

**Análisis de herramientas informáticas para el desarrollo
de una aplicación móvil de realidad aumentada**

**Analysis of computer tools for the development
of an Augmented reality mobile application**

Enrique Javier Macías-Arias¹
Universidad Técnica De Manabí - Ecuador
enrique.macias@utm.edu.ec

Fabricio Javier Santana-Campoverde²
Universidad Técnica De Manabí - Ecuador
fabricio.santana@utm.edu.ec

Tatiana Elizabeth Cobeña-Macias³
Universidad Técnica De Manabí - Ecuador
tatiana.cobena@utm.edu.ec

Félix Vicente Zambrano-Pico⁴
Universidad Técnica De Manabí - Ecuador
felix.zambrano@utm.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2058

V8-N5 (sep-oct) 2023, pp. 1056-1069 | Recibido: 02 de julio de 2023 - Aceptado: 20 de septiembre de 2023 (2 ronda rev.)

1 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1647-4457>

2 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5045-6458>

3 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3298-6519>

4 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1383-658X>

Cómo citar este artículo en norma APA:

Macías-Arias, E., Santana-Campoverde, F., Cobeña-Macias, T., & Zambrano-Pico, F., (2023). Análisis de herramientas informáticas para el desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada. 593 Digital Publisher CEIT, 8(5), 1056-1069, <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2068>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

Esta investigación aborda la evaluación de herramientas informáticas disponibles para el desarrollo efectivo de aplicaciones móviles de realidad aumentada (RA). El objetivo principal es identificar las plataformas y tecnologías más adecuadas que optimizan el proceso de creación de aplicaciones RA, considerando factores clave como la usabilidad, rendimiento y accesibilidad. La investigación se enmarca en un estudio exploratorio y descriptivo, utilizando un enfoque mixto que combina análisis cuantitativo y cualitativo. Se busca obtener una comprensión profunda de las herramientas disponibles y su aplicabilidad en el contexto de desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada. Se lleva a cabo un análisis exhaustivo de la literatura para identificar las herramientas informáticas relevantes. Se emplean técnicas de estudios comparativos para evaluar la eficacia de cada herramienta en términos de desarrollo de aplicaciones RA. Las técnicas incluyen un análisis comparativo en función de las herramientas de realidad aumentada. Además, se utiliza la escala de Likert, que es una herramienta muy utilizada en investigaciones de diversa índole que sirve como base para este estudio. La investigación contribuye al conocimiento práctico al ofrecer recomendaciones específicas basadas en la evidencia empírica recopilada. Como resultado de la investigación se tiene que EasyAR Sense se destaca como la mejor herramienta para construir aplicaciones de realidad aumentada, respaldada por Creator AVR y Blippar como opciones igualmente sólidas. Este análisis proporciona una guía valiosa para los desarrolladores al seleccionar herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, considerando factores clave como el reconocimiento de imágenes, la integración API y las licencias. Como conclusión, la elección de la herramienta para el desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada debe basarse en una ponderación cuidadosa de los requisitos del proyecto, priorizando entre rendimiento, usabilidad y flexibilidad. Aunque cada herramienta tiene sus ventajas y desventajas, el conocimiento adquirido a través de este análisis facilita una toma de decisiones más informada. Se destaca la necesidad de una evaluación continua a medida que evolucionan las tecnologías y se introducen nuevas herramientas en el mercado. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y desarrollo en el campo dinámico de la realidad aumentada móvil.

Palabras clave: aplicaciones móviles, imágenes 3D, realidad aumentada, tecnología y software de edición

ABSTRACT

This research addresses the evaluation of computer tools available for the effective development of augmented reality (AR) mobile applications. The main objective is to identify the most suitable platforms and technologies that optimize the AR application creation process, considering key factors such as usability, performance and accessibility. The research is framed in an exploratory and descriptive study, using a mixed approach that combines quantitative and qualitative analysis. The aim is to obtain a deep understanding of the available tools and their applicability in the context of developing augmented reality mobile applications. A comprehensive literature review is carried out to identify relevant IT tools. Benchmarking techniques are used to evaluate the effectiveness of each tool in terms of AR application development. The techniques include a comparative analysis based on augmented reality tools. In addition, the Likert scale is used, which is a tool widely used in research of various kinds that serves as the basis for this study. The research contributes to practical knowledge by offering specific recommendations based on the empirical evidence collected. As a result of the research, EasyAR Sense stands out as the best tool for building augmented reality applications, supported by Creator AVR and Blippar as equally solid options. This analysis provides valuable guidance for developers when selecting tools for AR application development, considering key factors such as image recognition, API integration, and licensing. In conclusion, the choice of tool for the development of augmented reality mobile applications should be based on a careful weighing of the project requirements, prioritizing performance, usability and flexibility. Although each tool has its advantages and disadvantages, the knowledge gained through this analysis facilitates more informed decision making. The need for continuous evaluation is highlighted as technologies evolve and new tools are introduced to the market. This study provides a solid foundation for future research and development in the dynamic field of mobile augmented reality.

Key words: self-consumption, clean energy, renewable energy sources; distributed generation; energy impacts, environmental impact

Introducción

La Realidad Aumentada (RA), un concepto novedoso e inusual que surgió hace unos años, se basa en la combinación del mundo real y virtual mediante procesos informáticos para mejorar la experiencia visual y mejorar los canales de comunicación humana. Es importante tener en cuenta que hay un término anterior a la Realidad Virtual (RA), que es Realidad Virtual (RV). Este término se refiere a un sistema informático que crea ilusiones visuales en tiempo real dentro de una computadora. La realidad virtual simula objetos y les da un efecto real, pero es importante resaltar que, aunque ambos términos y métodos son diferentes, algunos usuarios pueden confundirse y pensar que son equivalentes.

