

NÉSTOR CAMILO BELTRÁN ÁVILA

2210352

JHON SEBASTIÁN RODRÍGUEZ FLECHAS

2200614

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
BOGOTÁ
2022

DESARROLLO DE UN RECURSO VIRTUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE
LABORATORIO DE NEUMÁTICA HACIENDO USO DE LA REALIDAD AUMENTADA

NÉSTOR CAMILO BELTRÁN ÁVILA

2210352

JHON SEBASTIÁN RODRÍGUEZ FLECHAS

2200614

Proyecto de trabajo de grado en la modalidad de solución a un problema de ingeniería,
para optar al título de Ingeniero Mecánico

DIRECTOR

Ing. Jesús David Villarreal López

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
BOGOTÁ
2022

Dedicatoria

Este proyecto de grado lo dedico a ti, Dios, que me diste la oportunidad de vivir y tener una familia maravillosa.

Principalmente, con mucho cariño, a mis padres Edigzon y Olga, por la vida que me dieron, por el hogar en el que crecí, por su comprensión y ayuda en los peores momentos. Me enseñaron a enfrentar la adversidad sin perder la dignidad ni fracasar en el intento. Asimismo, me dieron todo lo que soy en estos momentos, mis valores, mis principios, mi constancia y mi compromiso, todo con una fuerte dosis de amor y desinterés sin pedir nada a cambio. Porque nunca han perdido su fe en mí y en que podría lograrlo.

Dedico este trabajo a mis hermanos, Jhon, Alexander, Alejandro y Mario, por ser mis fieles compañeros a lo largo de la vida, por ser los impulsores de mis sueños y locuras. Por estar a mi lado aun cuando no merecía que lo estuvieran.

A mi maravillosa familia, por estar conmigo en cada momento importante de mi vida. Por apoyarme en seguir consiguiendo mis metas, por darme ánimos y alientos durante mis años de formación profesional.

A amigos y colegas, que me animaron todos los días de este proceso y me ofrecieron apoyo en momentos críticos, ya que sin esto no hubiera sido posible cumplir mi meta.

Por último, y no menos importante, dedico este trabajo a los profesores que, más que pasar el contenido, ayudaron en mi formación de una manera enriquecedora, siempre impregnando sus actitudes con ética y profesionalismo. Son ejemplos que quiero llevar a mi vida personal y profesional.

Jhon Sebastián Rodríguez Flechas.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a mi director y supervisor de proyecto de grado, el ingeniero Jesús Villarreal, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, consejos, forma de trabajar, constancia, paciencia y motivación fueron fundamentales en la formación como ingeniero. Me inculcó un espíritu de seriedad, responsabilidad y rigor académico, sin el cual no hubiera tenido una formación profesional completa.

En segundo lugar, agradezco a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomá. Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mi transitar profesional. Su semilla de conocimientos germinó en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

En tercer lugar, agradezco a mis amigos, Nicolas Duarte, Paula Rodríguez y Mateo Devia, futuros colegas. Hoy culminan esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.

Y por último, pero no menos importante, estaré eternamente agradecido a mi compañero de trabajo, Néstor Beltrán. Ya que el ambiente de trabajo creado fue simplemente perfecto, y su visión, motivación y optimismo me han ayudado en momentos muy críticos del proyecto de grado.

Para ellos, infinitas gracias.

Jhon Sebastián Rodríguez Flechas.

Dedicatoria

A mis padres, Edgar Beltrán y Jackeline Ávila, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, han sido orgullo y privilegio de sus hijos, son unos padres excelentes.

A mi hermana, Catalina Beltrán, por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso. Gracias por estar conmigo en todo momento.

A toda mi familia, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y, de una u otra forma, me acompañan en todos mis sueños y metas.

A todas y cada una de las personas que me he encontrado a lo largo de mi vida, ya que de manera directa o indirecta han aportado un granito de arena para convertirme en la persona que soy.

Finalmente, pero no menos importante, quiero dedicar este trabajo de grado a mis abuelos, personas llenas de amor incondicional. A mi abuelito, Nicomedes Beltrán, quien siempre llevaré en mi corazón y lo recordaré con la hermosa sonrisa que lo caracterizó.

Néstor Camilo Beltrán Ávila.

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida; y a toda mi familia, por estar siempre presente.

De igual manera, agradezco a la Universidad Santo Tomás de Aquino, a toda la Facultad de Ingeniería Mecánica, especialmente a mis profesores, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pudiera crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

A todos mis amigos, vecinos y futuros colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Destacando a mi compañero de grado Sebastián Rodríguez, por permitirme la oportunidad de haber realizado este trabajo en conjunto.

Finalmente, quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento, al ingeniero Jesús Villareal, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Néstor Camilo Beltrán Ávila.

Tabla de contenido

Capítulo 1. El problema	14
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo general	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 Requerimientos técnicos	14
1.2.1 Requerimientos funcionales	14
1.2.2 Requerimientos no funcionales.....	15
Capítulo 2. Marco	17
2.1 Marco teórico.....	17
2.1.1 Realidad aumentada.....	17
2.1.1.1 Definición.	17
2.1.1.2 Campos de aplicación de la realidad aumentada.	20
2.1.2 Realidad aumentada y realidad virtual	23
2.1.3 Realidad mixta	24
2.1.4 Neumática	25
2.1.4.1 Definición.	25
2.1.4.2 Elementos básicos y circuitos neumáticos.	26
2.2 Estado del arte	27
2.2.1 Historia general de la realidad aumentada	27
2.2.2 Realidad aumentada en la educación.....	28
2.2.3 Historia	32
Capítulo 3. Establecer los requisitos y elementos implementados en la generación de realidad aumentada	33

3.1 Elementos que intervienen	33
3.1.1 Monitor	33
3.1.2 Dispositivo con cámara	33
3.1.3 Software	33
3.1.4 Disparador.....	33
3.2 Componentes hardware y software	34
3.2.1 Componentes hardware	34
3.2.2 Componentes software	35
3.3 Arquitecturas de sistemas de realidad aumentada.....	36
3.3.1 Arquitecturas en sistemas autónomos de realidad aumentada.....	36
3.3.1.1 Características de un sistema autónomo.	38
3.3.2 Arquitecturas en sistemas distribuidos de realidad aumentada	38
3.4 Realidad aumentada n6vil.....	40
3.5 Conclusi6n	43
Capítulo 4. Investigar los tipos y niveles de realidad aumentada, así como las herramientas usadas en su elaboraci6n para su clasificaci6n y posterior selecci6n, basándose en la m6s eficiente y accesible para la educaci6n	45
4.1 Tipos de realidad aumentada	45
4.1.1 Realidad aumentada basada en marcadores.....	45
4.1.2 Realidad aumentada geolocalizada	47
4.2 Niveles de realidad aumentada.....	47
4.2.1 Nivel 0	47
4.2.2 Nivel 1	48
4.2.3 Nivel 2	49
4.2.4 Nivel 3	49

4.2.5 Nivel 4	50
4.3 Herramientas de autor para generar contenido educativo en la realidad aumentada	50
4.3.1 Herramientas de autor	51
4.3.2 Herramientas de autor para la educación	51
4.4 Softwares de diseño (CAD)	53
4.5 Librerías para crear aplicaciones de realidad aumentada	55
4.6 Softwares de realidad aumentada	58
4.7 Comparación de softwares para la realización de aplicaciones de realidad aumentada	61
4.7.1 Softwares CAD	62
4.8 Conclusión	70
Capítulo 5. Implementar un recurso interactivo por medio de la unión de la tecnología de la realidad aumentada y la neumática	71
5.1 Desarrollo del recurso interactivo	71
5.1.1 Clasificación de elementos neumáticos e información	71
5.1.2 Software CAD	74
5.1.2.1 Descarga e instalación.	74
5.1.2.2 Desarrollo de elementos neumáticos en software CAD.	74
5.1.3 Biblioteca RA y software desarrollador	74
5.1.3.1 Vuforia.	75
5.1.3.2 Unity.	76
5.1.3.3 Desarrollo del cuerpo de la aplicación (menú principal, paneles, minipaneles, entre otros).	77
5.1.3.4 Desarrollo de la interacción RA	79

5.2	Ejecución de la aplicación	81
5.3	Conclusión	83
Capítulo 6. Alcances, recomendaciones y conclusiones		84
6.1	Alcances a futuro del proyecto.	84
5.2	Recomendaciones.....	85
5.3	Conclusión del proyecto	86
7	Referencias	88

Lista de tablas

Tabla 1 Resumen de los componentes hardware habituales en un sistema de RA	35
Tabla 2 Resumen del software genérico necesario para cada etapa	36
Tabla 3 Softwares CAD	62
Tabla 4 Librerías RA	66
Tabla 5 Software de RA	68
Tabla 6 Clasificación e información de los elementos seleccionados para la creación de la aplicación.....	71

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Realidad Aumentada.....	17
Ilustración 2 Objetos sintéticos superpuestos en el mundo real	18
Ilustración 3 Aplicación interactiva de la realidad aumentada sobre un dispositivo móvil	19
Ilustración 4 Realidad mixta en el uso de Skype con HoloLens	24
Ilustración 5 Parque temático The Void.....	25
Ilustración 6 Neumática.....	26
Ilustración 7 Características de un sistema autónomo	37
Ilustración 8 Arquitectura de un sistema autónomo	38
Ilustración 9 Características de un sistema distribuido	39
Ilustración 10 Arquitectura de un sistema distribuido	40
Ilustración 11 Códigos QR	45
Ilustración 12 Activadores por imágenes u objetos	46
Ilustración 13 Marcadores	46
Ilustración 14 Nivel 0	48
Ilustración 15 Nivel 1	48
Ilustración 16 Nivel 2	49
Ilustración 17 Nivel 4	50
Ilustración 18 Proceso de modelado	75
Ilustración 19 Proceso VUFORIA	76
Ilustración 20 Creación de proyecto y plataforma UNITY	77
Ilustración 21 Desarrollo cuerpo aplicación pt. 1	78
Ilustración 22 Desarrollo cuerpo aplicación pt. 2	79

Ilustración 23 Creación de marcadores	80
Ilustración 24 Desarrollo de la interacción RA.....	81
Ilustración 25 Ejecución de aplicación de realidad aumentada	82
Ilustración 26 Esquematización alcance a futuro del proyecto	85

Capítulo 1. El problema

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivo general*

Desarrollar un recurso virtual para las prácticas de laboratorio enfocadas hacia el aprendizaje de los elementos básicos de la neumática a través del manejo de la realidad aumentada.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Establecer los requisitos y elementos implementados en la generación de software de aplicación de la realidad aumentada.
- Investigar los tipos y niveles de la realidad aumentada, así como las herramientas usadas en su elaboración para su clasificación y posterior selección, basándose en la más eficiente y accesible para la educación.
- Implementar un recurso interactivo por medio de la unión de la tecnología de la realidad aumentada y la neumática.

1.2 Requerimientos técnicos

1.2.1 *Requerimientos funcionales*

Luego de discutir con el ingeniero a cargo y exponer las necesidades y requerimientos, se determinaron los siguientes requisitos funcionales para el desarrollo del recurso virtual:

La aplicación contará con un menú principal con los logos de la universidad y la Facultad de Ingeniería Mecánica. Este menú brindará información básica que, por lo general, ofrece un menú de una aplicación móvil. Asimismo, será posible acceder a un cuadro conformado por tres botones: el primero dirigirá a un panel donde se encontrará información adicional de cada elemento básico seleccionado de la neumática; el segundo permitirá iniciar la experiencia con la realidad aumentada (RA); y el tercero será un botón

que conducirá al usuario a la descarga de los diferentes disparadores de la RA (códigos QR). A lo anterior se suman otros dos botones: uno para salir de la aplicación y otro que guiará a un panel que contiene información de derechos de autor. Por último, se encontrará un logo de Festo FluidSIM, a través del cual será posible realizar la descarga del software.

Por otra parte, al dar clic en el botón “Datos elementos” será posible acceder a un panel con un cuadro conformado por cuatro botones. Al seleccionar cada uno de estos se desplegará un mini panel que contendrá información relacionada con el elemento seleccionado, dos figuras (imagen y simbología) y, finalmente, dos botones: uno para iniciar la interacción RA con el mini panel desplegado y uno para salir de esta. Este también contará con la información necesaria para operar el panel, así como dos botones: uno que conducirá de nuevo al menú principal y otro para ir al siguiente panel. Puesto que se trata de 12 elementos, se manejarán tres paneles de información con cuatro elementos por cada uno, todos iguales en su función. En lo único que variarán es en el cuadro de botones y sus respectivos mini paneles.

Al iniciar la experiencia de RA con su respectivo botón, se deberá configurar la cámara sin ningún problema, así como identificar y leer cualquiera de los marcadores en relación con la aplicación, y mostrar el elemento básico de la neumática. Se dispondrá de un botón que permita acceder al menú principal y el respectivo logo de la universidad y la facultad.

1.2.2 Requerimientos no funcionales

- **Fiabilidad**

La aplicación ofrecerá al usuario un óptimo rendimiento al momento de hacer uso de esta, además de que los recursos de hardware y software empleados no deberán presentar o generar conflictos con otras aplicaciones en el dispositivo. Finalmente, al ejecutar la aplicación, esta no deberá colapsar durante su funcionamiento.

- **Facilidad de uso**

La aplicación deberá ser de fácil acceso, siendo de simple y sencillo empleo a la hora de que el usuario decida ejecutada de manera correcta. Además, se implementarán ayudas y pautas que detallarán el correcto funcionamiento de esta.

- **Compatibilidad**

La aplicación se desarrollará por medio de sistemas de plataforma Android, siendo compatible con versiones de Android 8 en adelante. La aplicación no podrá ocupar más de 200 MB ni consumir más de 100 MB de memoria. Por último, la aplicación se desarrollará para parámetros de dimensión que estén en el siguiente rango: 1550x740-1700x780.

Capítulo 2. Marco

2.1 Marco teórico

2.1.1 Realidad aumentada

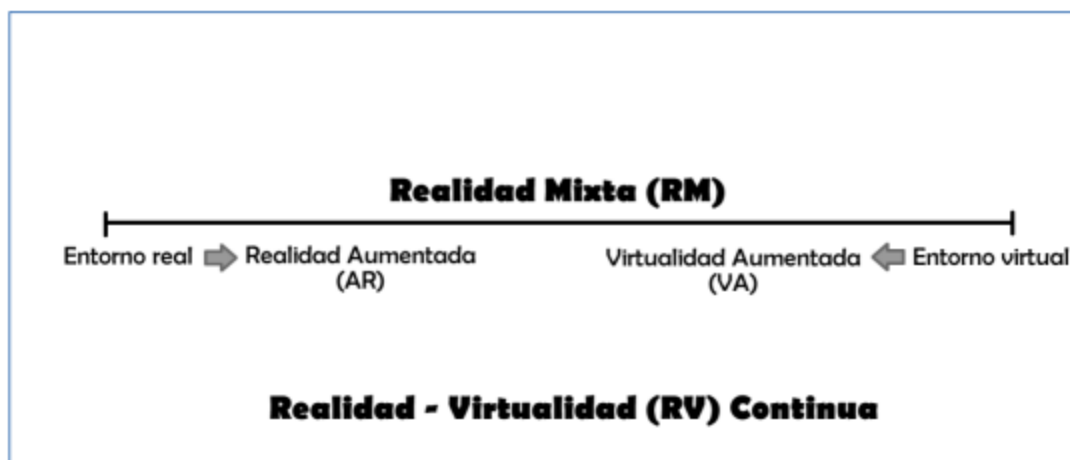
2.1.1.1 Definición.

La Realidad Aumentada (RA) agrega información sintética a la realidad. Algunos la definen como un caso especial de realidad virtual (RV), otros como algo más general, y ven a la RV como un caso especial de RA. Existen dos definiciones comúnmente aceptadas de RA: la de Paul Milgram y Fumio Kishino (Milgram, Kishino, 1994) y la de Ronald Azuma (Azuma, 1997).

Paul Milgram y Fumio Kishino definieron, en 1994, el Reality-Virtuality Continium como un continuo que va desde el “entorno real” hasta el “entorno virtual”. Al área comprendida entre los dos extremos, donde se combinan lo real y lo virtual, la denominaron “Realidad Mezclada”. (Moralejo, 2014, p. 8)

Ilustración 1

Realidad Aumentada



Nota. Tomado de Análisis comparativo de herramientas de autor para la creación de actividades de realidad aumentada. Estudio de sus características específicas para el escenario educativo [Tesis de especialización] (p. 8), por M. Moralejo, 2014, Universidad Nacional de La Plata.

De esta forma, Paul Milgram y Fumio Kishino, distinguen entre una “Realidad Aumentada”, en la que se incorporan elementos virtuales a un entorno real, y la “Virtualidad Aumentada”, en la que se incorporan elementos reales a un entorno virtual.

En cambio, en la definición del autor Ronald Azuma, un sistema de RA es aquel que cumple con los siguientes 3 requerimientos:

1. **Combina la realidad y lo virtual:** al mundo real, se le agregan objetos sintéticos que pueden ser visuales, como texto u objetos 3D (*wireframe* o fotorrealistas), sonoros, táctiles y/o los relativos al olfato. (Moralejo, 2014, p. 9)

Ilustración 2

Objetos sintéticos superpuestos en el mundo real



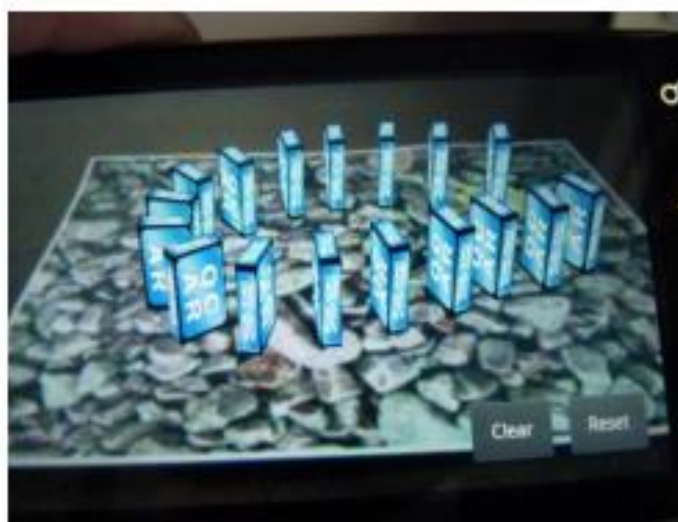
Nota. Tomado de Análisis comparativo de herramientas de autor para la creación de actividades de realidad aumentada. Estudio de sus características específicas para el escenario educativo [Tesis de especialización] (p. 8), por M. Moralejo, 2014, Universidad Nacional de La Plata.

