

Aplicación de realidad aumentada centrada en el niño como recurso en un ambiente virtual de aprendizaje

Augmented reality application centered on the child as a resource in a virtual learning environment

Francisco Gabriel Bezares Molina* | Guadalupe Toledo Toledo** | Francisco Aguilar Acevedo*** | Eduardo Martínez Mendoza****

Recepción del artículo: 30/9/2019 | Aceptación para publicación: 31/1/2020 | Publicación: 30/3/2020

RESUMEN

Debido a sus características, la realidad aumentada (RA) se presenta como un recurso alternativo en un ambiente virtual de aprendizaje (AVA) al aportar elementos virtuales en el mundo real que pueden facilitar el aprendizaje. Este artículo describe el desarrollo de una aplicación móvil con RA, guiada con base en los fundamentos del diseño centrado en el usuario (DCU) para poder ser integrada a un AVA. La estrategia consistió en emplear el DCU y hacer uso de herramientas en sus fases, como encuestas para recolección de información, despliegue de la función de calidad a fin de identificar y priorizar requerimientos, tecnología de RA para el prototipado y pruebas de usabilidad para identificar problemas de diseño. Como resultado, se demostró la viabilidad de este procedimiento en el desarrollo de interfaces de este tipo, a partir de considerar que los recursos que contextualizan las necesidades y los gustos de sus usuarios pueden proveer mejores facilidades y motivación dentro de su aprendizaje. El caso de estudio trató del inglés para niños de primaria, que permitió verificar que este marco de trabajo detallado puede replicarse en otras áreas de interés y permitir al docente integrar aplicaciones con RA en entornos de aprendizaje presenciales o en línea.

Abstract

Given its characteristics, augmented reality (AR) is presented as an alternative resource in a virtual learning environment (VLE) by providing virtual elements in the real world, which can facilitate learning. This article aims to describe the development of a mobile application with guided AR under the fundamentals of User-Centered Design (UCD) in order to be integrated into a VLE. The development strategy consisted of using the UCD and in its phases making use of tools such as: surveys for the collection of information, Quality Function Deployment to identify and prioritize requirements, AR technology for prototyping and finally usability tests to identify design problems. As a result, it was possible to demonstrate the viability of this procedure in the development of interfaces of this type, considering that the resources that contextualize the needs and tastes of its users can provide better facilities and motivation within their learning. The case study studied is that of English for primary school children, which allowed verifying that this detailed framework can be replicated to other areas of interest and allow teachers to integrate AR applications in face-to-face or online learning environments.

Palabras clave

Diseño centrado en el usuario; realidad aumentada; usabilidad; entornos virtuales de aprendizaje; aprendizaje en línea

Keywords

User centered design; augmented reality; usability; virtual learning environment; online learning

* Ingeniero en Computación por la Universidad del Istmo, México. Egresado de la Universidad del Istmo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1623-8705>

** Maestra en Computación Aplicada por el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada. Profesor investigador de la Universidad del Istmo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8197-8865>

*** Maestro en Ciencias por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Profesor investigador de la Universidad del Istmo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5248-3230>

**** Doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor investigador de la Universidad del Istmo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8670-0221>



INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada (RA) puede ser representada como la integración de objetos virtuales en 3D a entornos reales a fin de enriquecer su percepción en un ambiente no inmersivo. Asimismo, considera parte de lo que se cataloga como realidad mixta (Pan *et al.*, 2006), la cual permite la transición entre lo real y lo virtual de forma natural (Abdoli-Sejzi & Bahru, 2015) y sincrónica, apoyada en su mayoría por dispositivos tecnológicos, como los móviles (Liao, 2018), y trae consigo ventajas dentro del ámbito educativo, como la motivación en los estudiantes (Marín-Díaz, Cabero-Almenara y Gallego-Pérez, 2018), y la mejora del rendimiento académico (Cabero-Almenara *et al.*, 2019), razón por la cual ha sido utilizada en la enseñanza de idiomas (Redondo *et al.*, 2019), las matemáticas (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2017), las ciencias sociales (Cózar-Gutiérrez y Sáez-López,

2017) y la medicina (Cabero-Almenara *et al.*, 2018), por citar algunos ejemplos.

En palabras de Abdoli-Sejzi y Bahru, “la RA está efectivamente alineada con ideas constructivistas de educación [...] para adquirir comprensiones y conocimientos” (2015, p. 1). Así, un recurso tan sencillo como un marcador, al ser detectado por un mecanismo de RA, puede proporcionarle al estudiante una experiencia motivadora y disfrutable que le permita visualizar multimedia (audio, video o texto) con objetos 3D, y llevar a la práctica un tema con cierto grado de realismo, sin el desarrollo de escenarios complejos de interacción y centrándose únicamente en elementos esenciales que requiera la aplicación en función al asunto asociado (Martínez y Dalgo, 2017). Lo anterior permite, a su vez, la comprensión de conceptos que, por su naturaleza abstracta, necesitan un apoyo visual para su asimilación (Kiat *et al.*, 2017).

Además, la innovación de RA no solo está condicionada a la forma en la que se presenta el contenido, sino a cómo llega la información al estudiante de una manera intuitiva, y lo hace consciente de su entorno real, pero inmerso en un entorno alternativo (Martínez y Dalgo, 2017); esto incrementa sus habilidades cognitivas, espaciales y perceptivo-motoras, independiente del nivel de estudios (Gil *et al.*, 2015).

Los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) proveen alternativas novedosas de interacción y contenido para la enseñanza-aprendizaje y ayudan a los estudiantes a demostrar sus habilidades para analizar problemas y explorar nuevos conceptos; además, promueven la participación instantánea con otros estudiantes, integran un entorno colaborativo (Abdoli-Sejzi & Bahru, 2015; Álvarez-Niño y Arias-Ortiz, 2014) y permiten a los profesores optar por nuevas estrategias de comunicación e interacción con sus estudiantes a través de experiencias innovadoras de aprendizaje que, de realizarse en clase, serían difíciles de ejecutar (Kiat *et al.*, 2017). La principal representación de estos AVA se encuentra en los entornos *e-learning*, bastante recurridos en la educación en línea (Pan *et al.*, 2006). Edel y Guerra (2010) destacan como ventaja su capacidad para fomentar la responsabilidad de los estudiantes sobre qué, cómo y dónde aprenden, y subrayan que su éxito depende de los recursos integrados en clase.

Herrera-Mosquera (2017) identifica dos categorías de los AVA: los comprados por las instituciones educativas a compañías particulares, en las que el profesor configura sus actividades dentro de la plataforma, y los que, en calidad de *software* libre, el profesor puede instalar por decisión personal o, incluso, tener un papel como desarrollador y crear sus propias aplicaciones. Así, los AVA pueden dirigirse hacia la institución o hacia el profesor (Walker & White, 2013). En los primeros, los profesores deben adaptarse al AVA y ajustar sus recursos educativos a las funcionalidades disponibles por la plataforma y, por tanto, al contenido temático exigido por la institución,

mientras que los segundos le permiten mayor comodidad para diseñar sus actividades y “jugar con aplicaciones tecnológicas” (Herrera-Mosquera, 2017, p. 483).

Sobre su conformación, Pan *et al.* (2006), citados en García *et al.* (2017), señalan que un AVA se compone de elementos constitutivos y conceptuales. Los primeros se refieren a los medios de interacción, los recursos y los factores ambientales y psicológicos; los segundos reseñan los aspectos que definen el concepto educativo del ambiente virtual y que son el diseño instruccional y el de interfaz. Los elementos constitutivos resultan cruciales para lograr una precisión en la visualización del conocimiento, mientras que los conceptuales aportan un nivel de realismo durante la interacción social entre los estudiantes y el profesor, al integrar estrategias que favorecen la colaboración dentro del diseño instruccional. Por tanto, la esencia de un AVA permite y reta a construir entornos cada vez más atractivos desde el punto de vista de la interacción, de modo que, durante la experiencia de estudio, haga que el estudiante sienta que tiene el control de su aprendizaje y con ello manipule objetos dentro de un espacio virtual.