Como resultado, esta investigación examina las similitudes y diferencias entre la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, confirma los vínculos posibles entre las dos tecnologías y lleva a cabo una investigación detallada centrada en la Realidad Aumentada (RA).

El término Realidad Aumentada tuvo su origen en 1950, gracias a la concepción de Morton Heilig, quien ideó un proyecto de Cine de Experiencia. El objetivo de este proyecto era permitir que los usuarios interactuaran con sus cinco sentidos al entrar en contacto con la máquina. Con el tiempo, las ideas para crear nuevas máquinas de realidad aumentada fueron evolucionando hasta llegar a lo que conocemos hoy como aplicaciones de RA. En la actualidad, no es necesario crear dispositivos de hardware completos para interactuar con la RA, ya que basta con desarrollar un software para visualizarla. Si bien aún es necesario contar con hardware adecuado, este no es exclusivo para la realidad aumentada, sino que estos dispositivos son multifuncionales y comunes en nuestra vida cotidiana (Castillo, 2017).

Hablando específicamente de la realidad aumentada, estos pueden incluir dispositivos con cámaras que pueden funcionar con una variedad

de aplicaciones, como computadoras portátiles, tabletas, teléfonos celulares o cámaras web.

La Realidad Aumentada es una tecnología fascinante que combina lo real y lo virtual para brindar experiencias enriquecedoras y mejorar nuestras formas de comunicarnos. Aunque se diferencia de la Realidad Virtual, es importante comprender sus características distintivas y cómo se ha desarrollado un largo del tiempo para tener aplicaciones accesibles a través de varios dispositivos comunes en la actualidad.

Herrera et al. (2019) obtuvieron resultados significativos en relación con la eficacia de las aplicaciones móviles, el aprendizaje basado en dispositivos móviles (m-learning), la realidad aumentada (RA), las redes móviles, las herramientas de visualización y un método para el desarrollo móvil multiplataforma con RA. Por otra parte (Márquez Domínguez (2018) concluye que la creación de una aplicación de realidad aumentada y la afirmación de que los estudiantes aprenden a través de ella no es suficiente. Más bien, destaca la importancia de establecer una base sólida, que incluya métricas y elementos medibles, para evaluar la aplicación. Esto garantizaría que la aplicación cumpla con los requisitos mínimos necesarios para afirmar que facilita un proceso de aprendizaje efectivo. Según las diversas propuestas, se reconoce que el aprendizaje es un fenómeno subjetivo, lo que resalta la necesidad de abordar no solo la implementación de tecnologías educativas, sino también la evaluación objetiva de su impacto en el aprendizaje.

Heras y Villareal (2016) mencionan que todas las plataformas de realidad aumentada, actualmente fundamentadas en Android, iOS o Web, persiguen principalmente la exhibición de imágenes o videos en tercera dimensión, posibilitando a los usuarios una interacción más inmersiva con su entorno virtual. Por este motivo, previo a la definición de lo que constituye una plataforma de realidad aumentada, se abordará el concepto de imágenes en tercera dimensión, las cuales constituyen el fundamento primordial de la realidad aumentada.

En otra investigación, Marín (2018) expresa que la realidad aumentada se basa principalmente en el uso de imágenes en tercera dimensión. Cuando el usuario superpone la cámara de su dispositivo, la primera impresión que recibe es una imagen en tercera dimensión que presenta movimiento propio. Además, el usuario tiene la capacidad de interactuar con esta imagen, manipulándola con sus propias manos. Posteriormente, se le brinda la oportunidad de percibir animaciones, sonidos e incluso videos que se derivan de la imagen tridimensional inicial. Es por esta razón que las imágenes en tercera dimensión se convierten en un componente esencial de la experiencia de video en la realidad aumentada.

De acuerdo con Gesa (2012), la creación de un gráfico tridimensional inicia mediante la aplicación de un conjunto de fórmulas matemáticas. Estas fórmulas abordan aspectos como poligonalidad, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, iluminación (directa, indirecta y global), profundidad de campo, desenfoques por movimiento, ambiente, punto de vista, entre otros. Además, se incorporan elementos externos, como imágenes utilizadas para texturas. Toda esta información se amalgama para dar forma a un modelo tridimensional completo. Se detallan algunas aplicaciones para realizar imágenes en 3D.

Aplicaciones para realizar imágenes en 3D

3D Maya: Es un software informático diseñado para la creación de gráficos tridimensionales, efectos especiales y animaciones. Su notable potencia y las extensas opciones de personalización y expansión de su interfaz y herramientas son características distintivas. El núcleo de Maya está compuesto por el código conocido como MEL, que posibilita la creación de scripts y la adaptación personalizada del paquete. Este programa proporciona una amplia variedad de herramientas para tareas como modelado, animación, simulación de ropa y cabello, dinámicas (simulación de fluidos) y diversas aplicaciones adicionales. (Ledo & Oliva, 2015).

3D Studio Max: Se trata de un software desarrollado por Autodesk que facilita la creación de gráficos y animaciones en tres dimensiones. Es reconocido como uno de los programas de animación 3D más empleados, especialmente en la producción de videojuegos, anuncios televisivos, proyectos arquitectónicos y películas, gracias a su arquitectura modular basada en complementos (Hernández et al., 2016).

Lightwave 3D: Se trata de un software que posibilita la creación de gráficos tridimensionales, su renderización y animación mediante procesamiento computacional. El programa incluye un motor de renderizado que permite aprovechar características avanzadas, tales como reflexión y refracción realistas, radiosidad y cáusticas, entre otras. En términos de animación, el programa cuenta con componentes que abarcan sistemas de partículas dinámicas, cinemática y animación de personajes (Olvera et al., 2014).