2. **Es interactivo en tiempo real:** el usuario ve, en tiempo real, un mundo real con objetos sintéticos agregados que le ayudarán a interactuar con la realidad (Azuma, 2011). En la imagen se puede visualizar un ejemplo de esto, mostrando una aplicación de RA para dispositivos móviles. En esta aplicación, el usuario

puede armar una secuencia de fichas de dominó, desplazando el dedo sobre la pantalla del celular. Luego, puede voltear las fichas, tocando sobre la primera de ellas con el objetivo de producir el conocido “efecto dominó”. (Moralejo, 2014, p. 10)

Ilustración 3

Aplicación interactiva de la realidad aumentada sobre un dispositivo móvil



Nota. Tomado de Análisis comparativo de herramientas de autor para la creación de actividades de realidad aumentada. Estudio de sus características específicas para el escenario educativo [Tesis de especialización] (p. 8), por M. Moralejo, 2014, Universidad Nacional de La Plata.

3. Debe registrar las imágenes en espacios 3D: la información virtual tiene que estar vinculada, espacialmente, al mundo real de manera coherente. Se necesita saber, en todo momento, la posición del usuario con respecto al mundo real, y de esta manera, se podrá registrar la mezcla de información real y sintética. (Moralejo, 2014, p. 14)

Por lo tanto, la RA es un sistema interactivo que tiene como entrada la información del mundo real y superpone a la realidad nueva información digital en tiempo real. Esta información virtual puede contener imágenes, objetos 3D, textos, videos, entre otros. Durante este proceso, la percepción y el conocimiento que el usuario tiene sobre el mundo real se ve enriquecido. (Cubillo et al., 2014, p. 244)

2.1.1.2 Campos de aplicación de la realidad aumentada.

- Marketing: la RA que utiliza algoritmos de visión artificial es una tecnología muy económica, puesto que solo requiere una cámara normal, carteles impresos y equipos de procesamiento (PC, teléfono móvil, tabletas, entre otros). Además tiene un impacto visual significativo, teniendo en cuenta que la mayoría de las aplicaciones que existen hoy se encuentran en el sector comercial. Algunos ejemplos son una gran campaña publicitaria de un espacio, el lanzamiento de un producto en una exposición o un catálogo interactivo que muestra modelos de objetos 3D.
- Entretenimiento: se encontraron distintos ejemplos de aplicaciones destinadas al entretenimiento, entre ellos: The Invisible Train, un juego en RA para asistente personal digital (PDA) muy reconocido, el cual ha obtenido distintos premios; el juego de tenis en RA propuesto por Park et al. en el ICAT'06; recientemente se crearon videojuegos para videoconsolas de última generación, por lo que es posible encontrar mascotas virtuales que comparten espacio con los usuarios y responden a su interacción (EyePet, PS3, PSP); juegos de cartas (Eye of Judgment) que recrean las criaturas de las ilustraciones y aparecen sobre un tablero real; y juegos de búsqueda, captura y combate (Invizimals). Sin embargo, el futuro del entretenimiento pasa por el uso de elementos hardware más inmersivos, como los *head mounted display* (HMD), que por el momento no resultan rentables debido a su alto costo.
- Medicina: los sistemas de RA podrían facilitar el trabajo en áreas como la cirugía. Con la resonancia magnética, es posible obtener datos del interior del paciente de forma no invasiva y realizar reconstrucciones que pueden superponerse al cuerpo físico en tiempo real. De esta manera, se pueden realizar operaciones más eficientes con una mayor garantía de seguridad del paciente. Además, la RA puede ayudar a enriquecer la información proporcionada por elementos como rayos X u otras herramientas de diagnóstico. El campo potencial de la medicina es un área donde la RA podría convertirse en una gran revolución; sin embargo, dados los riesgos que

conllevar, actualmente es uno de los menos explotados. En este sentido, es necesario implementar algoritmos que determinen con precisión la ubicación de los objetos virtuales para integrarse completamente con el cuerpo del paciente. Para lograrlo, es necesario adaptar los cambios físicos del cuerpo y aplicar estas transformaciones a modelos 3D. Actualmente, muchas direcciones de investigación se hallan trabajando en esta dirección. Estos trabajos se denominan RA sobre modelos distorsionados y son capaces de obtener redes de puntos no rígidas.

- **Decoración:** es una de las últimas aplicaciones de RA. Al incluir elementos virtuales en el entorno real, es posible recrear virtualmente la escena decorada en una habitación real. De esta forma, se puede probar el efecto de diferentes productos en un entorno donde es muy costoso colocar el producto real (como un sofá o estantería). También ayuda a crear un diseño espacial, puesto que las representaciones de los objetos son exactamente del mismo tamaño que el tamaño físico. Esta es definitivamente una de las áreas del futuro. Las nuevas tabletas, que comienzan a aparecer en el mercado, tienen las características ideales para este tipo de uso de la RA: son muy fáciles de usar, tienen cámaras integradas y pantallas de gran tamaño en comparación con los dispositivos móviles.
- **Arquitectura:** la RA es un nuevo formato que hace que el contenido existente sea más atractivo. Utilizando ejemplos de modelos clásicos que se muestran en presentaciones de proyectos, la RA se puede utilizar para crear réplicas precisas, enriquecer animaciones e interactuar más con los usuarios. Las miniaturas se pueden recrear a partir de diseños en 3D de planos y proyectos.
- **Mantenimiento industrial:** otra aplicación interesante es la creación de manuales virtuales. Se trata de aplicaciones de monitorización que brindan instrucciones en tiempo real a los operadores, para facilitar su trabajo, organizando la información y brindándoles ejemplos claros de cada instrucción a seguir.

- Turismo: el turismo es una de las áreas donde la RA está experimentando un mayor auge, debido a las increíbles posibilidades que ofrece. La aplicación se ha creado en forma de guías virtuales, lo que permite a los usuarios obtener información más detallada sobre museos, monumentos, puntos clave y más. Algunos ejemplos pueden ser: reconstrucción virtual de la ciudad, restauración de sus monumentos a su condición medieval, paneles de información que aparecen a partir de los mismos objetos y una combinación de contenido multimedia (video, imágenes, audio) con objetos tangibles y juegos de RA conocidos. Existen muchas opciones para valorizar el patrimonio cultural de la ciudad.

Es importante señalar que la RA es un desarrollo tecnológico costoso. Por esta razón, su futuro depende de la capacidad de reducir estos costos de alguna manera. Si la tecnología se vuelve asequible, podría ser muy amplia; sin embargo, por el momento, las principales industrias son las únicas que cuentan con el capital y, por lo tanto, con la oportunidad de utilizar este recurso. Las aplicaciones de este estilo se pueden encontrar en el futuro:

- Aplicaciones de multimedia mejoradas, como pseudopantallas holográficas virtuales, sonido envolvente virtual de cine, *holodecks* virtuales (que permiten imágenes generadas por ordenador para interactuar con artistas en vivo y la audiencia).
- Conferencias virtuales en estilo *holodeck*.
- Sustitución de teléfonos celulares y pantallas de navegador de coche por inserción de la información directamente en el medio ambiente. Un ejemplo de ello son las líneas de guía directamente en la carretera.
- Plantas virtuales, fondos de escritorio, vistas panorámicas, obras de arte, decoración, iluminación, la mejora de la vida cotidiana.
- Se puede entrar en el mercado de masas viendo los letreros virtualmente, carteles, señales de tráfico, las decoraciones de Navidad, las torres de

publicidad y mucho más. Estos pueden ser totalmente interactivos, incluso a distancia.

- Cualquier dispositivo físico que actualmente se produce para ayudar en tareas orientadas a datos (como el reloj, la radio, PC, fecha de llegada o salida de un vuelo, una cotización, PDA, carteles informativos o folletos, los sistemas de navegación para automóviles, entre otros). Estos podrían ser sustituidos por dispositivos virtuales. (Solutek Colombia, s.f., p. 1)

2.1.2 Realidad aumentada y realidad virtual

El continuo de la virtualidad (ver Figura 1), presenta una escala con diferentes estados para identificar el tipo de realidad con la que se interactúa, dependiendo del grado y el tipo de interacción con los objetos virtuales generados por computador. De esa manera, se distinguen los siguientes conceptos:

- Realidad virtual (RV).
- Virtualidad aumentada (VA).
- Realidad mixta (RM).

La RV es una experiencia interactiva generada mediante computación que ocurre en un entorno simulado en el que el usuario está inmerso. Esto se consigue por medio de entornos en tres dimensiones, sonidos y otros estímulos asociados al tacto o el olfato.

Las diferencias entre la RA y la RV están dadas principalmente por el tipo de interacción con el entorno físico en que se encuentra el usuario. En el caso de la primera, el entorno físico es necesario y se utiliza como la base para superponer los objetos virtuales; mientras que en el caso de la RV se busca aislar al usuario de su entorno físico y presentar al usuario un mundo virtual en el que la inmersión es total y no está condicionado ni guarda relación con el lugar real en que se encuentra.

2.1.3 Realidad mixta

En lo que concierne al concepto de *realidad mixta* o *realidad híbrida*, este inicialmente contenía todo el espectro comprendido entre ambos extremos de la escala presentada por el continuo de la virtualidad. No obstante, con los avances en el desarrollo de la tecnología relacionada con la virtualidad, logró posicionarse como una escala intermedia entre los conceptos de RA y RV, manteniendo elementos de ambas, pero aún lo suficientemente diferenciable de ellos.

Es posible diferenciar dos tipos de experiencias de RM. La primera tiene como característica que los objetos virtuales no solo se superponen al entorno físico, sino que también interactúan de cierta forma con el mundo real. Adicional a ello, existe una mayor interacción entre el usuario y los elementos virtuales, constituyéndose como una experiencia más inmersiva e interactiva que la RA (ver Figura 4). (Ibaca, 2019, p. 15)

Ilustración 4

Realidad mixta en el uso de Skype con HoloLens



Nota. Tomado de Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para exploración histórica del campus de la Universidad de Concepción [Tesis de pregrado] (p. 15), por E. Ibaca, 2019, Universidad de Concepción.

La segunda categorización se aborda en la literatura como VA [6]. En esta, el punto de partida es el mundo virtual en el que el usuario se encuentra inmerso. Sin embargo, los elementos y estímulos del mundo físico se utilizan para potenciar esta experiencia. Un ejemplo de este tipo de experiencias es el parque temático The Void (ver Figura 5) [11], en el que los usuarios reciben retroalimentación por parte del entorno físico debido a las interacciones que realizan en el entorno virtual. (Ibaca, 2019, p. 15)

Ilustración 5

Parque temático The Void



Nota. Tomado de Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para exploración histórica del campus de la Universidad de Concepción [Tesis de pregrado] (p. 15), por E. Ibaca, 2019, Universidad de Concepción.

2.1.4 Neumática

2.1.4.1 Definición.

La neumática es la técnica que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido. En la actualidad, en la automatización de los distintos campos de fabricación, así como en los procesos de ensamblado y empaquetado de productos, el uso de esta técnica es común para llevar a cabo estos procesos. (IES Villalba Hervás, 2009, p. 1)

2.1.4.2 Elementos básicos y circuitos neumáticos.

- Elementos activos

Los elementos activos “son aquellos que comunican energía al fluido. La energía externa que se comunica al elemento activo es principalmente eléctrica o térmica” (IES Villalba Hervás, 2009, p. 1)

- Compresores.

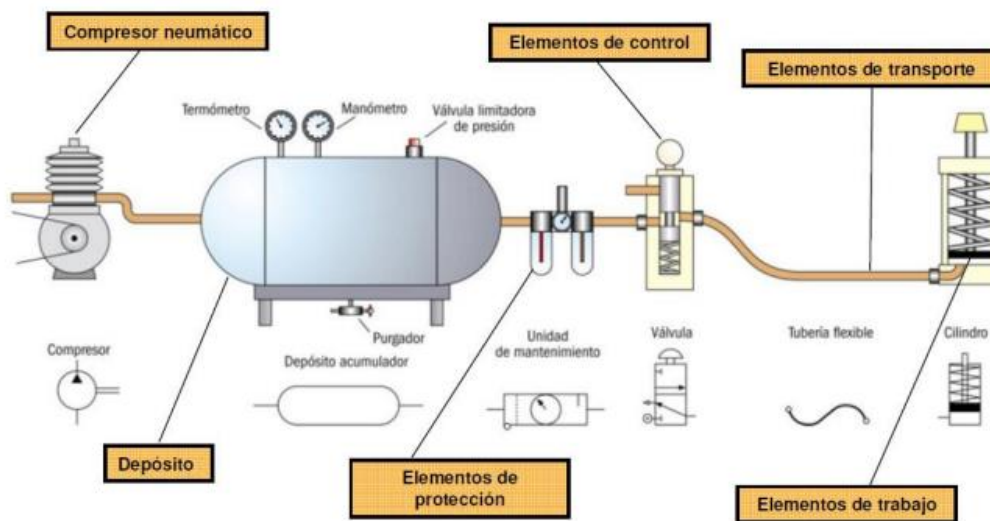
- Elementos pasivos

Los elementos pasivos “son los elementos que consumen energía, la transportan, administran o controlan” (IES Villalba Hervás, 2009, p. 2).

- Depósito o acumulador.
 - Unidad de mantenimiento.
 - Válvulas.
 - Actuadores.

Ilustración 6

Neumática



Nota. Tomado de Neumática (p. 2), por IES Villalba Hervás, 2009, <
<https://iesvillabahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/05/neumatica.pdf>>

2.2 Estado del arte

El ser humano se encuentra en constante cambio, es decir, se halla en un estado de evolución, ya sea para bien o para mal. Esto, en gran parte, se debe a la necesidad de satisfacer necesidades y hacer del diario vivir un estado más sencillo, cómodo y atractivo. De esa manera, día a día, se presentan avances médicos, científicos, físicos, tecnológicos, entre otros. Desde un punto de vista tecnológico, uno de los avances más representativos es la denominada RA, tecnología conectada con la RV.

2.2.1 *Historia general de la realidad aumentada*

Desde una perspectiva histórica, la que RV y la RA siempre han ido de la mano.

El primer antecedente se da en el año 1929, cuando Edwin Link desarrolló un simulador de vuelo mecánico para entrenar pilotos. En 1950, Morton Heilig escribió sobre un “cine de experiencia”, que proponía realizar una experiencia de cine que pudiera acompañarse con todos los sentidos, de una manera efectiva, integrando al espectador con la actividad de la pantalla. Construyó un prototipo llamado el Sensorama en 1962, junto con cinco filmes cortos que permitían aumentar la experiencia del espectador a través de sus sentidos (vista, olfato, tacto, y oído).

En 1968, Ivan Sutherland construyó lo que sería ampliamente considerado el primer visor montado en la cabeza o *head mounted display* (HMD) para RV y RA. En términos de interfaz de usuario y realismo era muy primitivo, y el HMD usado por el usuario era tan grande y pesado que debía colgarse del techo. Los gráficos que hacían al ambiente virtual estaban basados en simples “modelos de alambres”, donde se agrega una tercera coordenada a las figuras de dos dimensiones (2D o 2-D). A finales de los 80, se popularizó el término RV, impulsado por Jaron Lanier, cuya compañía creó los primeros guantes y anteojos de RV.

El término RA fue acuñado en 1990 por Tom Claudell, un investigador de la compañía aérea Boeing. Claudell y sus colegas desarrollaron sistemas HMD, que

permitía a los ingenieros ensamblar complejos cableados en las aeronaves, mediante la proyección de imágenes sobre un *display* muy cercano a los ojos.

Acorde a lo presentado en el artículo de Mullen (2011), durante la década de los 90 se desarrollaron aplicaciones industriales y militares basadas en RA, pero los requerimientos técnicos de aquella época mantuvieron esta tecnología fuera del alcance de la mayor parte de los usuarios.

En 1999 se produjo un gran avance en el desarrollo de la RA, cuando Hirokazu Kato creó ARToolkit, una potente biblioteca para crear aplicaciones de RA, que permitió que la RA fuese accesible a un abanico mucho más amplio de investigadores y desarrolladores.

Como se puede apreciar, en un principio, las aplicaciones de RA necesitaban de computadoras de alta gama y equipos especializados, como cámaras rápidas y HMD, pero, a partir del año 2000 han aparecido las primeras aplicaciones de RA sobre los PDA (Pasman, Woodward, 2003) y los teléfonos móviles (Henrysson, Billingham, Ollila, 2005). El uso generalizado de los teléfonos móviles equipados con cámaras con relativamente buena precisión, los ha convertido en una plataforma muy atractiva para el desarrollo de aplicaciones de RA.

En la actualidad, la RA vive una época de auge, gracias al gran desarrollo producido en los *smartphones* o teléfonos inteligentes, evolucionando hacia aplicaciones fáciles de usar, más prácticas y útiles desde el punto de vista del usuario. (Moralejo, 2014, pp. 15-16)

2.2.2 Realidad aumentada en la educación

Centrándonos en el ámbito educativo, la RA puede proporcionar grandes oportunidades en distintas áreas como la ciencia o la ingeniería, puesto que estas disciplinas conllevan en su currículum un enfoque práctico en el aula.