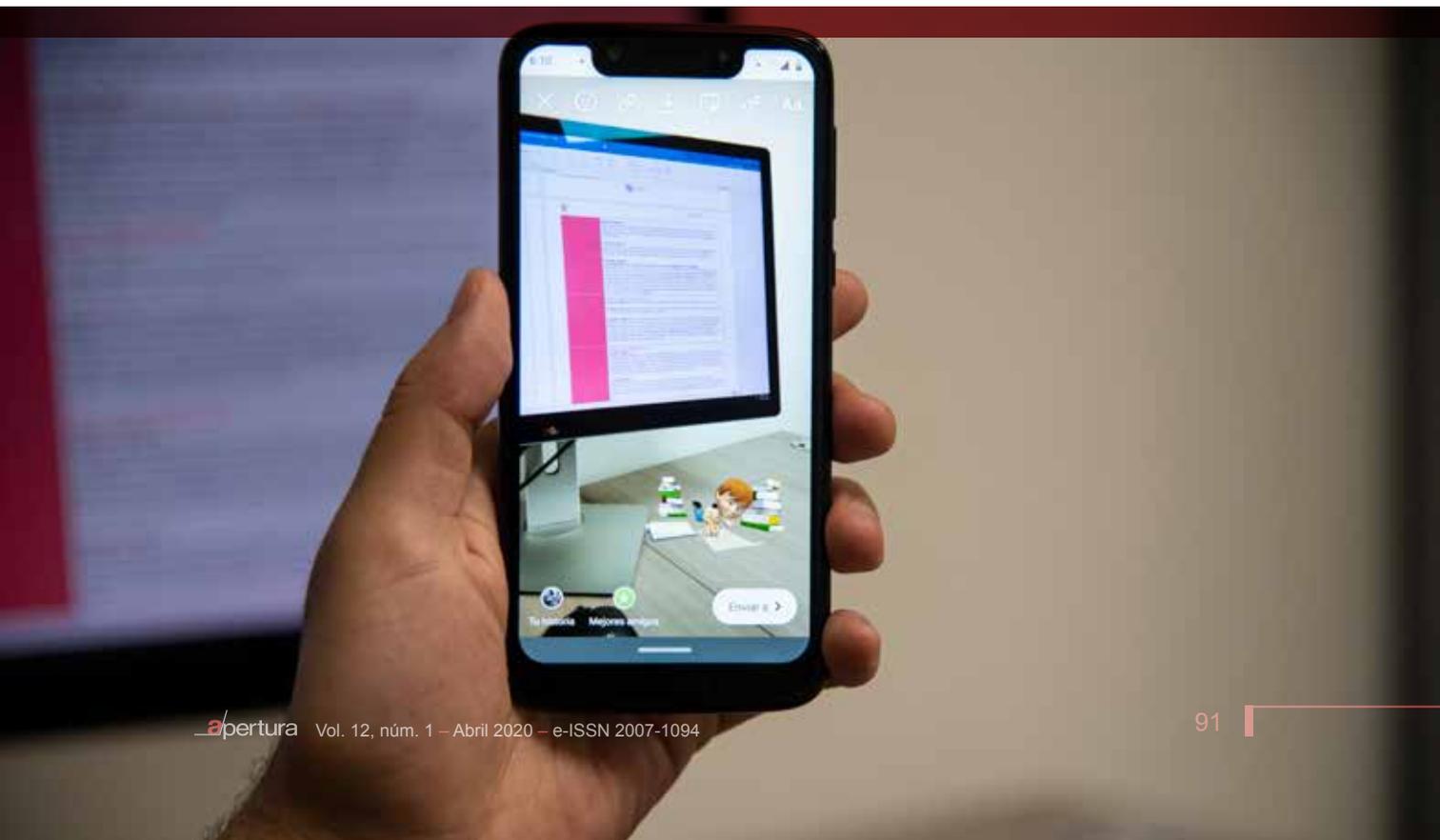
El contenido desarrollado a través de RA puede convertirse en un recurso educativo y alimentar una experiencia innovadora con mecanismos de interacción atractivos que sume a los factores de éxito durante la implantación de un AVA (Pan *et al.*, 2006), ya sea que estos recaigan en el tipo dirigido hacia la institución o hacia el profesor. Estos recursos educativos deben ser facilitadores del aprendizaje y favorecer su autonomía, alcanzar los objetivos del curso, motivar la indagación, obtener la atención del estudiante, permitirle asociar sus experiencias previas con el nuevo conocimiento, contextualizarlo desde su entorno social-cultural, alentar el proceso de pensamiento con ayuda de las imágenes y promover la creatividad; todo esto con la intención de crear ambientes propicios para el aprendizaje en los que los estudiantes puedan desarrollar sus

propias construcciones mentales (Sejzi & Aris, 2012). Para esto, los recursos didácticos deben comprender tres características principales: motivar, portar contenido fundamentado en el tema y estar diseñados con una estructura propia (Edel y Guerra, 2010).

Si partimos de la idea de que la evolución tecnológica ha cambiado la manera de aprender de los estudiantes debido al acceso de la tecnología, como los dispositivos móviles, podríamos perfilar al estudiante como una persona con un amplio dominio en el manejo de la tecnología, lo que le permite estar motivado durante su proceso de aprendizaje y no mostrar resistencia a adaptarse a cambios tecnológicos, con tal de que le ofrezcan experiencias innovadoras (Rodríguez, 2016). Por esto, la RA puede sumar a los AVA, al ser un vínculo atractivo para el usuario que contribuye a la asimilación de nuevos conocimientos. Al respecto, Abdoli-Sejzi y Bahru (2015) destacan que “usando RA como un dispositivo 3D en un AVA se tomarán beneficios de nuestra habilidad para observar objetos” (p. 3), lo que favorece la integración de nuevas tecnologías a entornos educativos que promuevan la percepción e interacción con el mundo real sin involucrar el uso de objetos reales (Martínez y Dalgo, 2017).

Un ejemplo de la integración de recursos de RA dentro de un AVA se puede observar en un curso en línea, el cual maneja un plan temático con contenido multimedia elemental (lecturas, video, diapositivas); en este se podría complementar, evaluar y validar el aprendizaje de un tema al usar una aplicación con RA, de forma que el alumno solo tendría que descargar los marcadores, imprimirlos y practicar el tema mientras visualiza los objetos en 3D. Se hablaría, entonces, de una experiencia de aprendizaje innovadora, en la que el docente puede constatar que el estudiante repasó al sugerirle que cumpla con un determinado puntaje dentro de la *app* y le envíe una captura de pantalla como evidencia de que jugó y obtuvo los puntos solicitados.

En el mismo sentido, Abdoli-Sejzi y Bahru (2015) señalan que la RA puede ofrecer AVA personalizados con riqueza contextual ajustada a las necesidades de sus consumidores, lo que permite suavizar esa transición entre la aplicación teórica y práctica del contenido, y centrarse en cómo los recursos reales y virtuales se mezclan para conseguir metas, necesidades y objetivos de un determinado curso temático. Estos argumentos se han identificado en proyectos como GLUEPS-AR (Muñoz-Cristóbal *et al.*, 2013; Muñoz-Cristóbal *et al.*,



2012), E-bidia (Caro, 2014), enlazAR (Rodríguez-Rojas y Valencia-Cristancho, 2014), UNED-ARLE (Cubillo, *et al.*, 2015), ARvirtual (Buitrago-Pulido, 2015) y ARprende (Ramírez-Otero y Solano-Galindo, 2017).

Si bien no existe duda de las ventajas que la RA tiene para un AVA, el punto focal del éxito en la integración de los dos ambientes se concentra en desarrollar recursos multimediales con RA que tomen en consideración los gustos, necesidades e intereses de los usuarios hacia los que van dirigidos, e integrar a estos los factores contextuales y socioculturales para que le permitan al usuario permear sus conocimientos previos con los nuevos de una manera natural o familiar. Por lo tanto, la construcción de los recursos debe exigir una metodología que respalde estos aspectos, papel que puede ser aportado por modelos como el diseño centrado en el usuario (DCU), de acuerdo con la norma ISO 9241-210.

El DCU es un enfoque de desarrollo de sistemas interactivos que “consiste en una actividad multidisciplinar que incorpora los factores humanos y los conocimientos ergonómicos, la aplicación de estas actividades al diseño de los sistemas interactivos favorece a su eficiencia y eficacia, mejora las condiciones del trabajo humano y reduce los posibles efectos adversos de su utilización sobre la salud, la seguridad y las características funcionales” (AENOR, 2000, p. 1).