Softimage XSI: Desarrolla software que engloba funciones de composición, efectos especiales y animación tridimensional. Se ha utilizado en la creación de animaciones computarizadas para nuevas películas, anuncios publicitarios y videojuegos (Siles, 2023).

Bryce: Es una amalgama que abarca modelado tridimensional, renderizado y animación, centrándose específicamente en la creación de paisajes fractales (Vera, 2022).

POV-Ray: Se refiere al Trazador de Rayos, un programa compatible con diversas plataformas informáticas que genera imágenes a partir de una descripción de escena en formato de texto (Jiménez et al., 2019).

Blender: Se trata de un software versátil que se dedica al modelado, la iluminación, el renderizado, la animación y la generación de gráficos tridimensionales, siendo compatible con múltiples plataformas. Además, emplea la técnica procesal de nodos para llevar a cabo la composición digital, la edición de video, la escultura (que incluye la topología dinámica) y

la pintura digital. Asimismo, Blender incorpora un motor de juegos interno que posibilita la creación de videojuegos (González Morcillo et al., 2016).

Tabla 1
Descripción de Herramientas AR más utilizadas

Herramienta	Descripción
Layar	Es innegable que una de las corrientes actuales en el ámbito de la moda es la adopción de la realidad aumentada para desarrollar imágenes interactivas que potencien la promoción de productos de una marca. Layar ofrece la posibilidad de generar contenido interactivo y visualizarlo a través de diversos medios, como catálogos, revistas, folletos informativos o códigos impresos en los productos. Además, facilita la inclusión de videos o versiones alternativas del producto que el cliente está explorando en ese momento.
Augment	Con esta herramienta, tiene la capacidad de exhibir los productos de su catálogo mediante imágenes virtuales en tres dimensiones, lo que posibilita a los clientes visualizarlos desde diversos ángulos y perspectivas. Es una herramienta de uso sencillo que ofrece la opción de una prueba gratuita durante 30 días.
Vuforia	Una solución integral para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada que cuenta con la capacidad de reconocer imágenes, textos u objetos en dos o tres dimensiones, al mismo tiempo que facilita la incorporación de botones virtuales.
Easyar sense	EasyAR Sense es un motor de realidad aumentada diseñado para la detección en entornos del mundo real. El complemento de Unity para EasyAR Sense se presenta como una extensión especialmente desarrollada para integrarse con Unity y aprovechar las funcionalidades de EasyAR Sense.
Creator AVR	EON Creator AVR fusiona una tecnología patentada de Realidad Virtual Aumentada (RVA) con una biblioteca de componentes RA/RV y una base de datos, generando así una experiencia singular. Además, EON Creator AVR incorpora inteligencia integrada para facilitar a estudiantes y profesores la creación eficiente de contenido altamente interactivo, sin necesidad de poseer habilidades de programación, en dispositivos como tabletas, teléfonos inteligentes, y lentes de RV o RA.
Blippar	Blippar se destaca como una empresa líder en tecnología, especializada en Realidad Aumentada y Visión por Computadora (AI). Su misión es mejorar la calidad de vida cotidiana mediante la Realidad Aumentada, proporcionando al mundo una mayor cantidad de información, entretenimiento y valor perceptible.

Nota: Se describen algunas herramientas utilizadas en la creación de realidad aumentada.
 Fuente: Autores de la investigación.

Según Salazar Mesía (2019) en su trabajo de titulación, el progreso de las tecnologías de información y comunicación, junto con la integración de tecnologías emergentes en el

ámbito educativo, ha propiciado el desarrollo de herramientas innovadoras, como es el caso de las aplicaciones de Realidad Aumentada. Estas aplicaciones combinan elementos virtuales con entornos reales de manera simultánea y se están empleando con mayor frecuencia en diversas áreas educativas, especialmente en aquellos temas que involucran contenidos abstractos, con el propósito de facilitar la comprensión de los mismos.

Entorno de Desarrollo Integrado (IDE de Programación)

Guzman Paredes (2022) señala que Unity Technologies ha creado un motor de videojuegos llamado Unity, el cual es compatible con múltiples plataformas y está disponible para sistemas operativos como Microsoft Windows, Mac OS y Linux. La plataforma de desarrollo de Unity admite varios tipos de plataformas para la compilación. Además, Unity es interoperable con diversas aplicaciones, como Blender, 3ds Max, Maya, Softimage, Modo, ZBrush, Cinema 4D, Cheetah3D, Adobe Photoshop, Adobe Fireworks y Allegorithmic Substance. Estos productos permiten la actualización automática de los objetos creados con ellos en todas las instancias del proyecto, eliminando la necesidad de importación manual.

Por otro lado Valera Bautista (2022), menciona que el motor gráfico emplea diversas tecnologías, como OpenGL (en Windows, Mac y Linux), Direct3D (exclusivamente en Windows), OpenGL ES (en Android y iOS), e interfaces propietarias (Wii). Presenta compatibilidad con características como mapeado de relieve, mapeado de reflejos, mapeado por paralaje, oclusión ambiental en el espacio de pantalla, sombras dinámicas utilizando mapas de sombras, renderizado a textura y aplicaciones de efectos de post-procesamiento de pantalla completa.

Materiales y métodos

La metodología adoptada para la investigación sobre el análisis de herramientas informáticas destinadas al desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada es de

carácter exploratorio y descriptivo. Se seleccionó un enfoque mixto que integra análisis cuantitativo y cualitativo para abordar de manera integral la evaluación de las herramientas disponibles.