Los métodos tradicionales de aprendizaje, cuyos contenidos están relacionados con la espacialidad o la representación tridimensional, crean un filtro cognitivo debido a que los diagramas u objetos son representados en dos dimensiones.

Este filtro existe, incluso, cuando se trabaja con objetos 3D en una pantalla de ordenador, debido a que la manipulación de los objetos en el espacio se realiza a través de clics del ratón sobre una superficie bidimensional. Este es el caso de otras disciplinas donde los conceptos resultan abstractos o confusos para los estudiantes, ya sea por su complejidad o porque no se pueden concretar en algo físico o en algo que puedan manipular. La RA ofrece para todos ellos la posibilidad de representar e interactuar con objetos virtuales en un espacio tridimensional.

Estos sistemas de aprendizaje con RA son extremadamente eficaces para proporcionar información detallada a los usuarios que desarrollan varias tareas al mismo, potenciando especialmente la adquisición de una variedad de habilidades, tales como la capacidad espacial, habilidades prácticas, la comprensión conceptual, y la investigación. Los investigadores señalan que el uso de entornos de RA durante las clases podría proporcionar una motivación extra para los estudiantes. Asimismo, podrían crear posibilidades de aprendizaje colaborativo alrededor de contenidos virtuales en entornos no tradicionales, siendo este un factor fundamental.

Desde un punto de vista tecnológico, la RA compensa algunas de las deficiencias presentes en la educación, a saber:

- Experimentos o prácticas que no pueden realizarse debido a los costes del equipamiento en relación con el número de equipos disponibles y los alumnos matriculados.
- La disponibilidad de las instalaciones, ya sea por espacio y/o por tiempo.
- La realización de experimentos complejos y peligrosos que, en muchas ocasiones, no se ejecutan, dado que pueden provocar lesiones en caso de que ocurra algún fallo. Con la RA se puede interactuar con modelos virtuales en tiempo real y ver los resultados obtenidos superpuestos en el mundo real.
- Permite llevar a cabo la observación experimentos o fenómenos que ocurren tras un largo periodo de tiempo (meses, años, décadas) como, por

ejemplo, las leyes de Mendel. Por otra parte, facilita la observación de aquello que transcurre en un instante. (Cubillo et al., 2014, pp. 244-245)

Las posibilidades de aplicar la RA en educación son muy numerosas, lo importante es el objetivo educativo para conseguir y encontrar la aplicación adecuada para su puesta en marcha. Algunos ejemplos de uso serían los siguientes:

- **Prácticas en laboratorios:** los laboratorios poseen instrumental de aprendizaje que engloba más información de la que, por su apariencia, aporta; lo que hace que sea un escenario ideal para el uso de tecnología como la RA. A todos aquellos elementos que lo integran pueden asociarse videos con instrucciones de uso, aplicaciones en texto, archivos audibles, entre otros, y con solo utilizar un dispositivo móvil es posible acceder a toda esa información con un solo clic. Se pueden hacer prácticas en las que el profesor incluya la información a los elementos del laboratorio y los alumnos sean los que consulten esa información, pueden ser los propios alumnos los que integren la información en el laboratorio, pueden integrarse varios puestos con información a modo de instrucciones de alguna práctica en las que los alumnos tienen que seguirlas, entre otros aspectos.
- **Trabajos de campo:** al igual que en el caso de los laboratorios, cualquier experiencia o práctica que se realice es susceptible del uso de la RA. Es posible asociar información a un entorno objeto de estudio, tanto por parte del alumnado como el profesorado para su trabajo de forma experimental de una forma muy sencilla. De esta manera, objeto de conocimiento y conocimiento se dan en el mismo tiempo y lugar. Un par de ejemplos pueden ser la realización de rutas por ciudad, visitando lugares emblemáticos y descubriendo la información asociada a esos sitios, estatuas, edificios, monumentos, entre otros; o por zonas rurales, de montaña, en las que se pueden identificar especies, accidentes geográficos, entre otros.
- **Eventos:** en este tipo de ejemplo de uso caben las exposiciones, seminarios, jornadas, encuentros, entre otros. A través de la documentación que se realiza

para los asistentes, ponentes y a modo de publicidad, se pueden incluir códigos QR en pósteres informativos, en folletos, catálogos o en las webs de los eventos. De igual manera, si se utiliza una aplicación específica puede incluirse información adicional. Es un recurso muy interesante, puesto que es un modo de incluir gran cantidad de información asociada al evento accesible con cualquier soporte móvil en cualquier sitio y lugar, debido a la ubicuidad de estos dispositivos.

- Libros: a los libros electrónicos o en formato papel se añade RA utilizando como activador de la información los textos, ilustraciones, encabezados, pies de página, entre otros; y como información adicional, en muchos casos, se incluye la biografía del autor, los pies de página, videos que desarrollan la acción más ampliada, textos adicionales y audios. Se denominan “libros aumentados”. El libro enmarcado en el proyecto “Husso digital: la ciudad universitaria en realidad aumentada, esto es, *El libro aumentado de Eduardo Torroja*, es un claro ejemplo.
- Visitas: en muchos casos, a lo largo del curso académico se realizan salidas fuera del aula y se visitan lugares como complemento educativo a las clases regladas. Los museos, galerías, fábricas, empresas, incorporan la RA en sus recorridos, proporcionando una información completa y audiovisualmente muy atractiva a los visitantes. Los estudiantes, además de aprender la materia objeto de la visita, desarrollan las destrezas que el manejo de esta tecnología les proporciona.
- Aprendizajes experimentales: prácticamente, todas las disciplinas tienen una parte experimental que les permite ejecutarse con RA, facilitando el aprendizaje y el desarrollo de destrezas transversales. Ejemplos claros pueden evidenciarse en medicina, donde el uso de las Google Glass de forma experimental fue muy mediático hace un par de años. Asimismo, en arquitectura e ingenierías, la posibilidad de realizar y ver modelos en 3D de diferentes edificios y construcciones es muy útil en el aprendizaje del alumno. En química o física se utilizan aplicaciones como las que aparece en el bloque

3 dedicado a programas y aplicaciones, así como también en ramas como biología, arte, historia, el diseño, idiomas, geografía, matemáticas, urbanismo, música, geometría, entre otras. (Alarcón, 2019, p. 1)

2.2.3 Historia

Con fines educativos, esta tecnología no ha tenido un desarrollo próspero, debido al inconcluso o poco acceso que se tiene a esta tecnología desde la educación.

En el año 1993 publicado por el New Media Consortium (NMC), se lanzó el Informe Horizon. Este informe realizado de forma anual presenta, en líneas generales, una predicción sobre cuáles serían las tecnologías emergentes en el ámbito educativo a corto, medio y largo plazo.

La primera vez que en este informe apareció la RA fue en el informe del año 2010 (Informe Horizon 2010), en el que se preveía que en un plazo de dos a tres años se manejaría de forma más accesible al mundo una RA simple, en la que no sería necesario el uso de un equipo complejo ni especializado. Así las cosas, en los próximos años se hizo evidente el uso de este tipo de tecnología, el cual se incrementó en ámbitos como el de la pedagogía, trayendo consigo aplicaciones como lo son los ARBooks, que consisten en libros a los cuales se les ha añadido la mencionada tecnología y nuevos tipos de interacción en los museos.

En 2013, Hung Wei, Cre-AR, una empresa boliviana, puso a la venta un software educativo con RA. Atendiendo a las predicciones de los informes Horizon y al uso y protagonismo que se puede comprobar en los diferentes niveles educativos y de presencia mundial, podría deducirse que la RA en la educación llegó para quedarse, por lo menos, unos cuantos años más. (Blázquez, 2017, p. 23)

En conclusión, la RA es una tecnología cuya eficacia ha sido ampliamente validada en diversos entornos (incluyendo la educación) y su desarrollo viene cobrando cada vez más fuerza. En ese orden de ideas, es indispensable explorar esta tecnología emergente e involucrarse en el desarrollo de nuevas y mejores herramientas pedagógicas que aporten al mejoramiento del desempeño académico.

Capítulo 3. Establecer los requisitos y elementos implementados en la generación de realidad aumentada

3.1 Elementos que intervienen

3.1.1 *Monitor*

El monitor se define como dispositivo donde se refleja la combinación de lo real y lo virtual, siendo estos elementos los que conforman la RA. Su equivalente, en este caso, es la pantalla del dispositivo móvil.

3.1.2 *Dispositivo con cámara*

Dispositivo que toma la información del mundo real y la transmite al software de realidad aumentada. En la actualidad, por lo general, todos los dispositivos móviles incorporan cámaras de alta resolución.

- PC con webcam.
- Ordenador portátil con webcam.
- *Tablet*.
- *Smartphone*.
- *Wearable* con cámara (relojes, gafas, entre otros).

3.1.3 *Software*

El software es un programa que toma los datos reales y los combina con datos virtuales, dependiendo de algún tipo de condición o interpretación, para luego convertirlos en RA.

3.1.4 *Disparador*

El disparador es también conocido como "*trigger*" o activador de la información. Por medio de este, el software interpreta y, de acuerdo con un marcador, específico realiza una respuesta específica.

- Imagen.
- Entorno físico (paisaje, espacio urbano, medio observado).
- Marcador.
- Objeto.
- Código QR.

3.2 Componentes hardware y software

3.2.1 Componentes hardware

Como cualquier otro sistema informático, los sistemas de RA requieren de componentes hardware sobre los que se vayan a llevar a cabo las acciones deseadas.

Los elementos básicos necesarios para implantar un sistema de RA son similares a los de cualquier sistema informático tradicional. Para ello, se necesitan componentes de procesamiento, almacenamiento, comunicaciones, entre otros. De hecho, la diferencia en el equipamiento básico se encuentra en la finalidad del sistema.

Los elementos hardware necesarios para cualquier sistema de RA son: una cámara, una pantalla de visualización o equipos holográficos en 2D o 3D, un equipo de procesamiento y cálculo, componentes de almacenamiento y, por último, dispositivos de transmisión y recepción de datos en caso de que se requieran. No hay que olvidar que las prestaciones de cada uno de ellos dependen fundamentalmente del tipo de sistema que se vaya a implantar. (López, 2010, p. 47)

A continuación, en la Tabla 1 se expone un resumen de los componentes hardware habituales en un sistema de RA.

Tabla 1

Resumen de los componentes hardware habituales en un sistema de RA

Técnica	Componente hardware
Captura <i>video-through</i>	Todo tipo de cámaras de vídeo
Captura <i>see-through</i>	Cámaras integradas de vídeo, HMD (<i>Head Mounted Display</i>)
Reconocimiento geo-posicionamiento	Antena GPS, sensores de movimiento
Reconocimiento híbrido	Antena GPS, sensores de movimiento,
Tratamiento imágenes	dispositivos de captura de imágenes Procesadores con velocidad de procesamiento de, al menos, 2 GHz
Almacenamiento	Disco duro convencional
Comunicaciones locales	Tarjeta de red, conectores RJ45, antena wireless, punto de acceso
Comunicaciones móviles	Equipamiento GSM
Visualización <i>video-through</i>	Pantallas de vídeo, monitores, proyectores
Visualización <i>see-through</i>	HMD, teléfonos móviles

Nota. Tomado de Análisis y desarrollo de sistema de realidad aumentada [Tesis de maestría] (p. 47), por H. López, 2010, Universidad Complutense de Madrid.

3.2.2 Componentes software

Una vez descritos los componentes hardware, a continuación, se describe el software necesario para implantar un sistema de realidad aumentada. Al igual que sucede a la hora de elegir el hardware adecuado, la decisión de utilizar un software u otro viene determinado por las prestaciones y características del sistema.

En términos generales, un sistema de RA necesita software de reconocimiento, ya sea por posicionamiento o por imágenes (con o sin marcadores), librerías de procesamiento de imágenes (si así lo requiere), al menos una base de datos, librerías de aumento de contenidos digitales y, en caso de ser necesario, un software de comunicaciones. Cabe destacar que la mayoría de las librerías de procesamiento de imágenes, ARToolkit, Java 3D, implementan tanto funciones de reconocimiento como de procesado y manipulación de contenidos visuales. (López, 2010, p. 48)

En la Tabla 2 se presente un resumen del software genérico necesario para cada etapa.

Tabla 2

Resumen del software genérico necesario para cada etapa

Técnica	Componente software
Captura escena	Controladores de cámara de vídeo
Reconocimiento visual	Librerías de reconocimiento de imágenes
Reconocimiento geo-posicionamiento	Brújula digital, software GPS
Reconocimiento híbrido	Brújula digital, librerías de reconocimiento de imágenes, software GPS
Tratamiento imágenes	Librerías de tratamiento de imágenes
Almacenamiento	Base de datos
Comunicaciones locales	Controlador de red
Comunicaciones móviles	Controlador GSM
Visualización contenidos	Software de reproducción de contenidos multimedia, librerías de tratamiento de imágenes

Nota. Tomado de Análisis y desarrollo de sistema de realidad aumentada [Tesis de maestría] (p. 47), por H. López, 2010, Universidad Complutense de Madrid.

3.3 Arquitecturas de sistemas de realidad aumentada

Los sistemas de RA son sistemas informáticos en los que existe una interacción entre el sistema y el usuario. Como en cualquier otro sistema de estas características, el tiempo de respuesta es un componente crítico que determina en gran medida el éxito o fracaso de una aplicación. En función de las prestaciones del sistema y los componentes hardware disponibles y la complejidad de procesamiento de sus procesos, es normal encontrar dos tipos de arquitecturas básicas: los sistemas autónomos y los sistemas distribuidos. (López, 2010, p. 54)

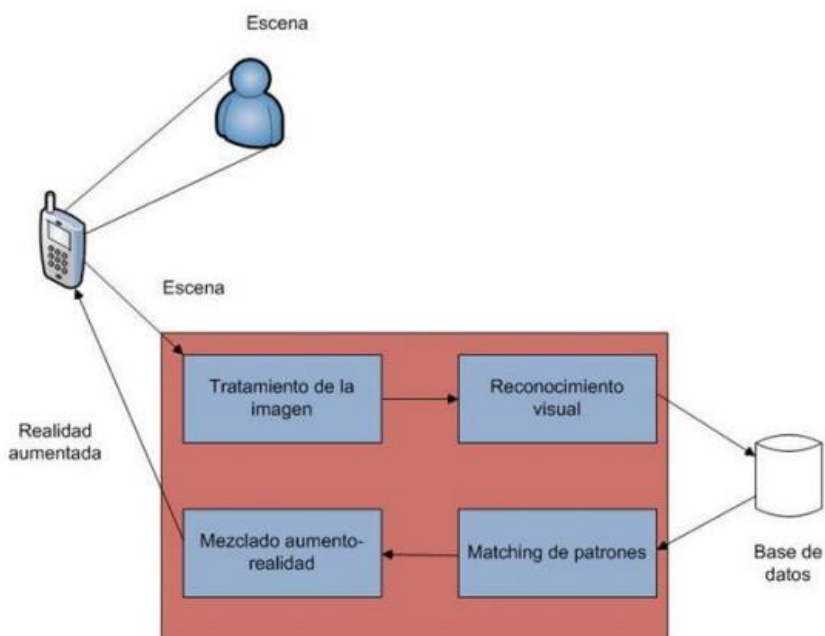
3.3.1 Arquitecturas en sistemas autónomos de realidad aumentada

Los sistemas autónomos de RA son aquellos en los que la totalidad de las operaciones y tareas del sistema se llevan a cabo en un terminal único. Este tipo de aplicaciones suelen ejecutarse en entornos muy limitados en cuanto a espacio

y cuya información cabe en un terminal. También puede darse el caso de que el número de muestras a aumentar y la información que se añade sea suficientemente pequeña para poder procesarse y mostrarse en un solo dispositivo. Dentro de este grupo se pueden encontrar desde ordenadores convencionales conectados con una webcam, hasta teléfonos móviles de última generación, pasando por equipos que están compuestos por dispositivos de visualización y procesamiento conectados entre sí. Por lo general, este tipo de sistemas no requieren de equipamiento demasiado costoso debido a lo limitado de sus prestaciones, pudiendo llevarse a cabo en ordenadores domésticos. Este último caso suele ser más propenso a ser utilizado en entornos de prueba o en primeras fases del proyecto. (López, 2010, p. 55)

Ilustración 7

Características de un sistema autónomo



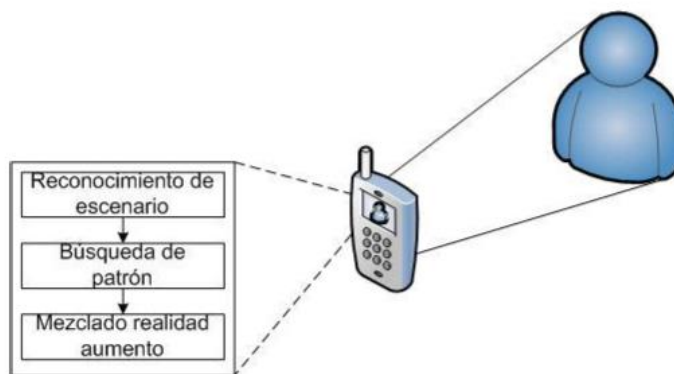
Nota. Tomado de Análisis y desarrollo de sistema de realidad aumentada [Tesis de maestría] (p. 57), por H. López, 2010, Universidad Complutense de Madrid.