Wang, Elzakker y Kraak (2017) adoptan el enfoque del DCU para el diseño conceptual de una aplicación en RA con el propósito de ayudar a los estudiantes a obtener una mejor comprensión sobre el trabajo de campo en geografía humana. Williams, Yao y Nurse (2017) desarrollaron una aplicación con RA con fines turísticos mediante un proceso interactivo de DCU que evaluó, empíricamente, el sistema en escenarios de la ciudad de Oxford, Inglaterra. Basado en el ciclo del DCU, Nunes *et al.* (2019) exploran el uso de la RA en la preparación y las fases de respuesta en caso de desastres, mientras que Alnabit y Indriasari-Mansor (2018) elaboraron un prototipo de alta fidelidad en

RA para apoyar la administración de medicamentos en adultos mayores. Por su parte, Bruno *et al.* (2019) presentan una herramienta de RA producida a través del DCU para detectar y registrar variaciones de diseño en el sector del petróleo y gas.

Gracias a estos trabajos, el DCU se interpreta como una metodología iterativa que brinda la guía para el desarrollo de aplicaciones centradas en los usuarios (estudiantes o profesores) que consumirán el recurso (aplicación con RA), con la intención de que sea eficiente, efectivo y de su agrado. A su vez, su naturaleza iterativa permite determinar el punto de reiteración a partir de la etapa que se considere prudente, sin pasar por todas las fases de nuevo cuando ya se encuentra cubierta. Este hecho aporta a la posibilidad de conocer el modelo mental de quien será el usuario y brindar el diseño y la organización del contenido dentro del recurso, adecuado a las necesidades particulares del sector al que va dirigido.

En el panorama planteado, resulta pertinente analizar el seguimiento del DCU para la construcción de una aplicación de RA como recurso integrador de un AVA, en particular en la enseñanza del idioma inglés. De acuerdo con Education First (2019), en un rango de 80 países, durante el período 2011-2018, México pasó del lugar 18 al 57 en el dominio del idioma inglés en estudiantes no nativos. Asimismo, se ha mostrado como un área de interés conocida como aprendizaje de idiomas móvil (por sus siglas en inglés MALL), que representa una variante de AVA en tecnología móvil (Herrera-Mosquera, 2017).

Este estudio se centra en niños con escolaridad de primaria (3° a 6°), ya que, como menciona Quidel *et al.* (2014), la enseñanza del inglés en edades tempranas propicia beneficios a los niños a través de un aprendizaje de forma natural. Con base en la hipótesis de integrar de manera efectiva el DCU con tecnología de RA para el diseño y la construcción de una aplicación móvil que pueda ser incorporada como un recurso innovador dentro de un AVA, en este artículo describimos el proceso de una primera iteración del DCU en el

desarrollo de esta aplicación para Android, con el objeto de proporcionar un marco guía para la elaboración de recursos multimedia centrados en el estudiante, en este caso, en los infantes.

METODOLOGÍA

Al atender el marco de trabajo del DCU y sus diferentes fases, a continuación detallamos las fases correspondientes a una primera iteración. En la figura 1 enmarcamos el compendio de herramientas a integrar en cada fase para construir una aplicación móvil con RA.

Comprender y especificar el contexto de uso

Con la finalidad de comprender las actividades realizadas en el aula para el aprendizaje del inglés (el entorno de trabajo en el que se encuentra envuelto el niño) y la vinculación del padre y los docentes en la formación del estudiante, aplicamos instrumentos de recolección de información

basados en encuestas y entrevistas al usuario final (el niño), profesores y padres.

Especificar los requisitos del usuario

Los requisitos funcionales y no funcionales colectados por los niños en la fase anterior representaron la entrada de esta segunda fase, en la que se hace uso del QFD (Akao, 1990), traducido normalmente como “despliegue de la función de calidad”, sistema organizado para transformar las necesidades y los deseos del cliente en requisitos de diseños de productos o servicios. La finalidad de esto es establecer prioridad entre los requisitos obtenidos, además de encontrar las herramientas que darán solución a esos, y saber en qué orden deben ser atendidas (Ruiz-Falcó, 2009).

Producir soluciones de diseño para cumplir los requisitos del usuario

En la tercera etapa del DCU utilizamos los resultados obtenidos de la matriz QFD para validar la

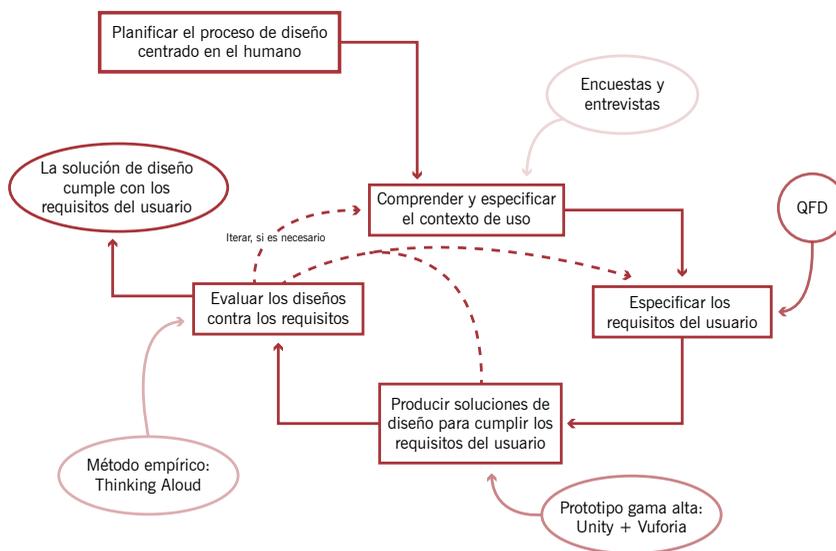


Figura 1. Metodología del DCU e integración de herramientas.

Fuente: adaptado de la Asociación Española de Normalización y Certificación (2010).

tecnología de desarrollo y elaborar un prototipo de gama alta de la aplicación denominado English AR; para esto, empleamos el IDE de desarrollo de Unity (Unity Technologies, 2019) y *plugin* de Vuforia (Vuforia Engine Team, 2019), que permite realizar el mecanismo de detección de marcadores para ser manipulados dentro de la realidad aumentada. La aplicación es compatible con dispositivos móviles Android.

Evaluar los diseños contra los requisitos

Para la última fase del DCU, recurrimos a la prueba de usabilidad Thinking Aloud (Nielsen, 1993) para encontrar errores de diseño e implementación, además de verificar la correcta interpretación de los requisitos. La prueba elegida permite encontrar ese tipo de errores al aplicarla a pocos usuarios (al menos tres) y ofrece un rendimiento alto a un costo económico bajo; tiene como desventaja un elevado costo en tiempo para su realización. El resultado de utilizar esta prueba es una lista de problemas de usabilidad a considerar en una segunda iteración. Las pruebas se llevaron a cabo en seis infantes (tres niños y tres niñas) que cumplan con el perfil de usuario, y se acondicionaron los espacios de acuerdo con la recomendación de Lauesen (2005).

RESULTADOS

En este apartado describimos los principales resultados de cada una de las fases de la primera iteración del DCU para el desarrollo de la aplicación citada.

Comprender y especificar el contexto de uso

Para coleccionar información contextual suficiente, realizamos una estimación muestral que determinara el número de niños y niñas requerido en las encuestas, por lo cual tomamos la fórmula de muestreo para población infinita (Casal y Mateu,

2003) con un nivel de confianza $z=1.96$ sugerido por estos autores, probabilidades de éxito (p) y de fracaso (q) del 50%, y un error máximo admisible del 5%, valores que fueron establecidos para tener una estimación justa; se obtuvo como requisito a 384 niños.

El levantamiento de requisitos con los niños fue dividido en dos partes: la primera fue una encuesta a lápiz y papel, que buscaba recabar información sobre sus gustos, afinidades, opiniones sobre la clase de inglés, videojuegos favoritos, acceso a un dispositivo móvil, la manera en que entienden la clase de inglés y si conocen *apps* para aprender ese idioma. También mostramos videos sobre aplicaciones con RA a los menores para que tuvieran conocimiento de la tecnología y después opinaran por escrito lo que deseaban que tuviera la aplicación (requisitos funcionales y no funcionales). Estas opiniones permitieron formalizar los requerimientos cruciales.