El estudio se basa en un análisis exhaustivo de la literatura especializada para identificar las herramientas informáticas pertinentes en el ámbito del desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada. Este enfoque permitió obtener una comprensión profunda de las características y capacidades de cada herramienta. Además, se implementan técnicas de estudios comparativos para evaluar la eficacia de estas herramientas en términos del desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

Las técnicas empleadas en la investigación incluyen la revisión sistemática y minuciosa de la literatura existente para recopilar información relevante sobre las herramientas informáticas disponibles. Además, se lleva a cabo un análisis comparativo, centrándose en criterios específicos relacionados con las herramientas de realidad aumentada. Esta evaluación se realiza mediante técnicas que permiten comparar y contrastar características, ventajas y limitaciones de cada herramienta, contribuyendo así a una toma de decisiones informada en el proceso de selección para el desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada.

Al momento de desarrollar aplicaciones, la mayoría de las herramientas de Realidad Aumentada (RA) comparten características similares. Los programadores han estado discutiendo estos instrumentos en varios foros en línea para determinar qué tan diferentes son los kits de desarrollo de software (SDK). Los parámetros mencionados anteriormente, junto con otros sugeridos, se recopilan en esta sección de un estudio personal de las herramientas mencionadas anteriormente. Se describen cinco parámetros para la ejecución de un análisis comparativo en función de las herramientas de realidad aumentada.

P1. Plataforma: Este parámetro indica la variedad de sistemas operativos que utiliza la herramienta RA.

P2. Búsqueda Visual (Visual Search): Se requiere que se verifique si la herramienta puede reconocer una imagen, procesarla y agregar nueva información, ya sea texto o figuras.

P3. Contenido de las API: Verificar si las herramientas ofrecen API y ayudan al programador.

P4. Framework: Determine si la herramienta incluye programas adicionales para facilitar la construcción de aplicaciones RA.

P5. Licencia: Este parámetro determina si es necesario pagar una licencia para usar la herramienta, si ofrece una versión de prueba o si es completamente gratuita.

La escala de Likert es una herramienta muy utilizada en investigaciones de diversa índole que sirve como base para este estudio. La escala de Likert es ordinal y se caracteriza por colocar una serie de declaraciones seleccionadas en una escala con grados que van desde excelente hasta pésimo. Se utiliza una tabla de escalas para evaluar el cumplimiento de cada parámetro en las herramientas analizadas.

Tabla 2
Escala de evaluación herramientas RA

Criterio	Valor
Pésimo	0
Malo	1
Regular	2
Bueno	3
Excelente	4

Resultados

El análisis comparativo se elabora de acuerdo con los criterios de valoración utilizados en la metodología.

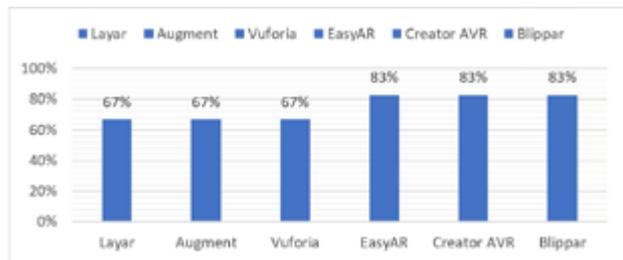
Tabla 3
Valoración de variables del parámetro - Plataforma

Parámetros y Variables de comparación / Plataforma	Layar	Augment	Vuforia	EasyAR Sense	Creator AVR	Blippar
La herramienta crea aplicaciones para Android.	4	4	4	4	4	4
La herramienta crea aplicaciones para iOS.	4	4	4	4	4	4
La herramienta crea aplicaciones para Windows.	0	0	0	2	2	2
Total	8	8	8	10	10	10

Tabla 4
Resultado de herramientas AR

Herramienta Ideal	Resultado	Porcentaje
Layar	8	67%
Augment	8	67%
Vuforia	8	67%
EasyAR	10	83%
Creator AVR	10	83%
Blippar	10	83%

Figura 1
Resultado de herramientas AR – Plataforma



En la figura 1 y tabla 3, se observa que Layar, Augment y Vuforia tienen un porcentaje del 67%, lo que sugiere que estas herramientas están especializadas en la creación de aplicaciones para sistemas operativos Android y iOS. Por otro lado, EasyAR, CreatorAVBR y Blippar presentan un porcentaje del 83%, indicando que estas aplicaciones tienen una mayor versatilidad al crear aplicaciones no solo para Android e iOS, sino también para el sistema operativo Windows.

La información revelada por la gráfica y la tabla sugiere que, si bien Layar, Augment y Vuforia se centran predominantemente en

el desarrollo de aplicaciones para dispositivos Android e iOS, EasyAR, CreatorAVBR y Blippar ofrecen una mayor flexibilidad al abarcar también el sistema operativo Windows. Esta diferencia en la versatilidad de plataformas podría ser un factor determinante al considerar la elección de una herramienta para el desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada, dependiendo de las necesidades y preferencias específicas del proyecto.

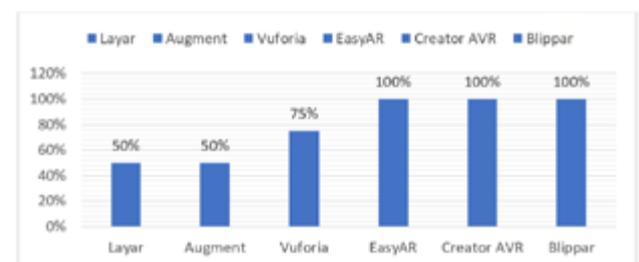
Tabla 5
Valoración de variables del parámetro – Búsqueda Visual

Parámetros y Variables de comparación / Plataforma	Layar	Augment	Vuforia	EasyAR Sense	Creator AVR	Blippar
Puede generar una imagen determinada.	4	4	4	4	4	4
Puede generar una imagen en dos dimensiones.	4	4	4	4	4	4
Puede generar varias imágenes a la vez en dos dimensiones.	0	0	2	4	4	4
Puede generar varias imágenes a la vez en tres dimensiones	0	0	2	4	4	4
Total	8	8	12	16	16	16