3.3.1.1 Características de un sistema autónomo.

Es un sistema que vive aislado de agentes externos, por lo que es posible emplearlo en cualquier momento y lugar, dado que no necesita de funcionalidades externas. Al ser ajeno a fuentes externas, se puede usar incluso en condiciones donde se presenten problemas de red, conexiones, conectividad, entre otras; sin embargo, al estar ligado a un sistema local, careciendo de comunicación con entidades externas, no se puede llevar a cabo un debido seguimiento y mantenimiento, siendo molesto para el control de errores presentes en cualquier momento. Finalmente, cabe destacar que un sistema autónomo nunca afectará a otros equipos, pues no se establece conexión con algún otro mientras este se ejecuta.

Ilustración 8

Arquitectura de un sistema autónomo



Nota. Tomado de *Análisis y desarrollo de sistema de realidad aumentada* [Tesis de maestría] (p. 63), por H. López, 2010, Universidad Complutense de Madrid.

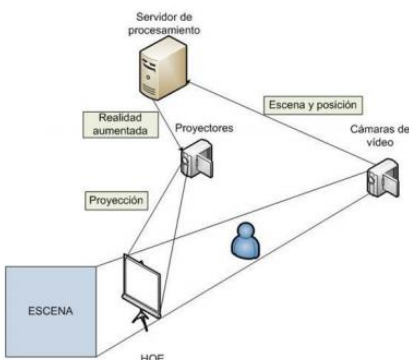
3.3.2 Arquitecturas en sistemas distribuidos de realidad aumentada

Los sistemas distribuidos son aquellos en los que se delega en un equipo denominado “servidor” la tarea de realizar la mayor parte de los cálculos, rebajando en los terminales de visualización la carga de procesamiento. Habitualmente, en este tipo de arquitectura los terminales se encargan de la

recepción de la escena por cualquiera de los métodos ya expuestos en la sección primera de este documento y de la visualización de la realidad aumentada. El proceso intermedio se ejecuta en el servidor, aunque existen excepciones en las cuales parte de este trabajo se lleva a cabo en los propios terminales. Esta responsabilidad depende también de la aplicación que se está desarrollando, así como de las posibilidades del terminal. Por ejemplo, en aplicaciones implantadas en terminales móviles de última generación, una posible estrategia es la de realizar parte del procesado de la imagen como detección de bordes mediante transformadas de Hough o métodos más ligeros e imprecisos. De esta forma, se envía al servidor los datos sobre los bordes de la imagen, evitando sobrecargas en la red. No obstante, esto no suele ser lo habitual, por lo que se suele enviar la imagen al completo o comprimida al servidor. Por otra parte, aquellas aplicaciones que envíen datos al servidor de forma inalámbrica requieren de dispositivos de envío y recepción de señales. En entornos cerrados, lo habitual suele ser utilizar conexiones W-LAN, por lo que los terminales necesitan antenas de transmisión y recepción, y en el lado del servidor hace falta un punto de acceso. En aplicaciones para teléfonos móviles se requieren de equipos de transmisión y recepción GSM en ambos lados. (López, 2010, pp. 55-56)

Ilustración 9

Características de un sistema distribuido

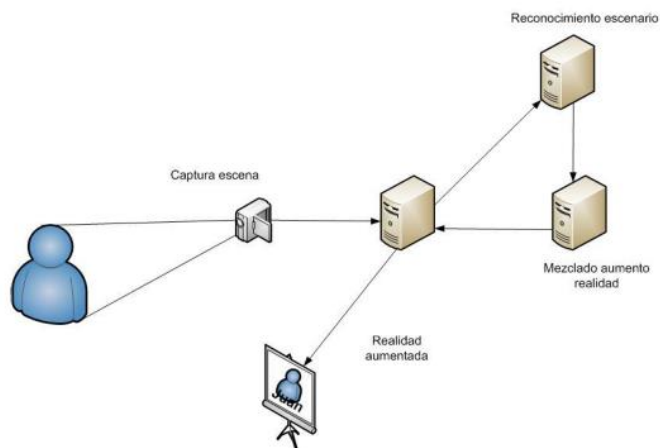


Nota. Tomado de *Análisis y desarrollo de sistema de realidad aumentada* [Tesis de maestría] (p. 58), por H. López, 2010, Universidad Complutense de Madrid.

Un sistema distribuido de RA está compuesto por una serie de agentes externos que trabajan y realizan tareas de manera conjunta. Debido a su distribución de trabajo en los diferentes agentes externos, este sistema permite una mayor complejidad en sus cálculos, reflejando una capacidad mayor en el procesamiento de datos y satisfacción en la experiencia del cliente. Gracias a esto último, estos sistemas han sido de mayor uso, teniendo un gran impacto en los últimos años en los usuarios de consumo RA. Son sistemas que permiten tener a cada equipo con una tarea específica, mejorando y dando más complejidad a las interacciones de RA (López, 2010).

Ilustración 10

Arquitectura de un sistema distribuido



Nota. Tomado de *Análisis y desarrollo de sistema de realidad aumentada* [Tesis de maestría] (p. 59), por H. López, 2010, Universidad Complutense de Madrid.

3.4 Realidad aumentada móvil

Puesto que el presente proyecto se enfocó en celulares inteligentes, es decir, en la realidad aumentada en móviles (RAM), se consideró necesario ahondar un poco en este asunto.

Una de las variantes más atractivas de la RA es su posibilidad de portabilidad mediante tabletas y teléfonos inteligentes, los cuales ya cuentan con una potencia

similar a la que poseen los ordenadores portátiles o de escritorio. La visualización de contenidos en RA tiene como elemento añadido un contexto de movilidad, que permite crear actividades ubicuas, sin las limitaciones espaciales de los lugares fijos, ni la necesidad de entornos cuidadosamente acondicionados para su correcto funcionamiento.

En la actualidad, las tabletas y los teléfonos inteligentes cuentan con herramientas que garantizan una adecuada implementación de contenidos de RA y que definen este nuevo contexto “móvil” de la siguiente manera:

- Pantallas portátiles de alta resolución, las cuales permiten visualizar e implementar la información conjunta de datos digitales y la realidad.
- Cámaras que detectan la información presentada en la realidad.
- Sensores de localización como GPS y WiFi, a través de los cuales es posible obtener la localización del usuario y su entorno en tiempo real, permitiendo a los programas enviar información y recursos en función de la localización del usuario.

Herramientas como acelerómetros o giroscopios que dan lugar a la complementación de datos de localización. (Joo, 2016, pp. 49-50)

Esto permite al usuario gozar de la RA, pero sin las restricciones físicas de un entorno delimitado.

Feiner y Hollerere (2004) identificaron seis componentes para un verdadero entorno de RA móvil:

- La presencia de una plataforma informática que module la información del mundo real y garantice el procesamiento de los datos y la visualización de contenidos RA.
- La visualización de elementos virtuales dentro de un entorno físico real a través de una pantalla.

- Un registro digital del entorno que rodea al usuario de cámaras y sensores de orientación, que ayudan a la correcta visualización de la RA con el entorno real en temas de alineamiento.
- La presencia de dispositivo portable que permita la interacción tecnológica y el trabajo colaborativo con otros usuarios.
- La implementación de una red inalámbrica que posibilite la correcta comunicación de usuarios con una base de datos.
- El almacenamiento de datos y la existencia de la tecnología que permita el acceso de información complementaria del entorno, aportando datos que ayuden a aumentar la realidad circundante. (Joo, 2016, p. 50)

Gracias a los avances tecnológicos, en la actualidad, estas características están presentes en las tabletas y celulares inteligentes.

Los dispositivos móviles han crecido recientemente en el poder de computación y también en el procesamiento de gráficos 3D, sobre todo gracias a la introducción de procesadores de gráficos integrados (GPU) y a la integración de las últimas capacidades inalámbricas y cámaras debido a la presión comercial de las empresas de comunicación.

Si bien en los enfoques iniciales era necesario el apoyo del hardware con más capacidad de cómputo, debido precisamente a la baja capacidad de cómputo disponible en los viejos dispositivos, los avances de hardware han permitido un uso de dispositivos portátiles como plataformas de RA independientes. Tener sistemas autónomos es muy importante para la escalabilidad de las aplicaciones, puesto que, cuando el cómputo se realiza localmente en cada dispositivo, la sobrecarga en el servidor se reduce considerablemente, e incluso se puede quitar porque los clientes no necesitan comunicarse entre sí o porque pueden comunicarse mediante otros mecanismos. A pesar de las capacidades de movilidad y el nuevo potente hardware de estos dispositivos, estos tienen también algunas desventajas inherentes. Aunque los nuevos dispositivos vienen con hardware integrado para la aceleración 3D de gráficos, los altos consumos de

energía hacen imposible que puedan competir con la calidad gráfica alcanzada por los sistemas de escritorio. Además, los dispositivos portátiles no suelen estar equipados con una unidad de punto flotante de procesamiento (FPU) y, por lo tanto, solo son capaces de realizar cálculos de punto fijo en el hardware.

Puede parecer que el desarrollo de sistemas de RA para dispositivos móviles no pueda tener éxito debido a los múltiples factores que impiden que las aplicaciones funcionen tan bien como en equipos de sobremesa. En la tesis de Wagner [WAGNER07] se abordaron tres hipótesis.

- La RA en dispositivos móviles puede funcionar tan bien como en los ordenadores de sobremesa. A pesar de que los teléfonos son menos potentes, tienen pantallas pequeñas y menos capacidades de entrada para el usuario.
- La utilización de teléfonos móviles permite que se desarrollen más sistemas de RA, debido al bajo costo de estos dispositivos.
- El uso de los teléfonos móviles es ampliamente conocido por los usuarios, por lo que es más recomendable para usuarios comunes que el utilizar tableta, PC o HDM. (Alcarria, 2010, pp. 11-13)

3.5 Conclusión

Luego de una ardua y larga indagación en torno a los requisitos y elementos implementados en la generación de RA, fue posible concluir que este trabajo se encuentra enfocado en la RAM, lo que quiere decir que, en este caso, el monitor se reemplazó por los celulares inteligentes de los usuarios. Esto permitirá simplificar mucho más el trabajo, teniendo en cuenta que, gracias al avance tecnológico, estos elementos móviles cuentan con el debido software y hardware necesarios para una experiencia de RA. Por otra parte, se escogió con un sistema de RA autónomo, puesto que este es característico de los celulares inteligentes, trayendo consigo las ventajas y desventajas mencionadas anteriormente.

Teniendo presente que sin los debidos elementos no es posible gozar de la RA y que los dispositivos móviles brindan el monitor y la cámara, se consideró indispensable estudiar los otros dos elementos: el software, que permite enlazar la realidad con la RA; y los marcadores. Cabe mencionar que estos últimos serán de autoría propia.

Capítulo 4. Investigar los tipos y niveles de realidad aumentada, así como las herramientas usadas en su elaboración para su clasificación y posterior selección, basándose en la más eficiente y accesible para la educación

4.1 Tipos de realidad aumentada

4.1.1 Realidad aumentada basada en marcadores

Los marcadores representan el tipo de activador de la información por excelencia en el mundo de la RA y pueden englobarse en tres grupos:

- Códigos QR: son un tipo de formas geométricas en blanco y negro que incluyen información del tipo URL, VCard, texto, *email*, SMS, redes sociales, PDF, MP3, App stores, imágenes, teléfonos, eventos, wifi y geolocalización. Dentro del propio diseño, algunas aplicaciones que facilitan su creación permiten incluir una imagen o logo. [16] Su apariencia es la siguiente (ver Figura 11). (Blázquez, 2017, p. 6)

Ilustración 11

Códigos QR



Nota. Tomado de Realidad aumentada en educación (p. 39), por A. Blázquez, 2017, Universidad Politécnica de Madrid.

- Markerless NFT: “los activadores de la información son imágenes u objetos reales” (Blázquez, 2010, p. 6) (ver Figura 12):

Ilustración 12

Activadores por imágenes u objetos

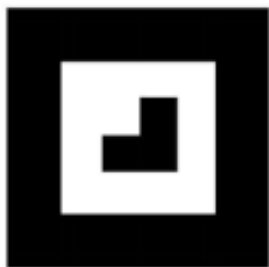


Nota. Tomado de Realidad aumentada en educación (p. 39), por A. Blázquez, 2017, Universidad Politécnica de Madrid.

- Marcadores: “suelen adoptar formas geométricas en blanco y negro, y se enmarcan en un cuadrado. En algunas ocasiones, también incluyen siglas o imágenes simples” (Blázquez, 2010, p. 7) (ver Figura 13):

Ilustración 13

Marcadores



Nota. Tomado de Realidad aumentada en educación (p. 39), por A. Blázquez, 2017, Universidad Politécnica de Madrid.

4.1.2 Realidad aumentada geolocalizada

La RA que se clasifica del tipo “posicionamiento”, debe su nombre a que está determinada por activadores, “*triggers*” o “desencadenantes” de la información, que son los sensores que indican el posicionamiento del dispositivo móvil:

- GPS: indica la ubicación del dispositivo a través de las coordenadas.
- Brújula: hace referencia a la orientación del dispositivo en la dirección que enfoca la cámara integrada.
- Acelerómetro: identifica la orientación y ángulo del dispositivo al uso.

La información se captura a través de la cámara integrada en el dispositivo, y este, a su vez, procesa la información a través del software de posicionamiento instalado. Es una RA basada en parámetros de posicionamiento. (Blázquez, 2010, p. 39)

4.2 Niveles de realidad aumentada

4.2.1 Nivel 0

Hiperenlazando el mundo físico (*physical world hyper linking*). Basado en códigos de barra (enlaces 1D, *Universal Product Code*), códigos 2D (por ejemplo, los códigos QR) o reconocimiento de imágenes aleatorias (ver Figura 14). Lo característico de este nivel 0 es que los códigos son hiperenlaces a otros contenidos, no existe registro en 3D ni seguimiento de los marcadores (básicamente funcionan como un hiperenlace HTML, pero sin necesidad de teclear). (Prendes, 2015, 189)

Ilustración 14*Nivel 0*

Nota. Tomado de “Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas” (p. 189), por C. Prendes, 2015, Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, (46).

4.2.2 Nivel 1

RA basado en marcadores (*marker based AR*). Por lo general, se reconoce a través de patrones 2D. El reconocimiento 3D de objetos (por ejemplo, una silla) sería la forma más avanzada de nivel 1 de AR. Según Estebanell et al., los marcadores son unas imágenes en blanco y negro, generalmente cuadradas, con dibujos sencillos y asimétricos (ver Figura 15). (Prendes, 2015, pp. 189-190)

Ilustración 15*Nivel 1*

Nota. Tomado de “Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas” (p. 190), por C. Prendes, 2015, Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, (46).

4.2.3 Nivel 2

RA sin marcadores (*markerless AR*). Mediante el uso del GPS y la brújula de los dispositivos electrónicos es posible localizar la situación y la orientación, y superponer puntos de interés (POI) en las imágenes del mundo real. Lens Fitzgerald lo definió como RA basada en GPS-brújula. También puede incluir el uso de acelerómetros para calcular la inclinación (ver Figura 16). (Prendes, 2015, p. 190)

Ilustración 16

Nivel 2



Nota. Tomado de “Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas” (p. 190), por C. Prendes, 2015, Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, (46).

4.2.4 Nivel 3

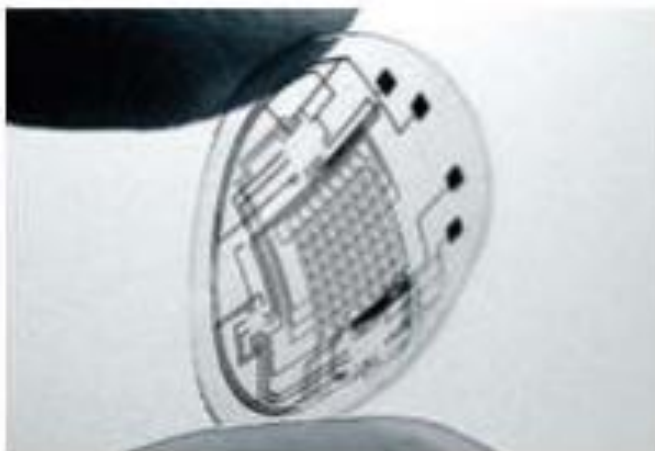
Visión aumentada (VA). Es necesario despegarse del monitor o el *display* para pasar a ligeros y transparentes *displays* para llevar encima (de una escala como las gafas). Una vez la RA se convierte en VA, es inmersiva. Está representado por dispositivos como Google Glass, lentes de contacto de alta tecnología u otros que, en el futuro, serán capaces de ofrecer una experiencia completamente contextualizada, inmersiva y personal (Prendes, 2015).

4.2.5 Nivel 4

Se habla de un nivel 4 donde se usan *displays* de lentes de contacto y/o interfaces directos al nervio óptico y el cerebro. En este punto, múltiples realidades colisionan, se mezclan, dando lugar a una especie de Matrix. Rice hizo referencia a un entorno que permite a las personas olvidarse de sus cuerpos, siendo esta la culminación de la RV. Por supuesto, este apunte es solo una suposición para un futuro a muy largo plazo, aunque ya existen proyectos para producir lentes de contacto que actúen como *displays* (ver Figura 17).

Ilustración 17

Nivel 4



Nota. Tomado de “Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas” (p. 190), por C. Prendes, 2015, Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, (46).

4.3 Herramientas de autor para generar contenido educativo en la realidad aumentada

En el presente apartado se introduce el concepto de *herramientas de autoría* y se realiza un análisis de las diferentes herramientas de autoría, utilizando criterios definidos que se seleccionaron a partir de revisiones bibliográficas e integración de diversos temas de estudio, con especialización en tecnología de la información aplicada a la educación. Cabe mencionar que esta sección se diseñó de manera estratégica para que el lector

sea consciente del tipo de funciones y capacidades que ofrecen las herramientas orientadas a la educación desde la RA.