La segunda encuesta fue contestada en una página web e integró un mecanismo de ponderación denominado escala japonesa (Ruiz-Falcó, 2009), el cual acompaña al procedimiento del QFD para favorecer los requerimientos aprobados por el estudiante y penalizar los que no. Para esto, incorporamos a la página web figuras con las expresiones: feliz, neutral y triste, con puntajes de 9, 6 y 3, respectivamente; al final de la prueba, obtuvimos una lista ordenada por prioridad de los requisitos sugeridos. Los resultados de las encuestas aplicadas a los niños permitieron identificar los requisitos funcionales de la aplicación, el modelo mental que el alumno tiene sobre una clase de inglés (ver figura 2), junto con su perfil de usuario (ver tabla 1).

Recabamos información adicional con la ayuda de dos profesores de inglés a nivel primaria, mediante una entrevista acerca del contenido temático adecuado para el alumnado, según el grado escolar en que se encuentren; por ejemplo, los saludos y los objetos cotidianos para los primeros grados, y para los más avanzados, las conjugaciones de los verbos y la traducción de texto; además,

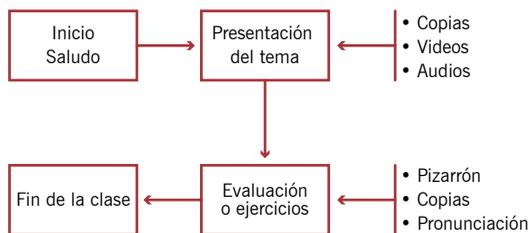


Figura 2. Modelo mental del usuario sobre una clase de inglés.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Perfil del usuario

Edad	9 a 12 años
Sexo	Masculino y femenino
Limitaciones físicas	Problemas auditivos menores o nulos, problemas visuales o nulos
Ocupación	Estudiante de 3° a 6° de primaria
Conocimientos	No importa si tiene, o no, conocimientos del idioma inglés
Habilidades	Saber leer y escribir
Hardware que ya han usado	Teléfono celular o tableta con sistema Android
Estilos de interacción	Manipulación directa
Experiencias con software similares	Duolingo, Open English Jr.

Fuente: elaboración propia.

información sobre cómo se imparten las clases de inglés, con la finalidad de motivar al estudiante en la clase y, de esa manera, integrar alguna de esas estrategias en la aplicación. Como resultado, identificamos que, en una clase, los docentes primero explican el tema y después llevan a cabo ejercicios o evalúan; para motivar a sus alumnos, realizan trabajos en equipo y los premian con puntos de participación. Los recursos digitales más usados son los videos y los audios.

De forma complementaria, invitamos a diez padres de familia para conocer su opinión acerca del uso de la aplicación por parte de sus hijos mediante una encuesta conformada por nueve preguntas abiertas. Algunas cuestiones consultadas fueron si tenían interés en conocer el progreso de sus hijos respecto a los temas atendidos por la aplicación, si era importante para ellos que sus hijos aprendieran inglés, el tiempo estimado que consideraban que su hijo debería estar utilizando el juego, y el formato en el que la aplicación debería mostrar el progreso de su hijo.

El resultado de la encuesta aplicada revela que al 100% de los padres le agrada la idea de una aplicación para ayudar a sus hijos en el estudio del idioma inglés; asimismo, los padres prefieren que el niño use la aplicación un tiempo entre 30 y 45 minutos, e indican que les gustaría conocer el tiempo diario de uso de la aplicación.

La muestra de los profesores de inglés y los padres se determinó a partir de un muestreo intencional porque “permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador” (Otzen y Manterola, 2017, p. 230).

Especificar los requisitos del usuario

En la figura 3 mostramos el QFD desarrollado para la obtención de los requerimientos del usuario. La lista de los “qués” es requisito obtenido de la encuesta aplicada a los niños, y se agrupan en tres principales características: portabilidad, vista agradable y fácil uso. Estas categorías fueron propuestas porque la suma de los requisitos logra un fin común. Los “cómos” se encuentran en la parte superior de las columnas, y son las herramientas y metodologías que se utilizarán para dar solución a los “qués”. Los “cómos” fueron planteados con base en la investigación y comparación de distintas alternativas; se formularon en orden de prioridad, la integración del desarrollo en Unity con RA, las bases de

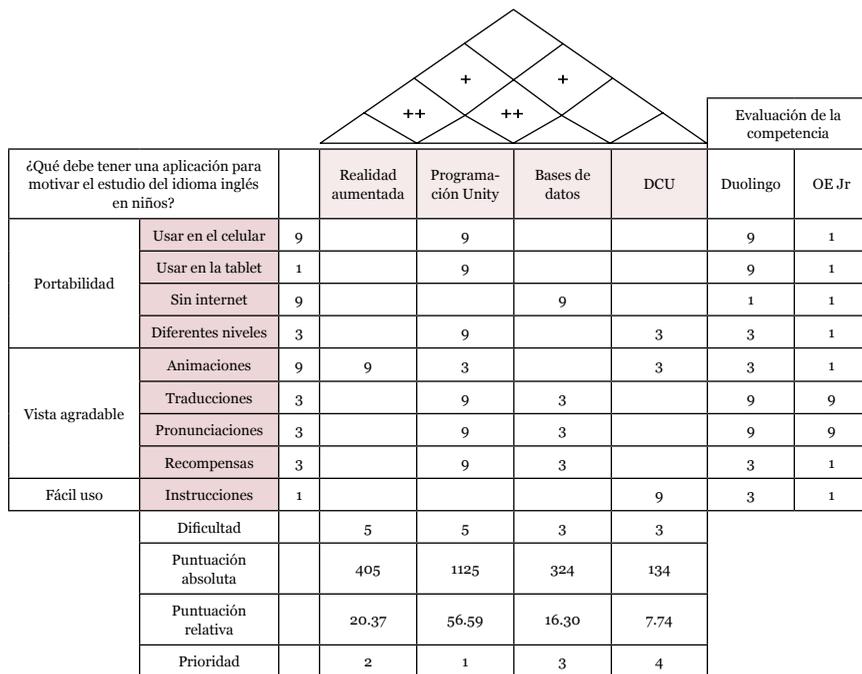


Figura 3. Matriz QFD para English AR.

Fuente: elaboración propia.

datos y DCU para lograr los requisitos más frecuentes (qués).

Respecto a la aplicación “competencia” y como resultado de las encuesta en niños, identificamos a Duolingo y Open English Jr.; posteriormente, el desarrollador determinó, con base en la escala japonesa, las ponderaciones que estas aplicaciones deberían tener. La aplicación con una mejor puntuación entre los dos recaía en Duolingo, por lo tanto, esos fueron los parámetros de referencia que el nuevo producto debía cumplir o, incluso, mejorar.

Producir soluciones de diseño

La arquitectura de English AR, acompañada de las tecnologías usadas para el desarrollo, se muestra en la figura 4; en esta, el estudiante accede al documento PDF que contiene los 20 marcadores y hace uso de estos (1, 3, 4); los marcadores son localizados por el “Mecanismo de detección de

marcadores”, compuesto por la cámara del dispositivo (5), el *plugin* de Vuforia y la base de datos de marcadores (6). Una vez que este es identificado, el objeto asociado se puede ver dentro de la interfaz de usuario (7), la cual hace consultas constantemente a la base de datos del usuario (2, 8), realizada con el gestor de base de datos SQLite (SQLite Consortium, 2019). Todo lo anterior fue programado mediante el IDE de Unity en el lenguaje C#.

En el diagrama de estados de la aplicación English AR presentada en la figura 5, podemos observar la navegación entre pantallas, que representa una guía de su distribución y el camino a seguir para ejecutar las distintas tareas permitidas.

En la figura 6 mostramos algunas de las pantallas de la interfaz de English AR, además de ejemplos de realidad aumentada de las dos categorías (animales y frutas) consideradas en el prototipo de gama alta.