Tabla 6
Resultado búsqueda de imagen

Herramienta Ideal	Resultado	Porcentaje
Layar	8	50%
Augment	8	50%
Vuforia	12	75%
EasyAR	16	100%
Creator AVR	16	100%
Blippar	16	100%

Figura 2
Resultado de herramientas AR – Búsqueda de Imagen



Se destaca que Layar y Augment, con un 50%, tienen la capacidad de generar imágenes específicas en una o dos dimensiones. En cambio, Vuforia, con un 75%, puede generar múltiples imágenes simultáneamente, todas en dos dimensiones. Por otro lado, EasyAR, Creator AVR y Blippar exhiben una capacidad más amplia al poder producir imágenes en diversos formatos, abarcando tanto dos como tres dimensiones.

La información presentada indica que Layar y Augment están más enfocadas en la generación de imágenes bidimensionales, mientras que Vuforia amplía esta capacidad al permitir la generación simultánea de varias imágenes en dos dimensiones. En contraste, EasyAR, Creator AVR y Blippar muestran una versatilidad significativa, ya que pueden generar imágenes en diferentes formatos, incluyendo tanto el plano bidimensional como el tridimensional. Esto apunta que estas últimas herramientas ofrecen una mayor flexibilidad y potencial creativo en el ámbito de la realidad aumentada al poder trabajar con distintos tipos de imágenes.

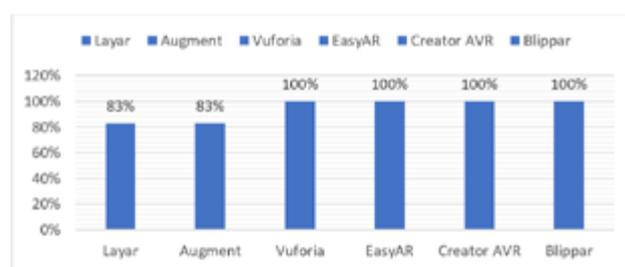
Tabla 7
Valoración de variables del parámetro – API

Parámetros y Variables de comparación / Plataforma	Layar	Augment	Vuforia	EasyAR Sense	Creator AVR	Blippar
	Documentación para instalación.	4	4	4	4	4
Documentación para el desarrollo de aplicaciones.	4	4	4	4	4	4
Documentación en internet	2	2	4	4	4	4
Total	10	10	12	12	12	12

Tabla 8
Resultado valoración de variables del parámetro - API

Herramienta Ideal	Resultado	Porcentaje
Layar	10	83%
Augment	10	83%
Vuforia	12	100%
EasyAR	12	100%
Creator AVR	12	100%
Blippar	12	100%

Figura 3
Resultado de herramientas AR – API



Se evidencia de manera destacada que las herramientas Layar y Augment alcanzaron un 83%, lo que señala una integración efectiva de contenido API. En contraste, las herramientas Vuforia, EasyAR, Creator AVR y Blippar muestran un rendimiento del 100%, indicando una integración absolutamente efectiva de contenido API.

Los resultados indican que Layar y Augment presentan un alto nivel de efectividad en la integración de contenido a través de API, con un rendimiento del 83%. Por otro lado, Vuforia, EasyAR, Creator AVR y Blippar muestran un rendimiento del 100%, indicando que estas herramientas tienen una capacidad total y efectiva en la integración de contenido a través de API. Esta diferencia sugiere que, si bien Layar y Augment son eficientes en la integración, las otras herramientas exhiben un nivel de eficacia completo, lo que podría ser un factor crucial al seleccionar una herramienta para el desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada.

Tabla 9

Valoración de variables del parámetro - Framework

Parámetros y Variables de comparación / Plataforma	Layar	Augment	Vuforia	EasyAR Sense	Creator AVR	Blippar
Programa propio para generar imágenes.	2	2	2	2	2	2
Programa propio para generar modelos 3D.	2	2	0	4	4	4
De simple utilización	2	3	2	4	4	4
Compatibilidad con otras utilidades de modelado	3	0	2	1	1	1
Total	9	7	6	11	11	11

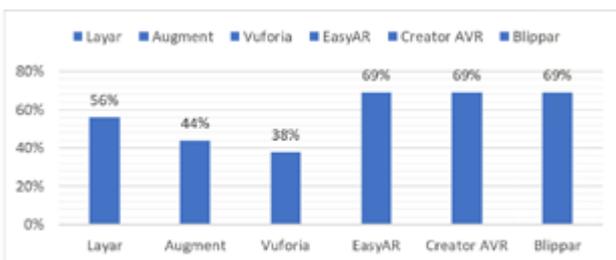
Tabla 10

Resultado de valoración de variables del parámetro - Framework

Herramienta Ideal	Resultado	Porcentaje
Layar	9	56%
Augment	7	44%
Vuforia	6	38%
EasyAR	11	69%
Creator AVR	11	69%
Blippar	11	69%

Figura 4

Resultado de herramientas AR - Framework



En la figura 4, se aprecia que las herramientas EasyAR, CreatorAVR y Blippar logran un 69% de combinaciones con Framework, destacándose en comparación con Vuforia (38%), Augment (44%) y Layar (56%), es decir que EasyAR, CreatorAVR y Blippar son notables en términos de combinaciones con Framework, alcanzando un 69%. En contraste, Vuforia, Augment y Layar presentan porcentajes inferiores, con Vuforia liderando entre ellos con un 38%. Esto sugiere que, al considerar la integración con Framework, las herramientas EasyAR, CreatorAVR y Blippar muestran un

rendimiento superior en comparación con las otras opciones evaluadas. Este dato podría ser crucial al seleccionar una herramienta para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, especialmente si la integración con Framework es un factor determinante en el proyecto.