4.3.1 Herramientas de autor

La TIC permiten a los profesores y estudiantes crear sus propios mensajes y recursos digitales. Las herramientas de autor son programas que brindan a los usuarios la posibilidad de crear sus propios objetos multimedia, sin tener que conectarse con un informático. Estas herramientas se desarrollan con la idea de que las personas puedan expresar fácilmente sus pensamientos en forma digital. Por esta razón, un programa con una interfaz fácil de usar es muy útil y recomienda plantillas predefinidas para facilitar su manejo por parte de los no programadores.

El trabajo con las herramientas de autor enriquece las propuestas instructivas y también amplía la capacidad de los estudiantes para expresarse y comunicarse (Camarda, Minzi, 2012). Para Gómez Villa (Gómez Villa, 2002), “las herramientas de autoría son aquellas que permiten, mediante un proceso de compilación más o menos complejo, la creación de un programa de trabajo que opere independientemente del programa que lo creó”. De manera precisa, este grupo abarca “todas las herramientas que pueden generar actividades, documentos y recursos en multimedia”.

Las herramientas de autor permiten, entre otras cosas, preparar presentaciones, presentar información, crear aplicaciones educativas por tema y nivel; y tienen beneficios como la facilidad de uso para los alumnos, la capacidad de realizar un seguimiento del progreso del aprendizaje y la autoevaluación con retroalimentación instantánea. (Moralejo, 2014, p. 36)

4.3.2 Herramientas de autor para la educación

En este apartado se describen y analizan algunas herramientas de autor para el sector educativo, teniendo en cuenta la definición de una serie de estándares de análisis obtenidos a partir de la revisión bibliográfica.

A continuación, se enlistan las diferentes herramientas de autor seleccionadas:

- **Licencia:** una licencia de software es un permiso otorgado por los autores que poseen los derechos exclusivos de su trabajo a terceros para utilizar sus trabajos, especialmente si se trata de software. Los autores pueden otorgar otro tipo de licencia, solo pueden permitir su uso, modificación o distribución.
- **Plataforma:** hace referencia a la plataforma en la que se puede ejecutar el programa. Una plataforma de software puede ser un sistema operativo o un entorno de programación, aunque suele ser una combinación de los dos.
- **Tipos de actividades:** como se mencionó anteriormente, según Camarda, las herramientas de autoría sugieren el uso de formularios. En este punto, se refiere a una variedad de modelos que ofrece la herramienta.
- **Personalización:** hace alusión a las capacidades que brinda la herramienta para poder modificar los aspectos funcionales y gráficos, con el fin de adaptarse de manera más efectiva a las necesidades de cada docente en particular.
- **Conjunto de actividades:** se refiere a la forma en que se pueden agrupar diferentes actividades o recursos para formar una sola asignatura de aprendizaje con movilidad.
- **Navegabilidad:** consiste en la capacidad estructural del material generado. Como clasificación general, se han mencionado los siguientes (Royo, 2004):
 - **Estructura secuencial:** como un libro, las pantallas se desplazan una a una. Cada nodo de información tiene un nodo de sufijo y un ancestro único, excepto el primer y el último nodo.
 - **Estructura jerárquica:** se forma una especie de árbol de decisiones en cada nodo de información.
 - **Estructura de red:** tipo de red en la que se configuran las interconexiones.

- Formato de salida: permite seleccionar los tipos de archivo a los que se puede enviar el contenido de salida, desde la herramienta de creación.
- Cumplimiento de estándares: esto está relacionado con la capacidad de la herramienta para exportar contenido que cumpla con los estándares de desarrollo de contenido. Los estándares proporcionan un lenguaje común a través del cual el contenido puede comunicarse con varios entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEA), bases de datos y aplicaciones web. (Moralejo, 2014, p. 37)

4.4 Softwares de diseño (CAD)

- Inventor: Autodesk Inventor es un software avanzado de diseño mecánico en 3D, con modelado gratuito, directo y transaccional; y tiene las capacidades básicas para realizar diseño de piezas, dibujos y ensamblaje de componentes. En la versión profesional, Inventor proporciona simulación de elementos finitos, sistemas de movimiento, chapa, enrutamiento de cables, plásticos, moldes y gestión de datos.

Con software como Autodesk Inventor, los diseñadores, ingenieros y emprendedores pueden visualizar ideas, crear y documentar modelos 3D para la vida real. A su vez, pueden proporcionar diseños para verificación virtual, cambiando parámetros, analizando su impedancia, y optimizando su forma hasta que se preparan las plantillas. Este escenario se puede considerar para una pieza o para una máquina formada por grupos de piezas. Inventor se conecta a la aplicación en la nube Fusion 360 para leer datos de ingeniería sólidos y extender la información de diseño a más personas en la nube.

El uso de tecnologías como Autodesk Inventor ayuda a los usuarios a mantenerse productivos en términos de tiempo y mano de obra, lo que tiene un impacto directo en la reducción de costos y la entrega de estos beneficios a su producto a través de la implementación de esta tecnología. En definitiva, este ejercicio justifica la inversión.

- SolidWorks: es un programa de diseño mecánico de estilo CAD, que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, para crear de forma intuitiva y rápida modelos, ensamblajes y gráficos 3D sólidos. Se basa en el modelado paramétrico, lo que reduce el esfuerzo necesario para modificar y crear diferencias de diseño, puesto que las dimensiones y relaciones utilizadas para realizar las operaciones se almacenan en el modelo.

SolidWorks proporciona un software de diseño fácil de usar y potentes herramientas para ingenieros y diseñadores, lo que les permite cubrir todo el proceso (creación, validación, comunicación y gestión) del desarrollo y validación del producto antes de la producción. De esta manera, se pueden lograr menores costos de producción y una introducción al mercado más rápida de los productos, mejorando el flujo de información y comunicación sobre sus diseños en toda la empresa, así como entre fabricantes, proveedores de la empresa y cliente.

- Catia: Catia es una solución de software completa para el diseño y desarrollo de productos 3D y PLM. Por lo general, el software lo utilizan los ingenieros y diseñadores en la industria automotriz y aeroespacial. Está orientado al diseño de proyectos avanzados, y sus principales aplicaciones son el modelado avanzado de sólidos, renderizado, montaje, dibujo, producción, fabricación y análisis.

Desarrollado por Dassault Systèmes, Catia es el producto principal de la serie de aplicaciones PLM y, según estadísticas recientes, es el producto con mayor participación de mercado en diversas industrias como transporte, aeroespacial, automotriz y transporte marítimo.

- Solid Edge: Solid Edge es un programa para crear un diseño mecánico 3D con métodos paramétricos que incluyen un modelador de sólidos, ensamblajes y dibujos dimensionales.

Solid Edge elimina las barreras tradicionales mediante la transición de 2D a 3D. Con la tecnología de sincronización de procesos de cuatro pasos de Solid Edge, los usuarios pueden pasar rápidamente de 3D a 2D, haciendo uso de diseños más antiguos

a su propio ritmo. El software utiliza el poder del software Parasolid de Siemens PLM, el núcleo de modelado de ingeniería más poderoso.

Adicionalmente, Solid Edge ayuda a abordar la complejidad del diseño mediante la creación de prototipos virtuales 3D funcionales que permiten mejorar los diseños antes de la producción. Se centra en ensamblajes que utilizan técnicas de modelado ascendente y descendente, con herramientas únicas para garantizar que la intención del diseño original se capture y mantenga durante todo el proceso.

4.5 Librerías para crear aplicaciones de realidad aumentada

Cuando se trata de aplicaciones de RA, los desarrolladores usan una biblioteca AR con una API de código abierto para simplificar el proceso de desarrollo. La RA no es una nueva moda tecnológica. En la actualidad, existen muchas herramientas de RA con una funcionalidad similar. Sin embargo, cada infraestructura de RA se diferencia de las demás con sus propias características.

- Vuforia: es un *Semi Knock Down* (SDK) completo para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada. Vuforia admite:
 - La detección de varios tipos de etiquetas (incluyendo objetos, imágenes y textos en inglés).
 - Rastreo de objetivos.
 - Reconocimiento 2D y 3D.
 - Escaneo de objetos reales para su reconocimiento.
 - Botones virtuales.
 - Mapeamiento de elementos adicionales vía OpenGL.
 - Smart Terrain™, la capacidad de reconstruir un terreno en tiempo real, creando un mapa del entorno geométrico en 3D
 - Seguimiento extendido, capacidad que muestra, continuas experiencias visuales incluso cuando el blanco está fuera de vista.

En particular, al usar Vuforia para el descubrimiento de imágenes, las aplicaciones móviles pueden confiar tanto en bases de datos locales como en la nube. La principal ventaja de la infraestructura es que incluye soporte para dispositivos de RV y una aplicación de prueba con notas que demuestran las habilidades de Vuforia. Sin embargo, la falta de infraestructura manual genera complicaciones para los desarrolladores que trabajan con Vuforia por primera vez. Si bien hay muchas pautas específicas y breves sugerencias, están organizadas al azar y no reemplazan la documentación requerida.

- ARToolkit: es un conjunto de herramientas de software de RA que se pueden utilizar en aplicaciones de RA. Su mayor ventaja es que es de código abierto en lo que respecta al acceso gratuito a la biblioteca. ARToolkit soporta:
 - Reconocimiento 2D.
 - Mapeamiento de elementos adicionales vía OpenGL.

La galería le permite rastrear previamente las marcas de los objetos conocidos por la cámara móvil y reproducir su posición en la pantalla seleccionada. Luego, el desarrollador puede crear la interfaz de realidad aumentada utilizando los datos recibidos.

ARToolkit funciona en diferentes plataformas: Android, iOS, Windows, Linux, Mac OS X y SGI. Cada sistema operativo necesita su propio entorno de desarrollo. Entorno de desarrollo gratuito para todas las plataformas mencionadas.

Aunque hay acceso gratuito a la biblioteca de RA, la documentación que se ha desarrollado es muy limitada. Incluye aplicaciones de demostración, pero no todas las aplicaciones se pueden crear fácilmente. Los ejemplos son muy deficientes y no hay información sobre el plan de actualización de la infraestructura.

- Wikitude: la biblioteca de Wikitude soporta:
 - Reconocimiento 2D y 3D.
 - Escaneo de objetos reales para su reconocimiento.
 - Representación y animación de modelos 3D.

- Rastreo de localización.
- Aumento HTML.
- Con Wikitude, los desarrolladores pueden crear aplicaciones de RA para reconstruir lugares en un mapa virtual o en una lista, buscar eventos, *tweets* o artículos de Wiki, u obtener recomendaciones de otros usuarios. Además, la aplicación basada en WikiTube le permite recibir cupones móviles, información sobre ofertas actuales y jugar juegos de realidad aumentada.

Wikitude se puede usar en Android e iOS, como un complemento para PhoneGap, un módulo para Titanium y un componente para Xamarin. Esta infraestructura es compatible con Google Glass, Epson Moverizo, Vuzix M-100 y Optinvent ORA1 Smart. Hay una prueba gratuita para desarrolladores. Cuando se desea utilizar la versión completa, se debe considerar pagos regulares. En cuanto a la documentación, está bien organizada y detallada.

- Layar: como sugiere el nombre de la infraestructura, puede visualizar el terreno en capas, mapeándolo a la pantalla de su dispositivo móvil. Layar soporta:
 - Reconocimiento de imagen.
 - Mapeamiento de elementos adicionales en la base de localización de usuario e imágenes reconocida.

Cada capa de infraestructura puede incluir datos sobre la ubicación de sitios específicos o la red social del usuario. Además, la funcionalidad Layar permite expandir significativamente las capacidades de los productos impresos. Por ejemplo, con una aplicación basada en Layar, puede realizar un pedido en un catálogo impreso o escuchar una canción mencionada en una revista.

Todo el trabajo en el servidor se realiza a través de JSON, incluida la lógica para configurar elementos adicionales para el descubrimiento. Por esta razón, trabajar con Layar no es flexible.

- Kudan: La funcionalidad de Kudan consiste en:

- Reconocimiento de imagen.
- Mapeamiento de elementos adicionales en la base de localización de usuario e imágenes reconocidas.
- Rastreo sin objetivo (en lugar de marcas de referencia, se basa en el uso de características naturales como los bordes, esquinas y texturas).
- Mapeamiento de elementos adicionales vía componentes separados sobre OpenGL.
- Kudan es más rápido que otras infraestructuras. Esta biblioteca ayuda a las aplicaciones móviles de RA a mapear modelos de polígonos de la vida real e importarlos a modelos 3D desde un paquete de software de modelado. Además, la cantidad de imágenes que se pueden reconocer es ilimitada y necesita menos memoria para almacenar archivos en el dispositivo.

Los desarrolladores pueden utilizar la documentación básica, pero el alcance de esta guía es breve y se necesita más información. Adicional a ello, es posible que tenga una funcionalidad incorporada limitada si no tiene acceso directo a OpenGL. En general, las bibliotecas de realidad aumentada descritas anteriormente brindan una amplia gama de oportunidades de desarrollo de aplicaciones, desde el soporte para diferentes plataformas hasta un conjunto de herramientas para capturar y rastrear “objetos”.

Sin embargo, cuando se debe elegir una infraestructura en particular, el desarrollador debe comprender lo que obtiene. Es posible utilizar algunas de las herramientas gratuitas visitando el sitio web del programa o descargándolo. Otras herramientas requieren un contrato y tarifas, pero ofrecen más opciones con mayor calidad. Para elegir una herramienta de RA, se debe pensar en las tareas del proyecto y los resultados esperados, para finalmente combinándolos con las habilidades de biblioteca AR.

4.6 Softwares de realidad aumentada

- CGTrader ARsenal: es una plataforma basada en la nube que ayuda a los minoristas y fabricantes a desarrollar modelos de productos 3D realistas,

utilizando imágenes 2D. Las características incluyen el proceso de aprobación de control de calidad, almacenamiento de datos, análisis de activos y escenas personalizadas.

Asimismo, permite a los usuarios crear múltiples tipos de productos con diferentes colores, materiales, patrones y diseños. Los modelos 3D se pueden utilizar en catálogos, sitios web, campañas, anuncios, redes sociales y más. Los usuarios pueden rotar y ver modelos 3D y convertirlos a otros formatos de archivo de diseño. Los minoristas pueden utilizar el módulo de gestión de activos digitales para almacenar, gestionar, ordenar y distribuir activos 3D. Esta aplicación posibilita a los diseñadores insertar modelos 3D en escenas en vivo, usando el estilo interior, esquema de color, ángulo, composición o iluminación deseados.

CGTrader ARsenal 3D Model Viewer se puede integrar en sitios web, lo que ayuda a los minoristas de comercio electrónico a configurar imágenes interactivas para los clientes. Las empresas pueden utilizar códigos QR en carteles o materiales promocionales para ayudar a los compradores a interactuar con los productos en un entorno de realidad aumentada.

- Unity Editor: es el centro de la cadena que ofrece un editor visual completo para crear juegos. El contenido del juego está construido y el juego está programado usando el lenguaje de escritura. Esto significa que los desarrolladores no necesitan ser expertos en C ++ para crear juegos con Unity, puesto que las mecánicas del juego se compilan usando una versión de JavaScript, C # o Boo, un dialecto de Python.

Los juegos creados en Unity están organizados en escenas muy similares al motor Gamebryo. En Unity, la escena puede ser cualquier parte del juego, desde el menú “Inicio” hasta un nivel o área del juego. La herramienta también incluye un editor de terreno, con el que puede crear terreno (como una hoja de papel en blanco), donde los artistas pueden esculpir la geometría del terreno usando herramientas dinámicas. Diseño de paisaje, pintura o textura, ubicación de césped o árboles y otros elementos del terreno importados de aplicaciones 3D como Blender, 3DS Max o Maya.

- Spark AR: es una plataforma de realidad aumentada para Mac y Windows que permite crear efectos de RA para RA. Spark AR, creada por Facebook en 2014, se ha convertido en la aplicación más utilizada para crear filtros en Instagram y es utilizada por los usuarios de esta red social con más de 500 millones de usuarios activos diarios.

Spark AR tiene una interfaz intuitiva y está impulsada por *millennials* que desean compartir la diversión, tomar fotografías y usar esta herramienta versátil. Si bien la plataforma Spark AR está abierta para todos, todos deben ser aprobados bajo el programa beta cerrado si desean cargar sus propios efectos AR personalizados en Instagram. Sin embargo, todo ha cambiado, pues según un anuncio en Facebook, las personas en Instagram Stories ahora pueden crear y publicar sus propios efectos en Spark AR.

- Brio VR: es un software de visualización 3D basado en la nube diseñado para ayudar a las personas y empresas de las industrias de comercio electrónico, bienes raíces, publicidad, arquitectura, diseño industrial, juegos, educación y automotriz a crear RV, RA y presentaciones en 3D para interactuar con su audiencia. Los diseñadores de productos que usan Brio VR pueden importar modelos, imágenes, videos y audio, editar, agregar animaciones e interacciones, y publicarlos y compartirlos en sitios web comerciales y plataformas de redes sociales usando la herramienta de creación de prototipos AR.
- Metaverse: dispone de un estudio accesible a través de su sitio web para crear experiencias de RA. Contiene una gran colección de imágenes en 3D que se pueden superponer a la realidad que ve la cámara del dispositivo móvil y con la que puede interactuar. Además, se pueden agregar sonidos para completar la experiencia. Los usuarios de esta herramienta crean y comparten contenido como cuestionarios con la comunidad sobre un tema específico, por lo que todo el contenido que se crea es colaborativo y las aplicaciones educativas son tan amplias como la ficción.

