmersivo para instruir el principio de superposición de movimientos a estudiantes de ingeniería», *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 12, n° 23, pp. 101-108, feb. 2017.
- [5] L. Santamaría y J. F. Mendoza, “Realidad virtual: potencial educativo”, *Ingenio Magno*, vol. 1, n° 1, 2010.
- [6] L. Santamaría y J. F. Mendoza “Construcción de mundos virtuales para el desarrollo de destrezas de lateralidad basado en Web3D”, *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 9, n° 17, pp. 13-25, jun. 2014.
- [7] K. P. Rodríguez Serrano, M. A. Maya Restrepo, and J. S. Jaen Posada, “Engineering education: From traditional teaching to the active learning pedagogy,” *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 30, n° 1, pp. 125–142, 2012.
- [8] B. Boyles, “Virtual reality and augmented reality in education”, Center for Teaching Excellence, United States Military Academy, West Point, NY, 2017.
- [9] M. S. Merchán and J. L. Henao, "Influencia de la percepción visual en el aprendizaje", *Influencia de la percepción visual en el aprendizaje*, vol. 1, 93-101, 2011.
- [10] M. Zapata Esteves and L. Flores Correa, "Identificación de los estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios", *Revista de Estilos de Aprendizaje*, vol.1, n°2, 2008.
- [11] The Open Group. The TOGAF® Standard, Version 9.2, 2018. pp. 37.
- [12] M.-B. Ibáñez and C. Delgado-Kloos, “Augmented reality for stem learning: A systematic review, *Computers & Education*, vol. 123, pp.109–123, 2018
- [13] J. B. Cotano, “Las TICs en la docencia universitaria”, 2005.
- [14] L. S. Pacheco, W. F. A. Ortega, E. d. J. D. Chong, and V. M. R. Quiñonez, “Las TICs en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación universitaria, *Dominio de las Ciencias*, vol. 3, n° 2, pp. 721–749, 2017
- [15] A. Semenov, “Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza: Manual para docentes o cómo crear nuevos entornos de aprendizaje abierto por medio de las TIC”, 2005.
- [16] A. de Antonio Jiménez, M. V. Abarca, and E. L. Ramírez, “Cuándo y cómo usar la realidad virtual en la enseñanza”, *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, n°. 16, p. 4, 2000.
- [17] D. Levis, “¿Qué es la realidad virtual,” Mateus, S., & Giraldo, JE (2012). “Diseño de un modelo 3D del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con Realidad Virtual”. SciELO, 2006.
- [18] H. T. Petrov, “Use of virtual reality in designing urban furniture, “Annual Journal of Technical University of Varna, Bulgaria, vol. 2, n°. 1, pp. 61–70, 2018.
- [19] X. Luyao, et al, “Development and application of virtual collaborative experiment technology based on unity platform,” in 2018 IEEE

- International Conference of Safety Produce Informatization (IICSPI), Dec 2018, pp.546–550.
- [20] Real Academia de la Lengua, “*Diccionario de la Real Academia de la Lengua*” [Online]. Available: <http://www.rae.es>. 2020.
- [21] S. Parcell, “*Four historical definitions of architecture*”. McGill-Queen’s Press-MQUP, 2007.
- [22] The Open Group. Who we are? [Online]. Recuperado de: <https://www.opengroup.org/about-us/who-we-are>.
- [23] N. Parra *et al.*, “*Proyecto Educativo del Programa PEP – Programa de Ingeniería de Sistemas*”. Ed. Universidad El Bosque, 2019.
- [24] R. Camargo. “*Profesores y estudiantes como actores: el aula como Escenario*”. Revisa Hojas del Bosque, 2019, p. 92.
- [25] G. H. Bower. “*Teorías del Aprendizaje*”. Editorial Trillas, 2004.
- [26] D. Schunk. “*Teorías del Aprendizaje: Una perspectiva Educativa*”. Editorial Pearson Educación. Sexta Edición. 2012.
- [27] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, P. Baptista Lucio *et al.* “*Metodología de la investigación*,” 2010.
- [28] C. Sohrabi, *et al.*, “World health organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (covid-19)”, *International Journal of Surgery*, 2020.
- [29] I. Guerra, M. Santopietro, L. Carvallo, and L. Bender, “Mirada, tiempo, acción y espacio virtual: visualizaciones de experimentos de seguimiento del campo visual con video inmersivo 360.”
- [30] B. G. Cuevas and L. V. Aguayo, “Efectos secundarios tras el uso de realidad virtual inmersiva en un videojuego,” *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, vol. 13, n° 2, pp. 163–178, 2013.

R.D. Camargo Lemos, recibió el título de Ing. de Sistemas en 1991, de la Universidad Piloto de Colombia y el título de Magister en Administración en 1997, por la Universidad de la Salle. Se vinculó a la Universidad el Bosque en el año 2018 como profesor asistente. Sus intereses investigativos incluyen la educación en ingeniería de sistemas y gerencia de proyectos, arquitectura empresarial, gerencia de proyectos, y sistemas complejos.
ORCID: 0000-0001-8817-0503

M.D. Castañeda Restrepo, recibe el título de Ing. de Sistemas en 2020 de la Universidad El Bosque de Bogotá-Colombia. Sus intereses investigativos incluyen la educación en ingeniería y la ciencia de datos.
ORCID: 0000-0002-2881-6058

O.S. Parra Montaña, recibe el título de Ing. Sistemas en 2020 de la Universidad El Bosque Bogotá-Colombia. Sus intereses investigativos incluyen la educación en ingeniería e Ingeniería de Software.
ORCID: 0000-0003-1032-9427