Tabla 11

Valoración de variables del parámetro - Licencia

Parámetros y Variables de comparación / Plataforma	Layar	Augment	Vuforia	EasyAR Sense	Creator AVR	Blippar
Versión Libre	2	1	4	2	4	4
Versión Prueba.	0	2	0	3	0	0
Versión Paga	4	4	0	4	4	4
Total	6	7	4	9	8	8

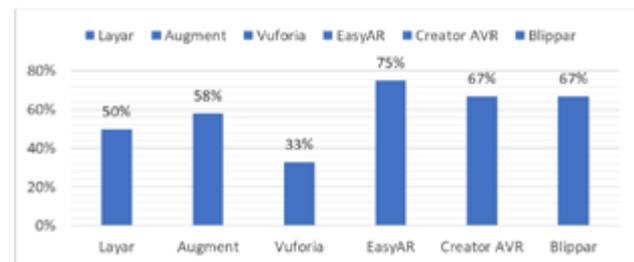
Tabla 12

Resultado de valoración de variables del parámetro - Licencia

Herramienta Ideal	Resultado	Porcentaje
Layar	6	50%
Augment	7	58%
Vuforia	4	33%
EasyAR	9	75%
Creator AVR	8	67%
Blippar	8	67%

Figura 5

Resultado de herramientas AR - Licencia



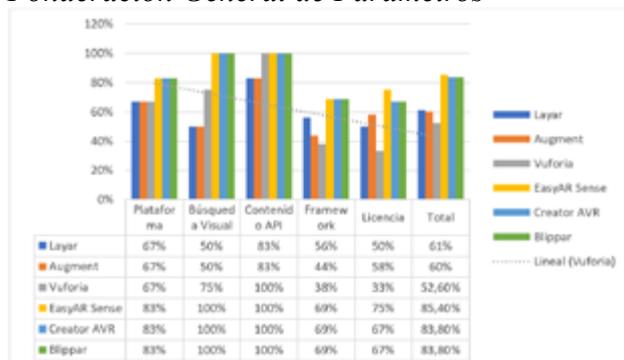
La figura 5 presenta los resultados sobre el uso de licencia para cada una de las herramientas analizadas. En primer lugar, EasyAR Sense lidera con un 75%. Luego, las herramientas CreatorAR y Blippar comparten un puntaje del 67% cada una. A continuación, Augment se sitúa en el 58%, mientras que Layar muestra un 50%. Vuforia ocupa la última posición con un 33%.

Estos resultados revelan el porcentaje de uso de licencia para cada herramienta evaluada. EasyAR Sense lidera en esta métrica con un 75%, indicando una alta adopción de licencia. Las herramientas CreatorAR y Blippar siguen de cerca con un 67% cada una, mostrando una notable presencia en términos de uso de licencia. Por otro lado, Augment y Layar muestran puntajes ligeramente más bajos con un 58% y un 50%, respectivamente. Vuforia se ubica en la última posición con un 33%, indicando un menor nivel de adopción en términos de licencia en comparación con las otras herramientas. Este dato puede ser relevante al considerar factores económicos y de licenciamiento en la elección de una herramienta para el desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada.

Tabla 13
Ponderación General de Parámetros

Herramientas Criterios	Layar	Augment	Vuforia	EasyAR Sense	Creator AVR	Blippar
Plataforma	67%	67%	67%	83%	83%	83%
Búsqueda Visual	50%	50%	75%	100%	100%	100%
Contenido API	83%	83%	100%	100%	100%	100%
Framework	56%	44%	38%	69%	69%	69%
Licencia	50%	58%	33%	75%	67%	67%
Promedio	61.20%	60.40%	62.60%	85.40%	83.80%	83.80%

Figura 6
Ponderación General de Parámetros



Después de comparar las herramientas estudiadas, es evidente que hay una pequeña diferencia entre las herramientas mejor y peor evaluadas. También se ha observado que

algunas herramientas tienen más similitudes que diferencias. Sin importar su enfoque, el desarrollador puede crear una aplicación de realidad aumentada.

Según la investigación realizada, EasyAR Sense es la mejor herramienta para construir una aplicación con RA. Las herramientas Creator AVR y Blippar también son excelentes opciones para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

Discusión

Serrano (2012) realizó un estudio similar en el que se analizaron las herramientas de desarrollo libre para aplicaciones de realidad aumentada en Android, examinando AndAR, NyARToolkit, Vuforia y Metaio. Como resultado, Vuforia se destacó como la mejor herramienta, con un buen comportamiento frente a oclusiones, tamaño y distorsiones de perspectiva. En comparación nuestro estudio se sugiere que la versatilidad de EasyAR, CreatorAVBR y Blippar podría ser beneficiosa al abarcar múltiples sistemas operativos. Se destaca la importancia de la especialización frente a la versatilidad al seleccionar herramientas de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada. Además, se plantea la cuestión de cómo evolucionaron estas herramientas desde el momento del estudio de Serrano (2012) hasta la inclusión de nuevas opciones en el segundo análisis.