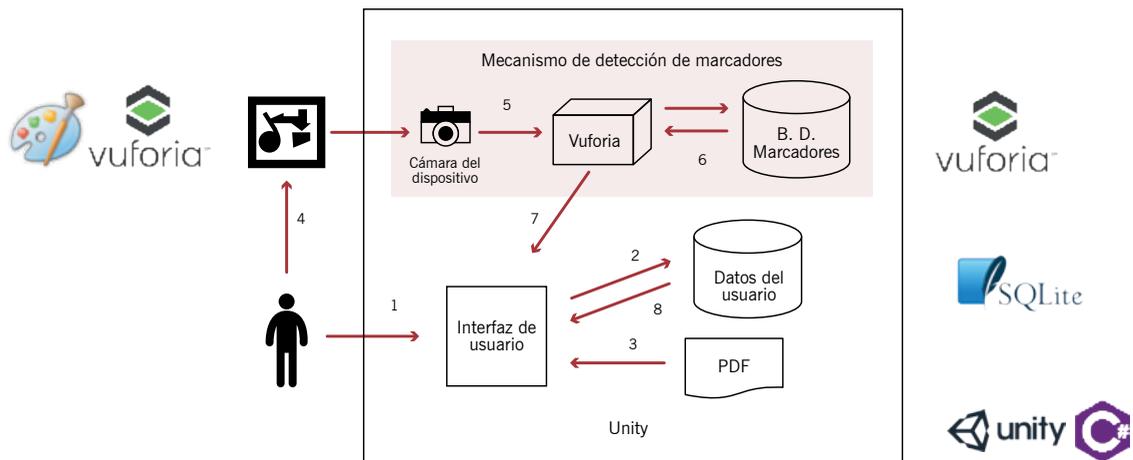


Figura 4. Arquitectura de la aplicación English AR.

Fuente: elaboración propia.

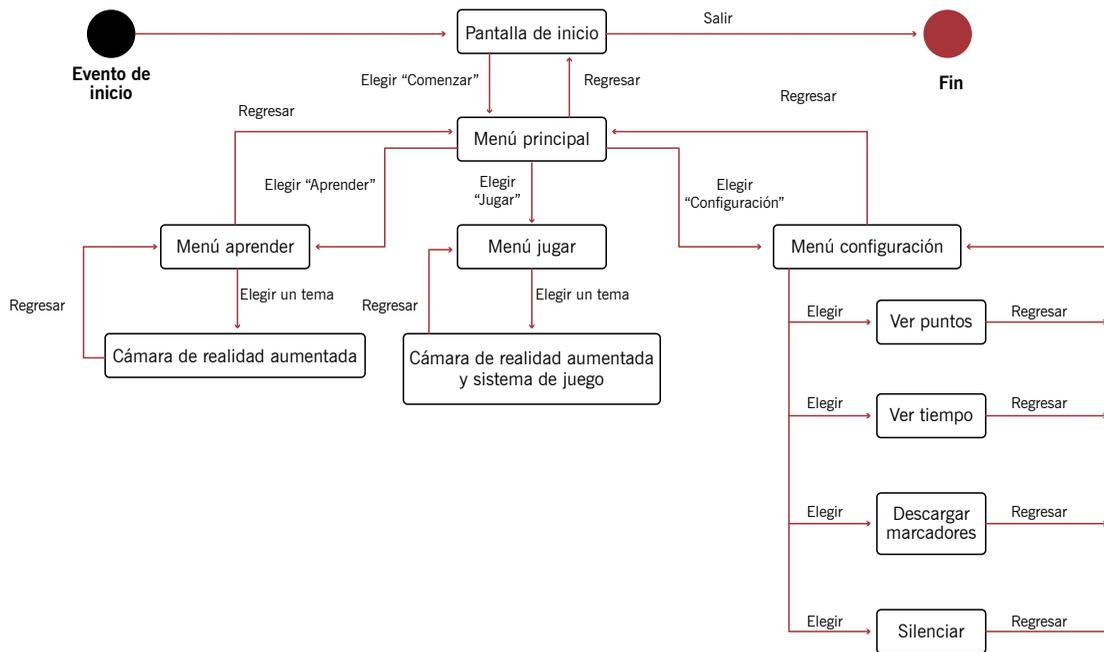


Figura 5. Diagrama de estados de la navegación de English AR.

Fuente: elaboración propia.



a) Menú del apartado "Jugar" en la aplicación



b) Menú del apartado "Aprender" en la aplicación



c) Ejemplo de frutas en realidad aumentada



d) Ejemplo de animales en realidad aumentada

Figura 6. Pantallas de English AR.

Fuente: elaboración propia.

Evaluar el diseño contra los requisitos

Para la aplicación de la prueba de usabilidad, efectuamos un plan sugerido en Lauesen (2005) y establecimos diez tareas a fin de que el usuario navegara por toda la aplicación y pudiera encontrar los errores de diseño e implementación. En el plan de prueba definimos un tiempo total por usuario de 230 minutos.

Las tareas de la prueba de usabilidad son:

- Es la primera vez que vas a usar la aplicación y necesitas llenar tus datos, ¿cómo realizarías esto?
- Necesitas descargar los marcadores para interactuar correctamente con la aplicación, ¿cuáles serían los pasos para esta acción?
- Tienes tiempo libre en el día, y deseas estudiar la escritura y pronunciación de las frutas, ¿cómo realizarías este proceso?

- Es el momento de poner a prueba lo que has aprendido al practicar con los marcadores; ahora debes probar tus conocimientos y relacionar los marcadores de los animales con su nombre, ¿qué harías para lograrlo?
- Tienes ganas de practicar un poco la escritura en inglés de las frutas, ¿cuál es el camino a seguir para lograr este objetivo?
- Deseas estudiar con la aplicación en un lugar donde se debe guardar silencio, ¿cuál sería el procedimiento adecuado para esta acción?
- Tus padres te preguntan sobre la aplicación y desean ver el tiempo diario que pasas en esta, ¿cómo les mostrarías esa información?
- Tienes tiempo libre en el día, y deseas estudiar la escritura y pronunciación de los animales, ¿cómo realizarías este proceso?
- Después de estudiar con los marcadores de animales, pones a prueba los

conocimientos aprendidos al escribir los nombres correctos; una vez realizado esto, deseas conocer el total de puntos que tienes, ¿qué procedimiento debes seguir?

- Ya has pasado mucho tiempo en la aplicación en el día y deseas salir del juego sin utilizar los botones rápidos del dispositivo móvil, ¿qué pasos debes seguir para salir de la aplicación?

Una vez aplicada la prueba a los seis niños, obtuvimos como salida la siguiente lista de problemas de usabilidad:

- P1: No lograr descargar los marcadores.
- P2: No lograr desactivar sonidos.
- P3: No poder ver el tiempo que se ha usado la aplicación.
- P4: No ver el total de puntos de forma rápida.
- P5: No poder llenar los datos del usuario.

- P6: No poder practicar la escritura de los objetos.
- P7: No poder relacionar los marcadores con sus nombres.
- P8: No poder salir de la aplicación.
- P9: No poder acceder a las opciones por falta de imágenes en los botones.
- P10: No se observan bien las animaciones por el tamaño de los marcadores.
- P11: No poder identificar “cuál” marcador corresponde a “qué” tema.
- P12: Los nombres asignados a las áreas o apartados no describen claramente para qué sirven.