- Actionbound: esta aplicación se diseñó para crear “mapas del tesoro” y recorridos interactivos. La empresa cuenta con sus propias aplicaciones para teléfonos inteligentes y tabletas, así como una plataforma web que permite desplegar la RA durante toda la visita. Las imágenes que aparecen mediante el uso de un dispositivo con una cámara y una conexión a internet pueden ser preguntas que necesitan respuesta, información sobre un público objetivo o una tarea que el jugador debe completar. Al darse cuenta de su usabilidad en la educación, tiene un plan de pago para escuelas, así como para empresas privadas. Sin embargo, tiene la opción de crear una cuenta separada de forma gratuita que, aunque tiene menos funciones, es una buena manera de explorar el potencial de esta herramienta.
- Roar AR: no es necesario tener conocimientos de informática para poder crear contenido de RV con esta herramienta. El editor de este software contiene las principales herramientas de RA, incluidos video, audio, botones de llamada a la acción, imágenes, texto o modelos 3D. Este último se puede diseñar individualmente y se puede cargar fácilmente en la plataforma. El usuario solo tiene que escanear la imagen en la que se acoplará el contenido y cargar el formato seleccionado en la plataforma para mostrarlo en la pantalla del teléfono móvil, tableta u ordenador mediante la webcam.

4.7 Comparación de softwares para la realización de aplicaciones de realidad aumentada

La selección del software se presenta mediante un cuadro comparativo (ver Tabla 3), teniendo en cuenta las características mencionadas en el Capítulo 5, “Herramientas de autor para generar contenido educativo en realidad aumentada”. De esa manera, fue posible resumir algunos de los aspectos abordados en el análisis de cada herramienta específica.

4.7.1 Softwares CAD

Tabla 3

Softwares CAD

Software CAD	Descripción	Ventajas	Desventajas	Características	Compatibilidad
AutoCAD	El programa tiene excelentes características que eran comunes a cada nueva versión. En el que se muestra, el editor gráfico. La interacción del usuario ocurre a través de comandos, editando o dibujando desde la línea de comandos a la que se dirige principalmente el programa. Las versiones modernas del programa permiten presentarlo a través de una interfaz gráfica de usuario o una interfaz gráfica de usuario, lo que automatiza el proceso.	- Trabajar en AutoCAD es mucho más factible y conveniente que hacerlo manualmente. Ahorra tiempo y es más fácil. - Permite intercambiar información no solo en papel, sino también a través de archivos, lo que representa una mejora en la velocidad y eficiencia a la hora de interpretar diseños. - Se ha relacionado con múltiples plataformas, con el beneficio de poder exportar e importar archivos de todo tipo.	- El programa tiene un alto costo, debido a su licencia. - Saber utilizar todo el programa lleva mucho tiempo, puesto que las funciones son innumerables e incluso tiene algunas aplicaciones muy específicas. - Se requiere un computador potente para operar con una alta velocidad de procesamiento y un gran espacio en disco.	- El dibujo es rápido y sencillo, con un acabado impecable y sin imperfecciones que notaríamos si tuviéramos que hacerlo a mano. - Permite intercambiar información no solo por papel, sino mediante archivos, y esto representa una mejora en rapidez y efectividad a la hora de interpretar diseños, sobre todo en el campo de las tres dimensiones. Con herramientas para gestión de proyectos podemos compartir información de manera eficaz e inmediata. Esto es muy útil, sobre todo en ensamblajes, contrastes de medidas, entre otros.	- iOS - Windows
Solid Edge	Solid Edge es el único programa CAD que permite diseñar de dos formas diferentes. El primero es el modelado tradicional y el segundo es la tecnología sincrónica. En este último se diseña y modifica	- Permite intercambiar información no solo en papel sino también a través de archivos, lo que representa una mejora en	- El programa tiene un alto costo, debido a su licencia. Se requiere un computador potente	- Administración de archivos sencilla, sin necesidad de soporte de TI.	- iOS - Windows

	sin árbol de actividades. El sistema decide qué parámetros modificar. Entre sus herramientas más importantes se encuentran la ingeniería inversa, adaptando diseños de otros sistemas CAD; creación de documentos técnicos para la implementación de instrucciones de trabajo 3D; y transferencia de archivos 3D de forma inteligente sin afectar los parámetros especificados.	la velocidad y eficiencia a la hora de interpretar diseños. Solid Edge tiene el beneficio de poder exportar e importar archivos de todo tipo.	para operar el software.	- Configuración rápida, sin software de bases de datos que mantener. - Búsquedas instantáneas y administración de propiedades integrada. - Fácil administración de revisiones y versiones. - Almacenamiento e intercambio de archivos flexible.	
Catia	El software está desarrollado para proporcionar soporte de diseño desde el concepto hasta la producción y el análisis del producto. También proporciona una arquitectura abierta para el desarrollo de aplicaciones o para personalizar el software utilizado por las interfaces de programación de aplicaciones CAA2 (o CAAV5), y se puede programar en Visual Basic y C++.	- Solución integral para cubrir todo el proceso, desde el diseño del molde hasta la fabricación. - Alto grado de automatización de los procesos de diseño y fabricación de moldes. - Permite la actualización automática de todos los procesos de fabricación y moldes a medida que cambia el diseño.	- El software tiene un alto costo, debido a su licencia. - Se requiere un computador potente para operar el software.	- Análisis visual. - Creación de informes y análisis. - Gestión de proyectos. - Gestión de requisitos. - Gestión del ciclo de vida. - Gestión del diseño. - Herramientas de colaboración. - Panel de actividades. - Visualización de datos.	- Windows. - Solaris. - IRIX. - HP-UX.
SolidWorks	El software de automatización de diseño mecánico SolidWorks es una herramienta de diseño de modelos sólidos paramétricos basada en características que aprovecha la GUI de Windows fácil de aprender. Puede crear modelos sólidos en 3D completamente relacionales con o sin restricciones mientras utiliza simultáneamente relaciones automatizadas o definidas por el usuario para capturar la intención del diseño.	- Acompañamiento o servicio posventa. - Menor curva de aprendizaje. - El software ofrece mayor cantidad y calidad de aplicaciones Integradas. - Diseño 3D más eficiente.	- El software tiene un alto costo, debido a su licencia. - Se requiere un computador potente para operar el software.	- Ecosistema de diseño a fabricación conectado en la nube. - Simplifique y acelere sus diseños con opciones de superficie más robustas y flexibles. - Experiencia de diseño mejorada y simplificada. - Cálculos más rápidos y precisión mejorada para la simulación.	- iOS - Windows.

				Diseño de ensamblaje más rápido.	
Autodesk Inventor	Autodesk Inventor se basa en la última y más avanzada tecnología de modelado paramétrico. El usuario comienza diseñando las piezas. Estas partes pueden luego combinarse en ensamblajes. Al calibrar piezas y ensamblajes, se pueden lograr muchas variaciones. Como diseñador paramétrico, no debe confundirse con el software CAD tradicional.	- Es más práctico para el diseño manual, lo que reduce el tiempo y el esfuerzo. - La información se puede intercambiar a través de archivos, lo que se vuelve más eficiente en la interpretación del diseño. - Se ha vinculado a muchas plataformas y tiene la ventaja de poder exportar e importar varios archivos. - El software tiene las herramientas para perfeccionar estéticamente documentos e información.	- Baja potencia a nivel de relaciones de superficie. - No es intuitivo para crear ensamblajes. - El software tiene un alto costo, debido a su licencia. - Se requiere un computador potente para operar el software.	- Modelado paramétrico. - Modelado de ensamblajes. - Creación de dibujos. - Colaboración en vista compartida. - Trabaja con datos no nativos. - Interoperabilidad con BIM. - Definición basada en modelos. - Modelado flexible. - Modelado directo.	Windows.
Fusion 360	Fusion 360 es un software CAD, CAM y de circuitos impresos de modelado 3D basado en la nube para el diseño y la fabricación de productos. A través de él, los productos se diseñan y proyectan para garantizar el ajuste, la estética, la forma y la función, puesto que reduce la necesidad de diseño e ingeniería. Además de esto, reduce el impacto de los cambios de circuitos impresos, y garantiza la viabilidad de utilizar herramientas de simulación y diseño generativo.	- Entorno de modelado flexible. - Diseño generativo y simulación avanzada. - Gestión integrada de datos.	- El software tiene un alto costo, debido a su licencia. - Se requiere un computador potente para operar el software.	- Diseño y modelado 3D flexible. - Componentes electrónicos unificados y diseño de circuitos impresos. - CAD + CAM totalmente integrados. - Colaboración en la nube y gestión de datos. - Soluciones de diseño generativo innovadoras. - Renderización y documentación fotorrealista.	Windows.
Rhinoceros	Rhinoceros es un programa CAD, es decir, diseño asistido por computadora; el cual incluye una amplia gama de complejas herramientas de modelado 3D.	- El software tiene la precisión requerida para el diseño de prototipos, ingeniería, análisis y fabricación de cualquier	- No crea planos, por lo que los planos deben hacerse por separado en otro programa.	- Configuración de visualización de vistas más rápida. - Precisión requerida para diseños y modelos de	- iOS. - Windows.

	Esto le permite crear formas inimaginables con gran precisión y detalle. Rhinoceros es compatible con la mayoría de software de diseño, dibujo, CAM, creación de prototipos, renderizado, ilustración y más. Como se expuso antes, se especializa en modelado libre utilizando NURBS, que son representaciones matemáticas capaces de describir con precisión cualquier forma 3D.	producto que puede ir desde la aviación hasta la joyería. - Compatibilidad con la mayoría de software de diseño, dibujo, CAM, ingeniería, creación de prototipos, análisis, renderizado, animación e ilustración. - El software tiene un bajo costo, en cuanto a su licencia.	- El software tiene limitadas herramientas de modelado 3D de forma libre.	ingeniería, análisis y producción para todo el producto. Repara complicadas mallas y archivos IGES.	
--	--	---	---	---	--

Tabla 4*Librerías RA*

Librería	Características	Ventajas	Desventajas	Licencia	Compatibilidad
Vuforia	- Detección de varios tipos de etiquetas (incluyendo objetos, imágenes y textos en inglés). - Rastreo de objetivos - Reconocimiento 2D y 3D. - Escaneo de objetos reales para su reconocimiento. - Botones virtuales. - Mapeamiento de elementos adicionales vía OpenGL. - Smart TerrainTM, la capacidad de reconstruir un terreno en tiempo real, creando un mapa del entorno geométrico en 3D. -Seguimiento extendido, capacidad que muestra continuas experiencias visuales incluso cuando el blanco está fuera de vista.	- Las aplicaciones integradas en Vuforia pueden acceder tanto a las bases de datos locales como a las almacenadas en la nube. -Soporte para dispositivos de realidad aumentada. -Proyectos exportables a iOS y Android. - Permite diseñar sus propios <i>targets</i>.	-Su licencia comercial tiene un alto costo. - Debido a que la biblioteca tiene licencia libre y comercial, la licencia libre viene con limitaciones a la hora de trabajar con esta librería.	- Libre - Comercial	- iOS - Windows - Android - Unity
ARToolKit	- Reconocimiento 2D. -Mapeamiento de elementos adicionales vía OpenGL.	-Soporte para dispositivos de RA. -Proyectos exportables a iOS y Android. -Amplia compatibilidad.	- Dado que es una librería de licencia libre, tiene limitaciones a la hora de trabajar en las diferentes plataformas.	Libre.	- iOS - Android - Linux - Mac OS x - SGI
Wikitude	- Reconocimiento 2D y 3D. - Escaneo de objetos reales para su reconocimiento. - Representación y animación de modelos 3D. - Rastreo de localización.	-Soporte para dispositivos de RA. -Proyectos exportables a iOS y Android. -Amplia compatibilidad.	- Su licencia comercial tiene un alto costo.	Comercial.	- Android - iOS -Google Glass - Epson Moverio. - Vuzix M-100. - Optinvent ORA1.

	- Aumento HTML.				- PhoneGap. - Titanium. - Xamarin.
Layar	- Reconocimiento de imagen. - Mapeamiento de elementos adicionales en la base de localización de usuario e imágenes reconocida.	-Soporte para dispositivos de realidad aumentada -Proyectos exportables a iOS y Android.	-Su licencia comercial tiene un alto costo.	Comercial.	- iOS. - Android. - BlackBerry.
KUDAN AR	- Reconocimiento de imagen - Mapeamiento de elementos adicionales en la base de localización de usuario e imágenes reconocidas - Rastreo sin objetivo (en lugar de marcas de referencia, se basa en el uso de características naturales como los bordes, esquinas y texturas) - Mapeamiento de elementos adicionales vía componentes separados sobre OpenGL	-Soporte para dispositivos de realidad aumentada -Proyectos exportables a iOS y Android	-Su licencia comercial tiene un alto costo.	Comercial	- Android - IOS - Unity

Tabla 5*Software de RA*

Software AR	Descripción	Ventajas	Desventajas	Licencia	Compatibilidad
CGTrader Arsenal	Plataforma todo en uno para visualización 3D y RA para comercio electrónico. Puede crear una excelente experiencia de compra para aumentar el compromiso, reducir las ganancias y aumentar las ventas. Totalmente ampliable y compatible con las principales plataformas de comercio electrónico.	- Permite la visualización de productos 3D. - Software desarrollador de aplicaciones de realidad aumentada. -Permite desarrollar entornos virtuales.	- La versión de licencia libre trae limitaciones en distintas herramientas a la hora de trabajar el software.	- Libre. - Comercial.	- iOS - Windows
Unity	Unity es un programa que permite crear videojuegos y aplicaciones para diferentes plataformas con un editor visual y programación a través de <i>scripts</i> donde se podrá obtener resultados completamente profesionales.	- Los gráficos 2D y 3D tienen una calidad perfecta y se adaptan a las necesidades del público actual. - El editor de Unity tiene un gran potencial; sin embargo, cuanto más lo usa el desarrollador, más se familiariza con él y más logra hacer nuevos ajustes en la aplicación. - La curva de aprendizaje también se ve favorecida por la intuición de la plataforma, puesto que la mayoría de sus acciones son de arrastrar y soltar, lo que hace que sea más cómodo para los desarrolladores modificar y personalizar las partes de la	- Su licencia comercial tiene un alto costo. - Debido a que el software tiene licencia libre y comercial, la licencia libre viene con limitaciones a la hora de trabajar.	- Libre. - Comercial.	- iOS - Windows - Android

		aplicación que les encantan.			
Spark AR	Spark AR es una plataforma de realidad aumentada que se puede utilizar como herramienta de marketing, en el cual los desarrolladores pueden crear animaciones y efectos de realidad aumentada.	- Software diseñado para ventas y marketing. - Permite la visualización de productos 3D.	- Dado que el software es de licencia libre, este trae limitaciones mientras se trabaja. - El software no permite desarrollar aplicaciones, dado que este está programado para solo crear filtros en realidad aumentada.	- Libre. - Comercial.	- Windows - iOS - Android
Brio VR	Brio VR es una plataforma de realidad aumentada que se puede utilizar como herramienta para ayudar a personas y empresas en comercio electrónico, bienes raíces, publicidad, arquitectura, diseño industrial, juegos y educación, donde los desarrolladores pueden crear efectos y animaciones AR.	- Software diseñado para crear presentaciones en realidad aumentada. - Permite la visualización de productos 3D.	- Su licencia es comercial tiene un alto costo.	Comercial.	- iOS - Windows.
Roar AR	Roar AR es un programa que permite crear aplicaciones para diferentes plataformas utilizando un editor visual, con el que es posible lograr resultados completamente profesionales.	- Permite la visualización de productos 3D. - Software desarrollador de aplicaciones de realidad aumentada.	- Su licencia es comercial tiene un alto costo.	Comercial.	- iOS - Windows

4.8 Conclusión

- En este capítulo se definieron los niveles de RA, así como el nivel 1 escogido para este proyecto. Lo anterior, teniendo en cuenta que, en dicho nivel, la mayoría de la comunidad cuenta con los elementos que este exige.
- Las herramientas anteriormente mencionadas son solo un subconjunto de la gran cantidad de herramientas de autor disponibles en el mercado. Se han compilado varias plantillas basadas en lo que se usa más en el sector de la educación, las cuales se comparan sobre la base de criterios predefinidos. Estas herramientas, además, permiten crear actividades exploratorias de AR para personas sin conocimientos de programación, principalmente basadas en mostrar una etiqueta frente a una cámara web y esta etiqueta permite el enriquecimiento de una escena real a partir de la inclusión de un objeto 3D.
- En este capítulo se realizaron varios análisis bajo cuadros comparativos, dando a conocer varias opciones para tener en cuenta. En el primer cuadro comparativo se analizaron los diferentes softwares CAD y se tomó la decisión de trabajar con Inventor, dado que la universidad cuenta con licencia para este software.
- En el segundo cuadro comparativo se tomó la decisión de trabajar con la plataforma Vuforia, puesto que tiene una versión libre y es de las mas completas del mercado con una interfaz fácil de manejar.
- En el último cuadro comparativo se tomó la decisión de trabajar con el software de desarrollo Unity, debido a que es el que genera más compatibilidad y maneja una interfaz muy fácil de ejecutar, permitiendo incorporar todos los elementos y, a su vez, desarrollar el recurso de RA.

Capítulo 5. Implementar un recurso interactivo por medio de la unión de la tecnología de la realidad aumentada y la neumática

5.1 Desarrollo del recurso interactivo

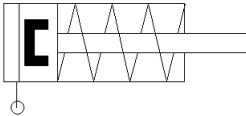
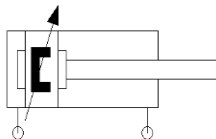
En el presente capítulo se expone el desarrollo del recurso interactivo a través de un paso a paso, teniendo en cuenta los softwares y herramientas seleccionadas en el capítulo anterior. Esto último, describiendo cómo se llevó a cabo el proyecto desde el inicio hasta la finalización de este.