En otra investigación Cabero Almenar et al. (2018) realizó una publicación top 5 herramientas para creación de realidad aumentada en la cual hace referencia a las herramientas vuforia, ARToolkit, WikiTude, LayAR, Kudan AR llegando a la conclusión, que cuando se tiene que elegir entre una herramienta u otra debes pensar en las tareas de tú proyecto y en los resultados que quieres obtener. La discrepancia con nuestro estudio podría sugerir que, aunque Cabero Almenar et al. (2018) destaca la importancia de la selección basada en objetivos específicos, los resultados cuantitativos en del presente estudio apuntan hacia un rendimiento técnico más medible y absoluto. La primera investigación proporciona una perspectiva

más general sobre la elección de herramientas, mientras que la segunda se centra en un aspecto específico, la integración de contenido API. Esta discrepancia plantea preguntas sobre la relevancia de datos cuantitativos en comparación con enfoques más holísticos al seleccionar herramientas de realidad aumentada. Además, la necesidad de equilibrar la consideración de objetivos específicos del proyecto con métricas tangibles de rendimiento al tomar decisiones informadas sobre las herramientas a utilizar. En última instancia, la discusión entre estos enfoques resalta la complejidad de la toma de decisiones en el ámbito de la realidad aumentada y la importancia de considerar múltiples factores al elegir las herramientas adecuadas para un proyecto específico.

El estudio de Gómez y Valderrama (2016) destacan la combinación de las ventajas de las herramientas Vuforia y Unity para desarrollar una aplicación móvil basada en realidad aumentada con un propósito específico, en este caso, mostrar la carta del menú de un restaurante. Este enfoque se centra en la eficacia de la combinación de herramientas para lograr un objetivo particular. La discrepancia con nuestros resultados podría sugerir que la elección de herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada no es universal y puede depender de factores específicos del proyecto, como la necesidad de integración con Framework. Esta discusión resalta la importancia de considerar diferentes aspectos, desde la funcionalidad específica hasta criterios más generales, al seleccionar herramientas para proyectos de realidad aumentada. En última instancia, la decisión debe basarse en una evaluación completa de las características y requisitos particulares de cada proyecto.

No obstante, en su estudio comparativo sobre herramientas de desarrollo para software de realidad aumentada, centrado en la implementación de una aplicación móvil informativa publicitaria para la PUCESA, Caiza (2016) destaca la elección del SDK de Vuforia. Esta elección se fundamentó en su sobresaliente desempeño en aspectos clave como documentación, costo de la licencia y

utilidad para el producto final, superando a las demás opciones evaluadas. Al contrastar estos hallazgos con nuestros resultados relativos al uso de licencias para cada herramienta analizada, observamos que EasyAR Sense lidera con un 75%. A continuación, las herramientas CreatorAR y Blippar comparten un puntaje del 67% cada una. Seguidamente, Augment se posiciona en el 58%, mientras que Layar alcanza un 50%. Por último, Vuforia ocupa la posición final con un 33%.

Por otro lado, Hurtado (2019) describe a Unity en su trabajo de investigación titulado “Aplicación de realidad aumentada para el mantenimiento y reparación de computadoras personales en el departamento de telemática de Uniandes”, como una herramienta que incluye un motor gráfico, un editor de escenas, sin motor físico, un motor de sonido, gestión de entradas, capacidad de scripting y otras funcionalidades. Además, destaca que Unity es una herramienta multiplataforma que facilita el desarrollo de aplicaciones en varios sistemas y que puede ser ampliada con plugins y librerías adicionales.

Además, Salazar et al. (2018) elaboró un artículo titulado “Comparativa técnica de herramientas de realidad aumentada: Wikitude, Vuforia y ARToolKit”, en el cual se llevó a cabo una minuciosa comparación de estas herramientas, evaluándolas en términos de funcionalidad, disponibilidad, facilidad de uso, soporte documental y solidez. Los resultados revelaron que Wikitude lideró con una calificación de 14.40, superando a Vuforia y ARToolKit, que obtuvieron calificaciones de 12.45 y 11.15, respectivamente. Dado que Wikitude demostró un rendimiento superior en comparación con las otras herramientas evaluadas, se concluye que es la opción más favorable para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada. Estos resultados recalcan la existencia de diversas herramientas de realidad aumentada, cada una con sus fortalezas y debilidades, y destaca la importancia de considerar factores como la licencia, versatilidad, funcionalidad, entre otros, al seleccionar la herramienta más adecuada. En línea con estos resultados, nuestro análisis también señala que EasyAR emerge como la

mejor herramienta para construir aplicaciones de realidad aumentada, proporcionando una perspectiva valiosa sobre las opciones disponibles en este campo en constante evolución.

Ferrada (2014) encontró en su tesis “Estudio de herramientas de Realidad Aumentada sobre la plataforma Android” que Wikitude es la mejor opción en comparación con Metaio SDK y Vuforia. Esto se debe a que Wikitude ofrece funcionalidades superiores en calidad y cantidad en comparación con otras herramientas examinadas.

Según su tesis “Comparativa de tres herramientas de RA utilizando una metodología de medición de software ISO 25010” por Carrión (2018), expresa que Vuforia es el mejor SDK para desarrollar aplicaciones de AR con Unity 3D. Esto se debe a que Vuforia recibió un valor de 8.49/10 en calidad total en los modelos de calidad externa y en uso evaluados, mientras que Wikitude recibió un valor de 7.18/10 y ARToolKit un valor de 6.56/10. Estos resultados respaldan la idea de que Vuforia es la mejor opción en términos de calidad y rendimiento.

Conclusiones

A través de la revisión de diversos estudios y comparativas sobre herramientas de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada, se evidencian múltiples factores que influyen en la elección de una herramienta adecuada. Cada investigación presenta perspectivas valiosas, destacando aspectos como la funcionalidad, facilidad de uso, soporte documental, licencia y rendimiento técnico.

El estudio de Serrano (2012) resalta la eficacia de Vuforia en el contexto de Android, mientras que el análisis de Cabero Almenar et al. (2018) y Gómez y Valderrama (2016) subraya la importancia de considerar los objetivos específicos del proyecto. Además, la investigación de Salazar et al. (2018) posiciona a Wikitude como una herramienta líder en términos de funcionalidad, disponibilidad y solidez. En nuestro análisis, EasyAR surge como una opción destacada, liderando en la integración

con Framework y demostrando un rendimiento sólido en comparación con otras herramientas evaluadas.