Posteriormente, a cada problema identificado le asignamos una clasificación acorde con lo estipulado por Lauesen (2005). La lista total de problemas de usabilidad, su frecuencia y clasificación encontrados durante la prueba se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Lista de problemas de usabilidad identificados por orden de prioridad

PROBLEMA	CLASIFICACIÓN GLOBAL	SOLUCIÓN
P1	Fallo en la tarea	La opción “Descargar marcadores” debe aparecer en “Aprender” o en el menú principal
P7	Problema medio	Cambiar la palabra <i>relacionar</i> por una que describa mejor la tarea a realizar
P4	Problema medio	La opción “Ver puntos” debe aparecer en el menú principal
P5	Problema medio	Esta opción debe aparecer en la pantalla principal o dentro del menú principal
P3	Problema menor	La opción debe aparecer en el menú principal
P6	Problema menor	Cambiar la palabra <i>escribir</i> o poner instrucciones en el menú principal para saber qué hay en ese apartado
P2	Problema menor	Debe tener un icono para que sea fácil de identificar
P8	Problema menor	Debe existir un botón para salir de forma rápida
P9	Problema menor	Agregar iconos a los botones para que sean más descriptivos y fáciles de identificar
P10	Problema menor	Todos los marcadores deben ser de tamaño pequeño para ver bien las animaciones
P11	Problema menor	Colocar en el marcador la letra inicial o el nombre de la categoría a la que pertenecen
P12	Problema menor	Cambiar algunas palabras que puedan causar confusión al usuario y, además, que las nuevas palabras describan las funciones a las que están asociadas

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Sobre los resultados obtenidos en la evaluación del diseño, es posible citar algunas particularidades. En la figura 7 se puede verificar que el problema de usabilidad P1 es el único que los seis usuarios reconocieron; P1 se identificó después de que los alumnos quisieron realizar la tarea 2, que consistía en descargar los marcadores a través de un documento en formato PDF que se encontraba como hipervínculo dentro de la *app* en el apartado “Configuración” (ver figura 5), mientras ellos fueron directo al apartado “Aprender” porque esperaban encontrarlos ahí; por lo tanto, al ser una tarea importante para utilizar la aplicación, se clasificó como fallo de tarea, ya que, sin los marcadores, la aplicación se volvería inutilizable.

De igual manera, advertimos que seis problemas de usabilidad (P2, P3, P4, P5, P9 y P12)

fueron reconocidos por cuatro usuarios, de los cuales la mayoría fueron clasificados como problemas menores, puesto que se realizaron con un retraso de tiempo pequeño. Los problemas P8, P10 y P11 únicamente fueron identificados por un usuario; es de resaltar que estos problemas no influyen de manera directa en el funcionamiento de la aplicación, pero son relevantes para aplicar posibles mejoras tanto en la parte visual como en la conceptual.

En la figura 8 observamos que el usuario más informativo para las mejoras fue el U2, al ubicar un total de nueve problemas de usabilidad; el que destacó menos fue el usuario U6, con tres problemas de usabilidad.

En la figura 9 se refleja la identificación de ocho problemas menores, tres problemas medios y uno clasificado como fallo de tarea. El hecho de que gran parte de los problemas de usabilidad

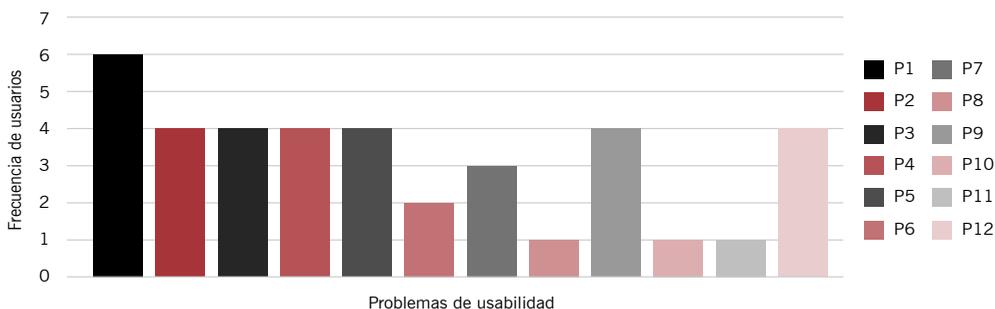


Figura 7. Número de usuarios que identificaron cada problema de usabilidad.

Fuente: elaboración propia.

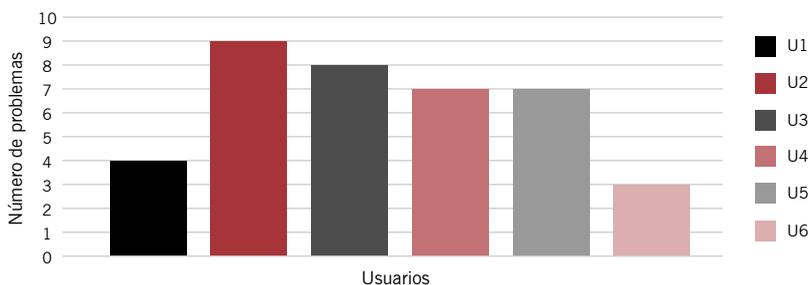


Figura 8. Problemas de usabilidad detectados por un usuario.

Fuente: elaboración propia.

reconocidos sean menores y solo exista un fallo de tarea indica que la interpretación del modelo mental del usuario y que los requisitos planteados, en su mayoría, fueron reflejados de forma correcta dentro de la aplicación.

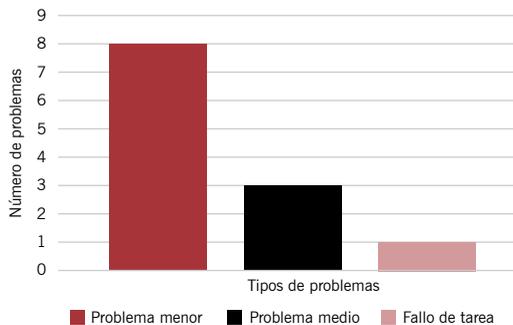


Figura 9. Problemas de usabilidad según su clasificación global. Fuente: elaboración propia.

En la figura 10 apreciamos que el U2 aportó más problemas medios y, de igual forma, el U2 y el U3 son los que más problemas menores detectaron; uno solo identificó más del 70% del total de problemas de usabilidad.

Respecto al resultado del proceso metodológico descrito, si bien existen trabajos como los de Zhou, Cheok y Pan (2004), Prada y Uribe (2013), Del-Cerro y Morales (2017), Rodríguez (2016), y

Mesquida y Pérez (2018), que plantean recursos con RA que pueden ser integrados a un AVA, los productos generados no consideran los gustos, preferencias e intereses de los estudiantes; por ejemplo, Lee *et al.* (2017) desarrollan un prototipo de aplicación móvil para la enseñanza de vocabulario en inglés de estudiantes de preescolar; no obstante, su evaluación se limita a considerar a los padres con y sin niños en preescolar, y deja de lado el papel del niño como usuario final.

En tanto, Dalim *et al.* (2016) presentan una aplicación con RA como una herramienta para la enseñanza de palabras básicas en inglés (colores, formas y preposiciones) en niños no nativos del idioma. Los resultados muestran mayor disfrute en los estudiantes al usar métodos basados en RA; sin embargo, mencionan problemas de usabilidad que no son catalogados y que pueden ser atribuidos a que, a diferencia de English AR, los alumnos solo son considerados en la evaluación.

Debido a su alcance, la aplicación English AR solo es producto de una primera iteración, lo que limita la posibilidad de una integración inmediata a un AVA. Resulta evidente que la aplicación de la prueba *thinking aloud* permite una rápida apreciación sobre la calidad del producto; no obstante, sus desventajas radican en la inversión de tiempo para su realización. Por otra parte, la metodología y las herramientas utilizadas facilitan la

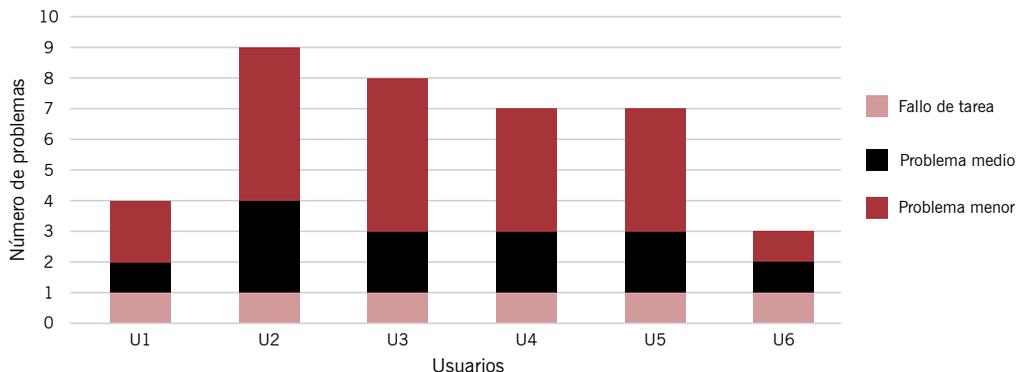


Figura 10. Problemas de usabilidad encontrados por usuario y su clasificación. Fuente: elaboración propia.

iteración del producto, lo que favorece la exploración en iteraciones posteriores de otras estrategias de evaluación para el refinamiento. Una expansión de los contenidos y, por tanto, su inserción como recurso dentro de un AVA, o incluso en una unidad didáctica en un curso presencial, son algunas oportunidades de mejora.