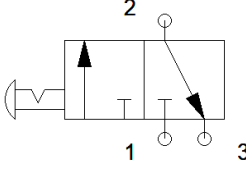
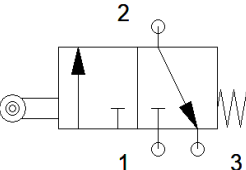
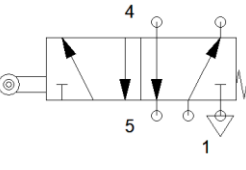
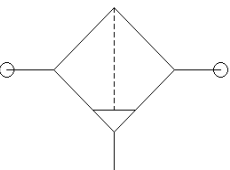
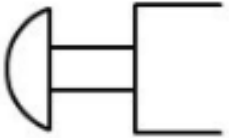
5.1.1 Clasificación de elementos neumáticos e información

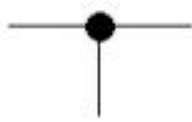
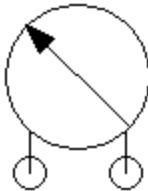
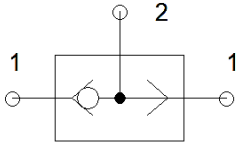
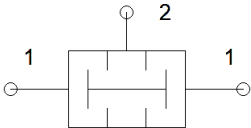
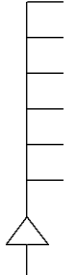
En la Tabla 6 se presenta la clasificación e información de los elementos seleccionados para la creación de la aplicación, considerando los siguientes aspectos: nombre del elemento, definición, simbología e imagen.

Tabla 6

Clasificación e información de los elementos seleccionados para la creación de la aplicación

Elemento	Definición	Simbología	Imagen
Pistón simple efecto	Los cilindros de simple efecto son aquellos que realizan trabajo solo cuando su elemento móvil (vástago) se mueve en una dirección; es decir, hacen el trabajo en un ciclo.		
Pistón doble efecto	Un cilindro de doble efecto es un cilindro cuyo aire de trabajo actúa alternativamente en ambos lados del pistón. Para conectar el pistón en un cilindro de doble acción a un mecanismo externo, como un cigüeñal, un extremo del cilindro debe estar provisto de un orificio para el vástago del pistón con un casquillo para evitar fugas de aire del cilindro.		
	Válvulas de 3/2 vías (3 vías y 2 posiciones): se utilizan comúnmente para manejar		

Válvula 3/2 con accionamiento mecánico	cilindros de acción simple. Gracias a sus tres vías, el flujo de aire puede ir en dos direcciones diferentes y salir en la posición cerrada.		
Válvula 3/2 con final de carrera	Una válvula con final de carrera o interruptor de posición es un sensor que detecta la posición de un elemento en movimiento por un accionamiento mecánica.		
Válvula 5/2 con accionamiento mecánico	Estas válvulas 5/2, de cinco vías y dos posiciones, se pueden considerar como una ampliación de las válvulas 4/2. La diferencia consiste en que las válvulas 5/2 poseen una vía más, con lo que el escape de un cilindro de doble efecto puede ser independiente para cada lado, y pueden realizar otras funciones de mando.		
Filtro de aire	La función del filtro es atrapar impurezas líquidas o sólidas en el aire comprimido. El aire entrante es desplazado por la unidad centrífuga, de modo que las partículas más pesadas se lanzan a las paredes del recipiente y se ven obligadas a adherirse a él.		
Pulsador mecánico	Un interruptor de aire funciona como un interruptor eléctrico, pero en lugar de electricidad, utiliza presión de aire. Cuando se presiona el botón del interruptor neumático, se introduce una corriente de aire en el controlador de potencia. El aire pasa por los tubos que conectan el botón a la unidad de potencia. Cuando la unidad de control recibe la "señal de aire", se encenderá. Para apagarlo, debe presionar el botón nuevamente.		
	Una unión neumática, también conocida como racor		

Unión T (racor neumático)	neumático, es uno de los componentes que se utilizan en los sistemas de aire comprimido para conectar sus elementos como cilindros, válvulas, elementos de mantenimiento, entre otros.		
Manómetro	Un manómetro es un instrumento para medir la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos eléctricos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, que se llama presión barométrica.		
Válvula OR	Estas válvulas se utilizan cuando se requiere una señal de presión de salida desde dos puntos de entrada diferentes. Cuando el aire comprimido entra en una entrada, la junta cierra la entrada en el otro lado. Con la misma presión y oportunidad en la entrada, prevalece la señal que llega primero. Si hay una presión diferente, la presión más alta fluirá a la 2.		
Válvula AND	Estas válvulas se utilizan como elementos de seguridad, en controles donde se debe utilizar la mano del operador al operar una máquina o mecanismo, como una prensa o una guillotina. Para una presión constante en la salida activa 2, se requiere una señal sincrónica neumática en las entradas 1. Es decir, al recibir una señal solo de una entrada, la placa bloquea el flujo de aire hacia la salida 2.		
Manifold	Un manifold es un dispositivo que actúa como distribuidor de gas. Su función es proporcionar presión y monitorear el volumen de gas presente en el sistema.		

5.1.2 Software CAD

5.1.2.1 Descarga e instalación.

Para la descarga e instalación del software CAD Inventor se corroboraron los requerimientos técnicos que exige este software. En este caso, el recurso computacional con el que se contaba cumplía con todos estos requerimientos. Además, fue posible trabajar con este software, puesto que la Universidad Santo Tomás cuenta con el convenio de licencias para estudiantes con la empresa Autodesk (ver Figura 34).

5.1.2.2 Desarrollo de elementos neumáticos en software CAD.

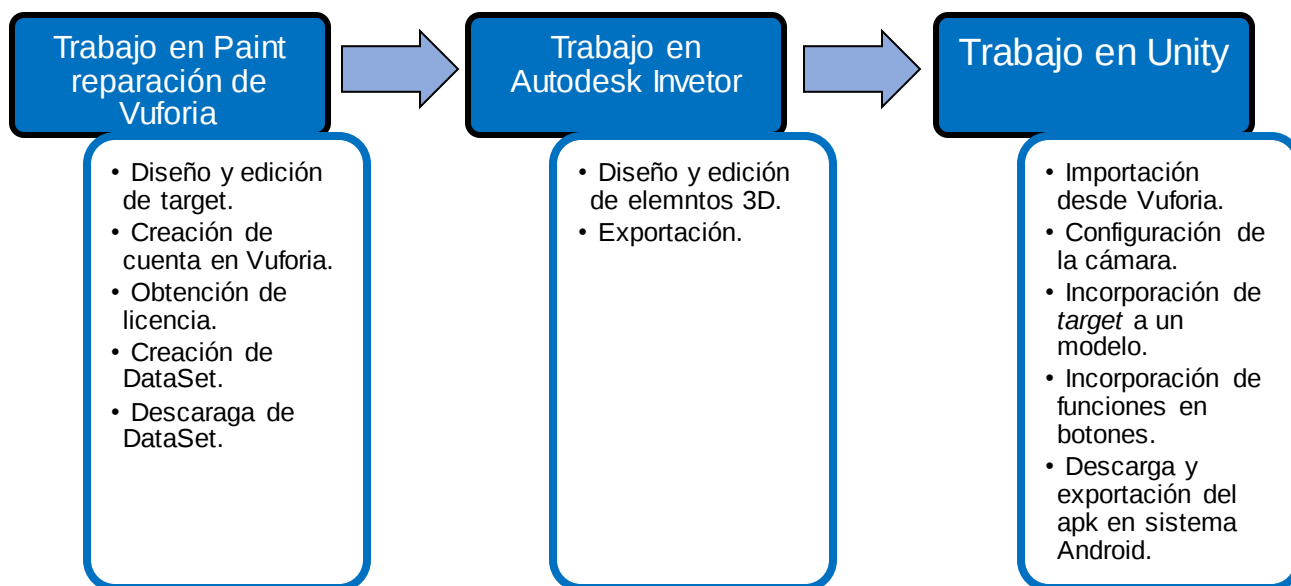
Se llevó a cabo el desarrollo de cada uno de los elementos neumáticos en el software CAD Inventor y, a su vez, cada uno se exportó en la extensión de archivos OBJ para crear un enlace con el software Unity.

5.1.3 Biblioteca RA y software desarrollador

Las etapas del proceso de modelado se presentan en la Figura 36, con tres etapas principales: trabajo en Paint y preparación de Vuforia, trabajo en Autodesk Inventor y trabajo en Unity.

Ilustración 18

Proceso de modelado



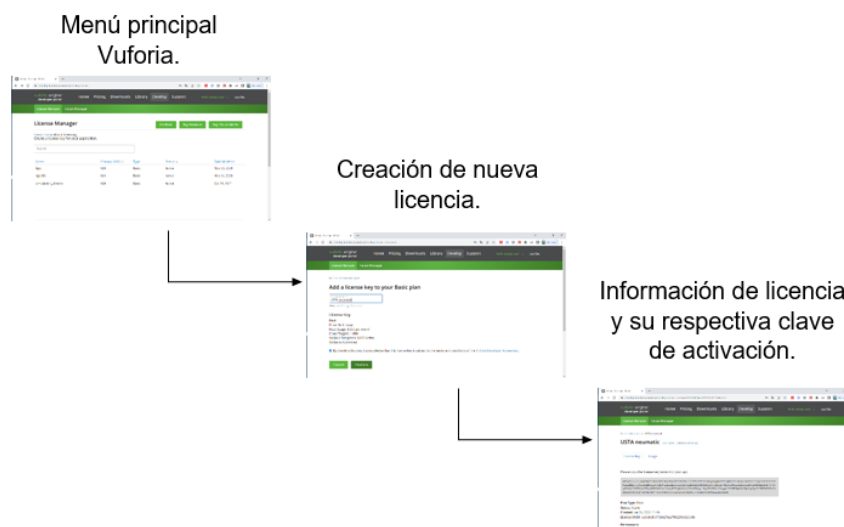
5.1.3.1 Vuforia.

Vuforia, al ser una biblioteca manejada en forma de plataforma web, no se descarga ni nada por el estilo. Solo es necesario dirigirse a la plataforma y realizar la correspondiente suscripción sin costo alguno. Después de esto, se verifica la sección de “Licencias”. Puesto que se trabajará con licencia gratuita, se debe dar clic en “Obtener básico”.

Posteriormente, se debe completar los campos con la información solicitada y, finalmente, dar en “Crear”. Al dar clic en la nueva licencia, se debe desplegar un apartado donde se encontrará información sobre esta, así como la clave de licencia que se necesita en el software Unity.

Ilustración 19

Proceso VUFORIA



5.1.3.2 Unity.

Para la descarga e instalación del software Unity se debe verificar los requerimientos técnicos que exige este software. En ese caso, se trabajó con la licencia libre y gratuita que proporciona este software.

Una vez descargado e instalado el programa, se inició con el desarrollo del aplicativo. Al abrir Unity se desplegó un menú principal. Para crear un nuevo proyecto se hizo clic en “Nuevo” y se procedió a diligenciar los campos con la información solicitada. Por último, se dio clic en “Crear”.

Al crear el nuevo proyecto fue posible acceder a la plataforma y sus debidas herramientas, las cuales se emplearon durante el proceso del desarrollo de la aplicación. Posteriormente, se configuró la plataforma para que el producto final sea de manejo en sistema Android.

A continuación, se importó la biblioteca Vuforia, dando clic izquierdo en “Window”, ubicado en el panel superior de la plataforma; seguido de “Package manager”; y, finalmente, se seleccionó el archivo guardado. De esta manera, Unity permitió

implementar la RA en la aplicación. Al ubicarse a mano izquierda, al dar clic derecho, se desplegó un panel de opciones, para insertar la RA cámara.

Como se visualiza, al clic en AR cámara se desplegó una serie de opciones en la parte derecha de plataforma. Posteriormente, se seleccionó la pestaña “*App License key*” y se pegó el enlace obtenido con anterioridad al crear la licencia en Vuforia.

Ilustración 20

Creación de proyecto y plataforma UNITY



5.1.3.3 Desarrollo del cuerpo de la aplicación (menú principal, paneles, minipaneles, entre otros).

Parte 1

Al ubicarse en la parte inferior del software, dando clic derecho, se desplegó una barra con varias opciones de trabajo. En este caso, se usó la opción “*Créate*”, con la cual se crearon diferentes elementos, desde carpetas donde se almacenará el contenido de la aplicación, hasta los *script* que almacenarán los códigos de programación que se realizarán externos a Unity y que son de necesidad. Seguido a esto, se diseñaron tres carpetas principales: una denominada “*Canvas*”, que contendrá todo el material de trabajo para la realización del cuerpo de la aplicación, que a su vez tendrá subcarpetas

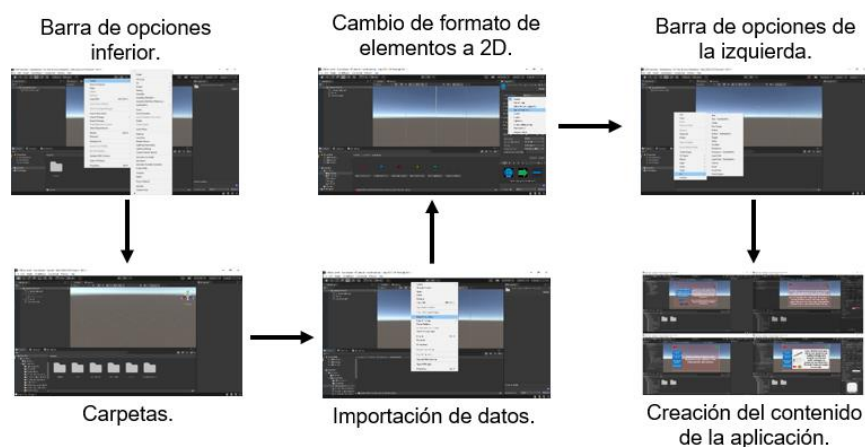
(logos, imágenes elementos, botones, *script*); otra que contendrá los modelos 3D que se visualizarán en RA; y, finalmente, una que contendrá los colores de cada pieza.

Como se mencionó anteriormente, al desplegar la barra de opciones inferior se encontraron varias opciones. Esta vez, haciendo uso de la opción “*Import New Asset*” fue posible importar los datos y elementos de manera ordenada en cada carpeta para emplearlos en el desarrollo de la aplicación. Posteriormente, los elementos 2D se cambiaron de formato al dar clic en “*Sprite (2D and UI)*”.

Con ayuda de la barra de opciones de la izquierda y la opción UI se encontró una serie de herramientas como, por ejemplo, creación de texto, botones, paneles, imagines entre otras: las cuales sirvieron para crear el cuerpo de la aplicación. De esa manera, se crearon los diferentes menús, paneles de información y minipaneles.

Ilustración 21

Desarrollo cuerpo aplicación pt. 1



Parte 2

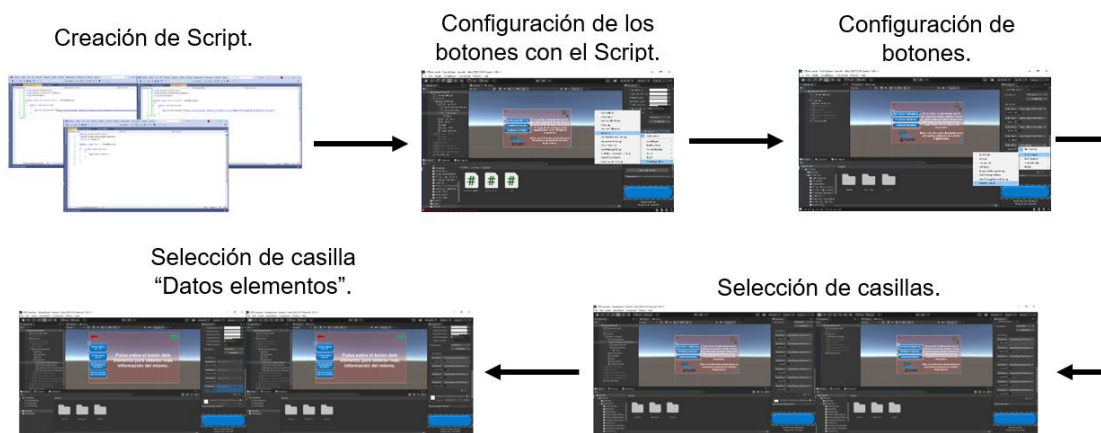
Después de crear el cuerpo de la aplicación, se llevó a cabo la respectiva interacción con cada botón, imagen y demás. Se inició con la creación de los tres *script* a emplear: uno para el botón de salida de la aplicación, uno para el botón de los disparadores y uno para el botón-imagen de Festo FluidSIM. Después de crear los *script*, se arrastró y ubicó cada uno en su botón correspondiente. A su vez, desde la opción “*Button*”, desplegada en la parte derecha, se configuró cada botón.

Se creó una serie de elecciones para la interacción de los demás botones a lo largo de la aplicación, mediante la opción “*Button*”, agregando opciones y arrastrando los diferentes paneles creados hacia estas. Después, se realizó un cambio “*No Function*” a “*SetActive (bool)*” en cada una de las opciones.

Para cada botón se seleccionó la casilla correspondiente. Por ejemplo, para el botón “Datos elementos” se seleccionó la casilla con el panel “Datos elementos” y para el botón “Interacción Ra” se seleccionaron las casillas con el panel de “Interacción Ra” y la “AR cámara”. Por último, se realizó la misma operación para el cuadro de botones presentes en cada panel de información de elementos, con sus correspondientes botones y minipaneles.

Ilustración 22

Desarrollo cuerpo aplicación pt. 2



5.1.3.4 Desarrollo de la interacción RA

Parte 1

Creación marcadores (*targets*).

Para el desarrollo de los marcadores se utilizó la herramienta Paint. Se realizó un primer cuadro de color negro, el cual servirá para que la cámara no tenga problemas en un futuro al momento de enfocar el marcador.

Posteriormente, se establecieron los marcadores, colocando figuras de color blanco en el recuadro negro para que este pueda ser reconocido por la cámara. Después de realizar el debido marcador, se guardó en formato .jpg.