Estos resultados recalcan la complejidad de la elección de herramientas en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, donde la decisión óptima depende de una cuidadosa consideración de diversos factores. Es crucial tener en cuenta la naturaleza específica del proyecto, los requisitos funcionales, la plataforma de desarrollo y la disponibilidad de recursos. La versatilidad, la documentación efectiva y la integración con Framework también emergen como criterios cruciales en este proceso de selección.

En última instancia, la toma de decisiones informada y contextualizada es esencial para garantizar el éxito en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, y los resultados recopilados de estudios previos proporcionan valiosas orientaciones para los desarrolladores en este campo en constante evolución.

Referencias bibliográficas

- Cabero Almenar, J., De La Horra Villacé, I., & Sánchez Bolado, J. (2018). *La realidad aumentada como herramienta educativa*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Caiza, Á. (2016). Estudio comparativo de herramientas de desarrollo para software de realidad aumentada orientado a la implementación de una aplicación móvil informativa publicitaria de la PUCESA [Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/1630/1/76152.pdf>
- Carrión, G. (2018). Comparativa de tres herramientas de realidad aumentada utilizando una metodología de medición de software ISO 25010 [Universidad Técnica del Norte]. <https://core.ac.uk/download/pdf/200327713.pdf>
- Castillo, J. O. (2017). La realidad virtual y la realidad aumentada en el proceso de marketing. *3(24)*, 155-299. <https://ojs.ehu.eus/index.php/rdae/article/view/19141/17114>

- Ferrada, H. (2014). Estudio de Herramientas de Realidad Aumentada Sobre Plataforma Android [Universidad del Bío-Bío]. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/610/1/Ferrada%20Valeria%2C%20Hector%20Piero.pdf>
- Gesa, R. F. (2012). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. 9(2), 69-78. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3971545.pdf>
- González Morcillo, C., Vallejo Fernández, D., Alonso Albursac, J., & Castro Sánchez, J. (2016). Realidad Aumentada. Un enfoque práctico con ARToolKit y Blender (1.ª ed.). Bubok Publishig S.L. https://www.librorealidadaugmentada.com/descargas/Realidad_Aumentada_1a_Edicion.pdf
- Guzmán Paredes, Y. (2022). Realidad aumentada utilizando Unity. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. <https://doi.org/10.16925/gcgp.64>
- Heras, L., & Villareal, J. (2016). La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios. 5(7), 1-9. https://www.revista.unam.mx/vol.8/num6/art48/jun_art48.pdf
- Hernández, G. M., Cao, N. N., Ledo, M. V., & María, L. (2016). Los entornos personales de aprendizaje en los procesos de formación formales e informales. 30(3), 599-608. <https://www.medigraphic.com/pdfs/educacion/cem-2016/cem163m.pdf>
- Herrera, S. I., Fennema, M. C., Morales, M. I., Maldonado, M., Palavecino, R. A., Rosenzvaig, F., Macedo, A., Suárez, C., Pellicer, R., & Villavicencio, R. (2019). Sistemas móviles multiplataforma con realidad aumentada. Aplicaciones en educación y salud. XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, San Juan. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77150>
- Hurtado, E. (2019). Aplicación de realidad aumentada para el mantenimiento y reparación de computadoras personales en el departamento de telemática de “UNIANDÉS” [UNIANDÉS]. <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/10819/1/PIUASIS012-2019.pdf>
- Jiménez, J. M., Martínez, S. M., & Acuña, B. P. (2019). La realidad audiovisual como nuevo vehículo de comunicación. Editorial GEDISA.
- Ledo, M. J. V., & Oliva, B. F. (2015). Aprender, desaprender, reaprender. 29(2), 441-422. <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v29n2/ems19215.pdf>
- Marín, M. C. P. (2018). La realidad aumentada en la comunicación literaria. el caso de los libros interactivos. 29(2), 1-16. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4911683.pdf>
- Márquez Domínguez, J. A. (2018). Juegos didácticos y la realidad aumentada, un análisis para el aprendizaje en estudiantes de nivel básico. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 9(17), 448-461. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.388>
- Olvera, W., Gámez, I., & Martínez-Castillo, J. (2014). *Aula Invertida o Modelo Invertido de Aprendizaje: Origen, sustento e implicaciones* (pp. 143-160).
- Salazar, F. A. S., Pineda, C. A. P., Arciniega, S. R. A., & Cervantes, N. N. C. (2018). Comparativa técnica de herramientas para realidad aumentada: Wikitude, vuforia y artoolkit. *AXIOMA*, 19, Article 19. <http://axioma.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/545>
- Salazar Mesía, N. A. (2019). Análisis comparativo de librerías de realidad aumentada [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/76545>
- Serrano, A. (2012). Herramientas de desarrollo libres para aplicaciones de Realidad Aumentada con Android. [Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18028/Memoria%20TFM%20Ana%20Serrano.pdf>

- Siles, P. (2023). Producción de efectos visuales 3D a partir de sistemas de partículas y fluidos. *Ingeniería del agua*, 18(1), ix. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>
- Valera Bautista, J. (2022). Desarrollo del juego del parchís en realidad aumentada para móviles con AR Foundation de Unity3D [Universidad de Madrid]. <https://oa.upm.es/cgi/export/70546/>
- Vera, S. (2022). Animación experimental 3D por nodos. [Universidad de Granada]. https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/77163/TFM%20Vera%20Idoate%2c%20Sergio_comp.pdf?sequence=4&isAllowed=y