CONCLUSIONES

Si se parte de la factibilidad técnica y operativa observada, es posible señalar que una aplicación con RA desarrollada mediante la metodología del DCU puede ser un recurso viable para ser integrado dentro de un AVA, al corresponder con las características propias de estos ambientes, de modo que, al centrarse en el niño, la aplicación se adaptará al entorno educativo de este usuario; por ejemplo, English AR puede ser utilizada como un recurso dentro del diseño instruccional del docente en una asignatura como el inglés a nivel primaria, y ser el profesor quien decida el momento de dar uso a la aplicación con relación a los temas que se estudian en clase, ya sea presencial o virtual.

Si se parte de la factibilidad técnica y operativa observada, es posible señalar que una aplicación con RA desarrollada mediante la metodología del DCU puede ser un recurso viable para ser integrado dentro de un AVA

Así, el aporte de este trabajo radica en la identificación e integración de tecnologías y métodos, con base en el marco de trabajo del DCU, para el desarrollo de una aplicación móvil como un recurso dentro de un AVA destinado a la enseñanza del idioma inglés. Cabe destacar que el procedimiento detallado en este artículo presenta una naturaleza genérica a fin de que pueda ser aplicado a temáticas diferentes a la del idioma inglés, o integrar tecnologías compatibles incluso con otros sistemas operativos como iOS.

Como línea de trabajo futuro, planteamos una segunda iteración que considere la valoración pedagógica del recurso, mediante instrumentos que hagan posible analizar factores destacados en la literatura, como la motivación y la ganancia de aprendizaje, o bien, realizar una comparación entre grupos de control y experimental. *—a*

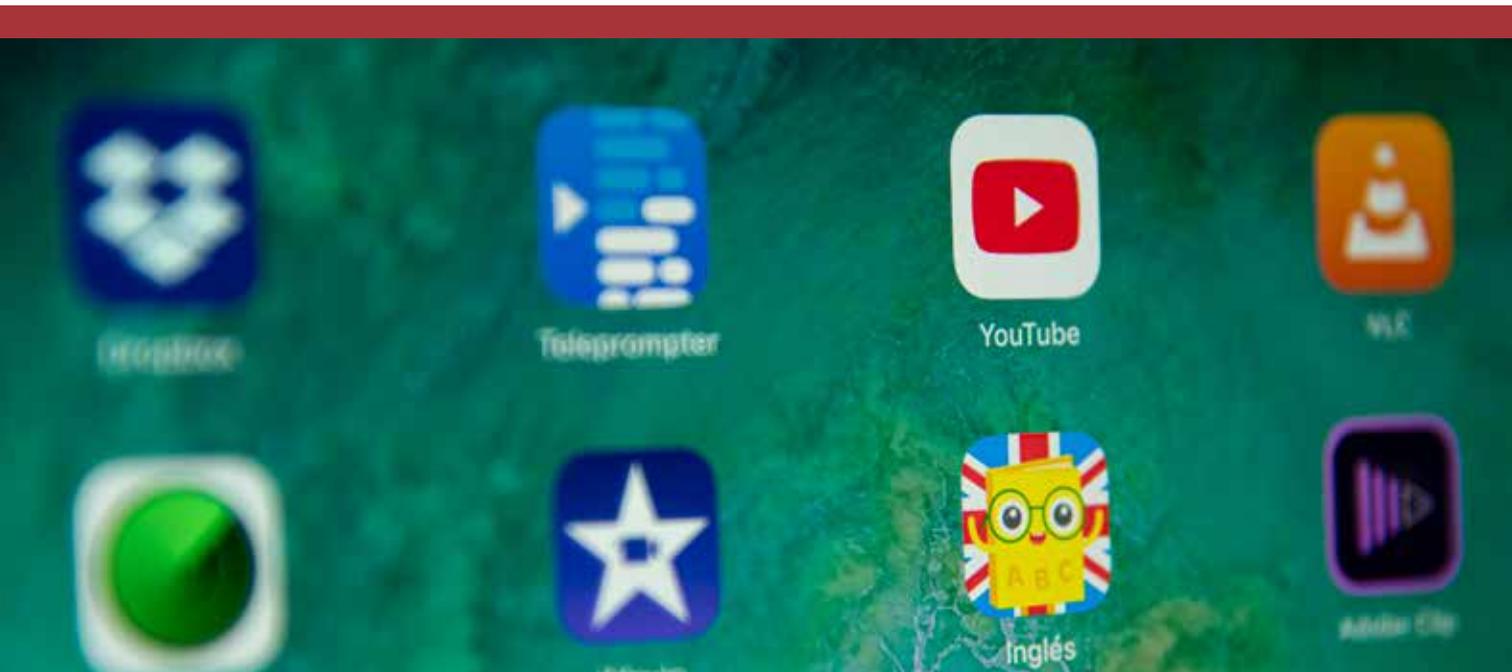
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdoli-Sejzi, A. & Bahru, J. (2015). Augmented reality and virtual learning environment. *Journal of Applied Sciences Research*, 11(8), 1-5. Recuperado de: <http://www.aensiweb.com/JASR>
- AENOR. (2000). *UNE EN ISO 13407 Procesos de diseño para sistemas interactivos centrados en el operador humano: Junio 2000 (ISO 13407:1999)*. España: AENOR. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=L3cjMQAACAAJ>
- Akao, Y. (1990). Quality deployment in the construction industry, en Y. Akao (ed.), *Quality function deployment: Integrating customer requirements into product design*. Nueva York: Productivity Press.
- Alnabit, N. & Indriasari-Mansor, E. (2018). Elderly experience evaluation through medication learning application with augmented reality. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.31), 420-425. <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/23722>

- Álvarez-Niño, L. C. y Arias-Ortiz, C. (2014). Los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) como facilitadores del proceso de enseñanza y aprendizaje de la geometría analítica en la educación media. *Revista de Educación y Desarrollo*, 0(30), 63-70. Recuperado de: http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/antiores/30/30_Alvarez.pdf
- Álvarez-Sánchez, S.; Delgado-Martín, L.; Gimeno-González, M.; Martín-García, T.; Almaraz-Menendez, F. y Ruiz-Méndez, C. (2017). El arenero educativo: la realidad aumentada un nuevo recurso para la enseñanza. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 105-123. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i1.5810>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2010). *Ergonomics of human-system interaction -Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2010)*. Madrid, España.
- Bruno, F.; Barbieri, L.; Marino, E.; Muzzupappa, M.; D'Oriano, L. y Colacino, B. (2019). An augmented reality tool to detect and annotate design variations in an Industry 4.0 approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105(1), 875-887. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04254-4>
- Buitrago-Pulido, R. D. (2015). Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educación y Educadores*, 18(1), 27-41. <https://doi.org/10.5294/edu.2015.18.1.2>
- Cabero-Almenara, J.; Barroso-Osuna, J.; Llorente-Cejudo, C. y Fernández-Martínez, M. (2019). Educational uses of augmented reality (AR): Experiences in educational science. *Sustainability*, 11(18), 4990. <https://doi.org/10.3390/su11184990>
- Cabero-Almenara, J.; Barroso-Osuna, J.; Puentes-Puente, Á. y Cruz-Pichardo, I. (2018). Realidad aumentada para aumentar la formación en la enseñanza de la medicina. *Educación Médica Superior*, 32(4). Recuperado de: <http://www.ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/1539>
- Caro, L. A. (2014). *La escuela aumentada, uso y apropiación de tecnologías emergentes de información y comunicación*. Colombia.
- Casal, J. y Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, 1, 3-7.
- Cózar-Gutiérrez, R. y Sáez-López, J. M. (2017). Realidad aumentada, proyectos en el aula de primaria: experiencias y casos en ciencias sociales. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 165-180. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i1.5813>
- Cubillo, J.; Martin, S.; Castro, M. y Boticki, I. (2015). Preparing augmented reality learning content should be easy: UNED ARLE-an authoring tool for augmented reality learning environments. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(5), 778-789. <https://doi.org/10.1002/cae.21650>
- Dalim, C. S. C.; Dey, A.; Piumsomboon, T.; Billinghamurst, M. y Sunar, S. (2016). TeachAR: An interactive augmented reality tool for teaching basic English to non-native children, en *2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)* (82-86). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct.2016.0046>
- Del-Cerro, F. y Morales, G. (2017). Realidad aumentada como herramienta de mejora de la inteligencia espacial en estudiantes de educación secundaria. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (54). <https://doi.org/10.6018/red/54/5>
- Edel, R. y Guerra, C. E. (2010). Recursos didácticos para la educación a distancia : hacia la contribución de la realidad aumentada. *Ideas CONCYTEG*, 5(61), 702-715. Recuperado de: http://www.redem.org/boletin/files/61052010_RECURSOS_DIDACTICOS_EDUCACION_A_DISTANCIA.pdf
- Education First. (2019). EF English proficiency index. Recuperado de: <https://www.ef.com.mx/epi/regions/latin-america/mexico/>
- García, R.; Hernández, M.; Díaz, H. y Morales, M. (2017). Ambientes virtuales de aprendizaje: un análisis comparado de un centro de posgrado. *Revista TECTZAPIC*, 3(1). Recuperado de: <http://www.eumed.net/rev/tectzapic/2017/01/ambiente-virtual-aprendizaje.html>
- Gil, G. D.; Arias, D.; Gimson, L. E.; Sánchez, E. y Silvera, J. A. (2015). *Uso de realidad aumentada como*