Seguidamente, se subieron los marcadores en formato .jpg a la biblioteca Vuforia, con el fin de que esta biblioteca cree la compatibilidad con Unity. Este proceso se realiza con cada uno de los disparadores con los que se va a desarrollar la aplicación.

Ilustración 23

Creación de marcadores



Parte 2

Se inició con la importación de los diferentes elementos en 3D en sus respectiva carpeta. con la ayuda de la barra de la izquierda se implementaron los diferentes *targets* a utilizar.

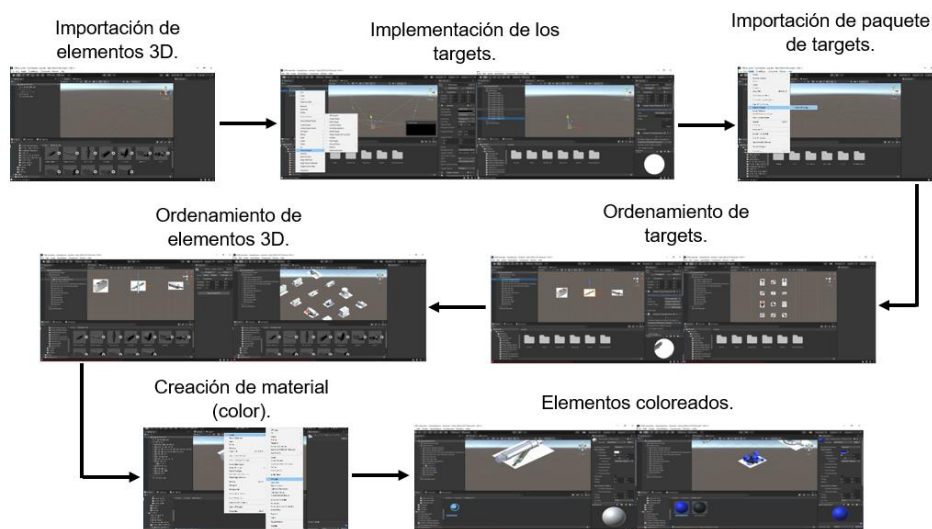
Dando clic en la opción “Assets” y luego en “Import Package”, fue posible agregar los diferentes paquetes de *targets* para trabajar. Con la ayuda del panel de opciones de laderecha, que aparece luego de dar clic en algún elemento a trabajar, a cada *target* se le configuró su respectivo paquete de *target* y, a su vez, su correspondiente disparador.

Nuevamente, con ayuda del panel de opciones de la derecha o con el que queda debajo de las opciones de guardado, *window*, ayuda, entre otras; se dio posición a cada *target* para poder diferenciar e identificar cada uno de ellos. De igual forma, los elementos en 3D se acomodaron para que quedaran en buena escala de tamaño, con coordenadas correctas y de manera precisa en cada *target*.

Finalmente, dentro de la carpeta “Colores”, y con ayuda de la barra inferior, se crearon los diferentes materiales para cada pieza, dando como resultado la coloración de cada elemento.

Ilustración 24

Desarrollo de la interacción RA



5.2 Ejecución de la aplicación

Al ejecutar la aplicación, inicialmente se abrirá un menú que permitirá acceder a los diferentes botones y/o mandos, los cuales se encargarán de dirigir a las demás funciones de la aplicación. Este menú principal constará de cinco botones, dos individuales, uno para salir de la aplicación y otro para ir a los créditos de autor. Los otros tres se ubicarán en un cuadro, que serán los de “Interacción RA”, “Datos elementos” y los “Disparadores”. Además, contará con una imagen-botón que redirigirá a la nube

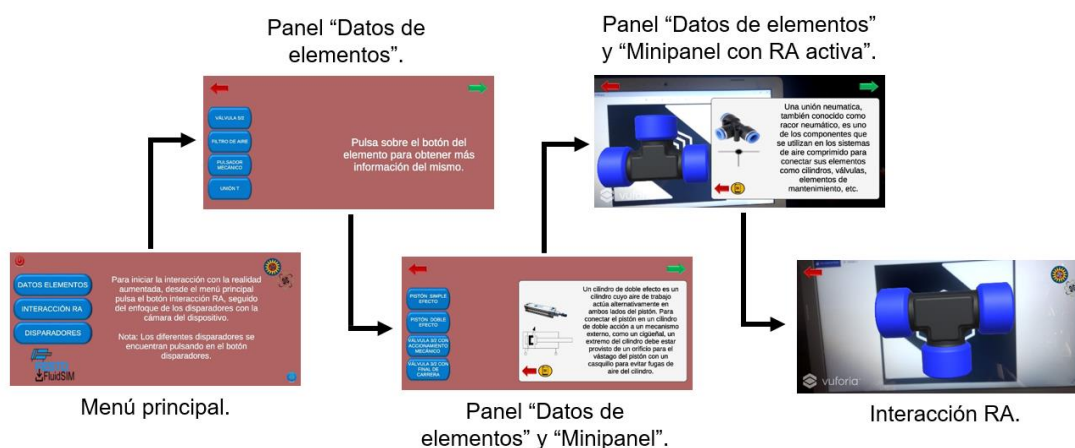
donde se podrá descargar el software Festo FluidSIM, con el logo de la facultad y la universidad, así como la respectiva ayuda del correcto funcionamiento de la App.

Al presionar el botón de “Datos elementos”, este conducirá a un panel donde se encontrarán los diferentes medios (botones, imágenes y textos) que ayudará y permitirán obtener más información de cada elemento neumático. Además, dando clic en uno de los botones de los elementos, automáticamente se ha de desplegar un minipanel, el cual contendrá la información del debido elemento neumático seleccionado. Este tendrá dos imágenes y un cuadro de texto informativo, además de dos botones con los cuales se puede acceder a la interacción Ra con el minipanel activo, y otro que permitirá desactivar la cámara RA.

Al dar clic en “Interacción Ra”, este botón conducirá a un panel con la cámara RA activa, el cual cuenta con un botón de atrás y los respectivos logos. Esta sección, al reconocer el disparador (*target*) vinculado con la aplicación, mostrará el elemento en RA.

Ilustración 25

Ejecución de aplicación de realidad aumentada



Nota. Si se presentan dudas con el procedimiento se puede dirigir al siguiente enlace donde se encontrara un video en el cual se explica el procedimiento, dejando ver de una manera sencilla y detallada de como fue el desarrollo de esta. Link: <https://drive.google.com/drive/folders/1pwdjs4Vd1r-RXCh3Awu2LFJaA-jbNNrh?usp=sharing>

5.3 Conclusión

A modo de conclusión, se desarrolló el recurso interactivo cumpliendo con los requerimientos funcionales que se plantearon en un inicio. Adicionalmente, este trabajo se realizó incorporando los programas analizados en los anteriores capítulos para poder cumplir con el objetivo.

Capítulo 6. Alcances, recomendaciones y conclusiones

6.1 Alcances a futuro del proyecto.

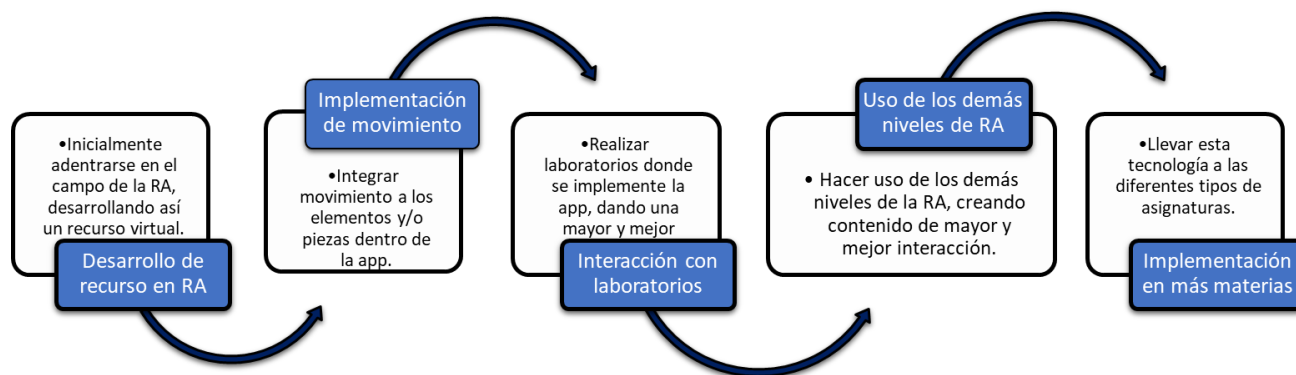
Inicialmente se desarrollo la primer etapa del proyecto el cual consistia en desarrollar un recurso virtual donde se mostraran los principales elementos de la neumatica utilizando la realidad aumentada, en esta etapa del proyecto se pudo investigar la teoria en general de la realidad aumentada donde se identificaron los diferentes elementos y niveles que intervienen en esta, ademas de esto se desarrollo exitosamente el recurso virtual. Ademas se dejo planteado un esquema donde se ven las etapas del alcance a futuro deseado en el proyecto con la realidad aumentada.

Debido a la complejidad del proyecto y pococ acceso de esta tecnologia se decidio dibidir el proyecto en las siguientes etapas:

- Desarrollar un recurso virtual donde se vean los principales elementos de la neumatica.
- Implemetacion de movimiento, en esta etapa se trabajara con los elementos que se trabajo en la primer etapa donde se le tendra que dar movimiento a cada uno de estos elementos para ver su funcionamiento.
- Realizar laboratorios, esta etapa consiste en desarrollar laboratorios para dar a conocer como es el funcionamiento en conjunto de cada uno de los elementos de la neumatica.
- Implementar los diferentes niveles de realidad aumentada en el campo de la neumatica para que el estudiante tenga una mayor iunteraccion con la neumatica.
- Implementar la realidad aumnetada en las diferentes materias, esta etapa consiste en desarrollar material didactico de este tipo de tecnologia para las diferentes asignaturas de la facultad.

Ilustración 26

Esquematización alcance a futuro del proyecto



5.2 Recomendaciones

Es importante darse cuenta de que la realidad aumentada ha abierto paso en el entorno escolar, ya que es fácilmente adaptable y aplicable en cualquier campo, sin embargo, a la hora de diseñar y crear proyectos en cualquier entorno, existen varias recomendaciones el cual se deben de tener en cuenta para futuras proyectos:

- Se ha observado que la Facultad de Ingeniería Mecánica aún no cuenta con un proyecto que permita el uso de esta tecnología en la enseñanza enfocada a este campo de estudio, por lo que la aplicación de este proyecto será de gran ayuda para los docentes ya que la Realidad Aumentada es un tecnología nueva, en el cual los estudiantes serán los beneficiarios, ya que es un recurso didáctico de fácil acceso que permite la interacción directa entre los usuarios y los objetos, facilitando así el aprendizaje.
- Dado que la realidad aumentada es un recurso innovador y acorde con los avances tecnológicos que están experimentando, se recomienda que los docentes de la institución fomenten el uso de recursos digitales para mejorar

la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes y dejar que los estudiantes se beneficien al máximo.

- Se recomienda a los maestros y estudiantes que reciban capacitación antes de usar la tecnología, especialmente sobre cómo usar los marcadores de realidad aumentada en la enseñanza, ya que puede ayudar a los estudiantes a comprender los temas y más cuando se usa correctamente. Tendrás la oportunidad de visualizar un entorno virtual reproduciendo un dispositivo de realidad aumentada.
- También se recomienda a la facultad de ingeniería mecánica de la institución considerar los parámetros detallados en el proyecto para que sirvan de referencia para los nuevos proyectos a realizar, el cual se utilice este tipo de tecnología de realidad aumentada.
- Las instituciones educativas deben crear un espacio de formación utilizando herramientas TIC, como la realidad aumentada, bajo la guía de personas capacitadas en un campo en particular, para promover el uso de herramientas innovadoras y así mejorar la enseñanza, ya que juegan un papel importante. especialmente en estos tiempos por el impacto de la pandemia del COVID-19 y el abrupto inicio de clases sobre la base de tecnología sincrónica que requiere de los docentes.

5.3 Conclusión del proyecto

En este apartado se exponen principalmente las conclusiones del proyecto, teniendo en cuenta lo abordado a lo largo del documento.

- En primer lugar, fue posible dar cumplimiento a todos los objetivos y requisitos de los capítulos, considerando el objetivo general que consistió en crear una aplicación móvil de realidad aumentada para Android, capaz de proporcionar una simulación de los principales elementos de la neumática.
- En segundo lugar, con el desarrollo técnico del proyecto, fue difícil poner todas las ideas y requisitos sobre la mesa. Una vez que se completó la fase de

análisis y diseño. Por lo tanto, las etapas iniciales de planificación, análisis y diseño resultaron ser de suma importancia.

- Por último, además de haber aprendido a desarrollar un proyecto de principio a fin, pasando por todas sus fases, se adquirieron nuevos conocimientos y se ampliaron muchos de ellos, principalmente los relacionados con RA y los necesarios para el desarrollo de todas las fases.
- La realidad aumentada, como ayuda a la enseñanza de la neumática, facilita el desarrollo de la creatividad y aumenta las habilidades de visualización espacial del usuario en el reconocimiento de diferentes elementos, ya que el usuario puede interactuar libremente con objetos reales que contienen información digital, como la realidad aumentada, lo que permite que las clases sean más dinámicas e interesante.

7 Referencias

- 1000 marcas.net. (2022). *Logo Unity*. <https://1000marcas.net/unity-logo/>
- AEC Resource. (s.f.). *Trabaje con un conjunto completo de herramientas de ingeniería y diseño*. <https://www.aecres.com/industrial/inventor>
- Alarcón, M. (2019). *La realidad aumentada en la escuela*. <https://mayraalarconprimaria.blogspot.com/2019/11/la-realidad-aumentada-en-la-escuela.html>
- Alcarria, C. (2010). *Desarrollo de un sistema de realidad aumentada en dispositivos móviles [Tesis de grado]*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. <https://bit.ly/3NzoNYz>
- Alvarado, M. (2020). *SPARK AR STUDIO, una aplicación que fomenta la creatividad y el diseño*. Universidad de Santander: <https://disenograficocucuta.com/spark-ar-studio-una-aplicacion-que-fomenta-la-creatividad-y-el-diseno/>
- Blázquez, A. (2017). *Realidad aumentada en educación*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Crunchbase. (s.f.). *CGTrader ARsenal*. <https://www.crunchbase.com/organization/cgtrader>
- Cubillo, J., Martín, S., Castro, M., & Colmenar, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 241-274. <https://doi.org/10.5944/ried.17.2.12686>
- Decide On. (s.f.). *Logo Catia*. <https://decideon.es/especialidades/estructuras-navales/herramientas/cenifer-logo-catia/>
- Eugenio. (s.f.). *Brio VR*. <https://www.eugenio.cl/>
- GCFGlobal. (2021). *¿Qué es hardware y software?* <https://edu.gcfglobal.org/es/informatica-basica/que-es-hardware-y-software/1/>

Get Logo Vector. (s.f.). Wikitude. <https://getlogovector.com/wikitude-gmbh-logo-vector-svg/>

GetApp. (s.f.). ARToolKit. <https://www.getapp.com.co/software/2047397/artoolkit#media>

Google Arts & Culture. (s.f.). *Neumática*.
<https://artsandculture.google.com/entity/m01bv6j?hl=es>

Ibaca, E. (2019). *Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para exploración histórica del campus de la Universidad de Concepción [Tesis de pregrado]*. Universidad de Concepción.
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/401>

IES Villalba Hervás. (2009). *Neumática*.
<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/05/neumatica.pdf>

Integral. (s.f.). *Vuforia engine*. <https://integralplm.com/vuforia-engine/>

Joo, J. (2016). *Modelo de realidad aumentada y navegación peatonal del patrimonio territorial: diseño, implementación y evaluación educativa [Tesis doctoral]*. Universidad de Salamanca. <http://hdl.handle.net/10366/132830>

Kudan. (s.f.). *Kudan*. <http://www.kudan.io/http://www.kudan.io/>

López, H. (2010). *Análisis y desarrollo de sistema de realidad aumentada [Tesis de maestría]*. Universidad Complutense de Madrid.
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/11425/>

Moralejo, M. (2014). *Análisis comparativo de herramientas de autor para la creación de actividades de realidad aumentada. Estudio de sus características específicas para el escenario educativo [Tesis de especialización]*. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38497>

PNG Wing. (s.f.a). *Actionbound*. <https://www.pngwing.com/es/free-png-idkab>

PNG Wing. (s.f.b). *SolidWorks*. <https://www.pngwing.com/es/free-png-kqksv>

Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(46), 187-203. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>

Roar. (s.f.). *Roar*. <https://theroar.io/>

Sistemas. (s.f.). *Definición de Virtual*. <https://sistemas.com/virtual.php>

Solutek Colombia. (s.f.). *Implementación Realidad Aumentada*. http://www.solutekcolombia.com/servicios_tecnologicos/implementacion/realidad_aumentada.htm

The Denver Channel. (2021). *Facebook rebrands itself as Meta as it focuses on virtual reality*. <https://www.thedenverchannel.com/news/national/facebook-rebrands-as-meta-to-emphasize-metaverse-vision>

Universidad de Valencia. (2013). *Plataformas virtuales de educación*. <https://bit.ly/3uGlpmd>

Universo Abierto. (2016). *Layar: realidad aumentada aplicada a bibliotecas*. <https://universoabierto.org/2016/01/06/layar-realidad-aumentada-aplicada-a-bibliotecas/>

Valenzuela, V. (2019). *Definición de interfaz*. <https://www.periodicodigitalgratis.com/29854/interfaz-con232274>

X-Plan. (s.f.). *Solid Edge*. <https://www.x-plan.com/soporte-y-descargas/solid-edge-logo/>