- complemento a los prácticos tradicionales de enseñanza-aprendizaje, en XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (Salta, 2015). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10915/46338>
- Herrera-Mosquera, L. (2017). Impact of implementing a virtual learning environment (VLE) in the EFL classroom. *Íkala, Revista de Lenguaje y Cultura*, 22 (3), 479-498. <https://doi.org/10.17533/udea.ikala.v22n03a07>
- Kiat, L. B.; Ali, M. B.; Halim, N. D. A. y Ibrahim, H. B. (2017). Augmented reality, virtual learning environment and mobile learning in education: A comparison, en 2016 IEEE Conference on E-Learning, e-Management and e-Services, IC3e 2016 (23-28). <https://doi.org/10.1109/IC3e.2016.8009034>
- Lauesen, S. (2005). *User interface design: A software engineering perspective*. Boston, MA: Pearson/Addison-Wesley.
- Lee, L. K.; Chau, C. H.; Chau, C. H. y Ng, C. T. (2017). Using augmented reality to teach kindergarten students english vocabulary, en *Proceedings-2017 International Symposium on Educational Technology, ISET 2017* (53-57). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ISET.2017.20>
- Liao, T. (2018). Future directions for mobile augmented reality research: Understanding relationships between augmented reality users, nonusers, content, devices, and industry. *Mobile Media & Communication*, 7(1), 131-149. <https://doi.org/10.1177/2050157918792438>
- Marín-Díaz, V.; Cabero-Almenara, J. y Gallego-Pérez, O. (2018). Motivación y realidad aumentada: alumnos como consumidores y productores de objetos de aprendizaje. *Aula Abierta*, 47(3), 337-346. https://doi.org/10.17811/aula_abierta.47.3.2018.337-346
- Martínez, D. N. y Dalgo, V. M. (2017). Ambientes virtuales de aprendizaje utilizando realidad aumentada. *Enfermería Investiga*, 3(1), 49-52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6538732>
- Mesquida, M. C. y Pérez, A. (2018). Estudio de APPs de realidad aumentada para su uso en campos de aprendizaje en un entorno natural. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (62). <https://doi.org/10.21556/edutec.2017.62.1017>
- Muñoz-Cristóbal, J. A.; Prieto, L. P.; Asensio-Pérez, J. I.; Jorrín-Abellán, I. M.; Martínez-Monés, A. y Dimitriadis, Y. (2013). GLUEPS-AR: A system for the orchestration of learning situations across spaces using augmented reality BT-Scaling up learning for sustained impact, en D. Hernández-Leo, T. Ley, R. Klamma & A. Harrer (eds.). *EC-TEL 2013: Scaling up learning for sustained impact*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40814-4_59
- Muñoz-Cristóbal, J.; Prieto, L.; Asensio-Pérez, J.; Jorrín-Abellán, I. M. y Dimitriadis, Y. (2012). Orchestrating TEL situations across spaces using augmented reality through GLUE!-PS AR. *Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology*, 14(4), 14-16.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc. Recuperado de: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=529793>
- Nunes, I. L.; Lucas, R.; Simões-Marques, M. y Correia, N. (2019). An augmented reality application to support deployed emergency teams, en S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander & Y. Fujita (eds.). *BT-Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)* (195-204). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96077-7_21
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pan, Z.; Cheok, A. D.; Yang, H.; Zhu, J. y Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers and Graphics (Pergamon)*, 30(1), 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2005.10.004>
- Prada, E. y Uribe, Á. (2013). Multimedia educativa con realidad aumentada, en *Innovación en investigación y educación en ingeniería: factores claves para la competitividad global*. Bogotá, Colombia.
- Quidel, D.; Del Valle, J.; Arévalo, L.; Nancucheo, C. y Ortiz, R. (2014). La enseñanza del idioma inglés a temprana edad: su impacto en el aprendizaje de los estudiantes de escuelas públicas. *Vivat Academia*, 0(129), 34. <https://doi.org/10.15178/va.2014.129.34-56>
- Ramírez-Otero, J. R. y Solano-Galindo, S. (2017). *ARprende: una plataforma para realidad aumentada en educación superior*, en Séptima Conferencia de Directores de Tecnología de Información, TICAL 2017 Gestión de las TIC para la Investigación y la Colaboración. San José, Colombia.
- Redondo, B.; Cózar-Gutiérrez, R.; González-Calero, J. A. y Sánchez-Ruiz, R. (2019). Integration of augmented reality in the

- teaching of English as a foreign language in early childhood education. *Early Childhood Education Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-00999-5>
- Rodríguez-Rojas, J. G. y Valencia-Cristancho, M. K. (2014). *Ambiente virtual de aprendizaje basado en tecnologías de realidad aumentada como estrategia didáctica para el aprendizaje de la configuración de algunas moléculas del estudio de la química*. Universidad Pedagógica Nacional. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1915>
- Rodríguez, C. (2016). *Ambiente virtual de aprendizaje apoyado con realidad aumentada*. Universidad de La Sabana. Universidad de La Sabana.
- Ruiz-Falcó, A. (2009). *Despliegue de la función calidad (QFD)*. Madrid, España.
- Sejzi, A. A. & Aris, B. (2012). Constructivist approach in virtual universities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 56 (1ctthe), 426-431. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.672>
- SQLite Consortium. (2019). SQLite home page. Recuperado de: <https://www.sqlite.org/index.html>
- Unity Technologies. (2019). Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Visualizaciones de VR y AR en 3D y 2D. Recuperado de: <https://unity.com/es>
- Vuforia Engine Team. (2019). Vuforia developer portal. Recuperado de: <https://developer.vuforia.com/>
- Walker, A. & White, G. (2013). *Technology enhanced language learning: Connecting theory and practice*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Wang, X.; Elzakker, C. y Kraak, M. J. (2017). Conceptual design of a mobile application for geography fieldwork learning. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6, 355. <https://doi.org/10.3390/ijgi6110355>
- Williams, M.; Yao, K. K. K. y Nurse, J. R. C. (2018). ToARist: An augmented reality tourism app created through User-Centred Design. Recuperado de: <http://arxiv.org/abs/1807.05759>
- Zhou, Z.; Cheok, A. D. y Pan, J. (2004). 3D story cube: An interactive tangible user interface for storytelling with 3D graphics and audio. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5), 374-376. <https://doi.org/10.1007/s00779-004-0300-0>



Este artículo es de acceso abierto. Los usuarios pueden leer, descargar, distribuir, imprimir y enlazar al texto completo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Bezares Molina, Francisco Gabriel; Toledo Toledo, Guadalupe; Aguilar Acevedo, Francisco y Martínez Mendoza, Eduardo. (2020). Aplicación de realidad aumentada centrada en el niño como recurso en un ambiente virtual de aprendizaje. *Apertura*, 12(1), pp. 88-105. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v12n1.1820>