

Revisión sistemática de los entornos digitales inmersivos tridimensionales en la enseñanza de la programación

Systematic review of three-dimensional immersive digital environments in the teaching of programming

Juan Gabriel López Solórzano
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México
jlopez225@alumnos.uaq.mx

Christian Jonathan Ángel Rueda
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México
cangel@uaq.mx

Resumen

En la actualidad los entornos digitales inmersivos tridimensionales (EDIT) se han aplicado al ámbito educativo, siendo la Realidad Aumentada, Realidad Virtual y los Mundos Virtuales las tecnologías más representativas. Actualmente en la literatura existen revisiones sistemáticas que abordan cada tecnología por separado, haciendo evidente la necesidad de un estudio que abarque todas las tecnologías y más puntualmente que se aplique a la enseñanza aprendizaje de la programación de computadoras. En el presente estudio se analizaron 64 investigaciones que están relacionadas a la enseñanza de algún tema sobre la programación de computadoras en diversos niveles educativos. Entre los principales resultados se destaca que 57 estudios desarrollaron su propia herramienta o aplicación, lo cual pone de manifiesto la poca o nula utilidad práctica de los desarrollos puesto que solamente se utilizan para sus experimentos. Además, la mayoría de los trabajos presentan las bondades de sus herramientas y solamente 12 estudios mencionan algún problema al utilizar los EDIT en la enseñanza de la programación. Finalmente, se destaca el uso de los EDIT principalmente para la enseñanza del tema de estructuras de control en programación. Este tema es primordial ya que permite a los estudiantes modificar el flujo de ejecución de las instrucciones de un programa.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Realidad Virtual, Mundos Virtuales, Programación, Entornos digitales inmersivos tridimensionales.

Abstract

Currently, three-dimensional immersive digital environments (TIDE) have been applied to the educational field, being Augmented Reality, Virtual Reality and Virtual Worlds the most representative technologies. Currently in the literature there are systematic reviews that address each technology separately, making evident the need for a study covering all technologies and more specifically applied to the teaching and learning of computer programming. In the present study, 64 research studies related to the teaching of computer programming at different educational levels were analyzed. Among the main results, 57 studies developed their own tool or application, which shows the little or no practical usefulness of the developments since they are only used for experiments. In addition, most of the works present the benefits of their tools and only 12 studies mention a problem when using the TIDE in the teaching of programming. Finally, the use of TIDE is highlighted mainly for teaching the topic of control structures in programming. This topic is essential since it allows students to modify the execution flow of program instructions.

Key words: Augmented Reality, Virtual Reality, Virtual Worlds, Programming, Immersive 3D Digital Environments.

1. Introducción

En la actualidad hay una demanda creciente de profesionales en Ciencias Computacionales (CC) que la era digital así lo requiere (Giannakos et al., 2017); en contra parte también las carreras de CC son las que tienen las tasas más altas de abandono (Kazimoglu, 2020), sin importar el avance en métodos o herramientas implementados en la enseñanza de cursos de introducción a la programación (Mehmood et al., 2020).

La programación es para muchos estudiantes un tema difícil, frustrante y tedioso, y esta opinión afecta de manera importante en su aprendizaje. En el estudio realizado por Bennedsen y Caspersen (2019) para conocer la tasa de reprobación en cursos de introducción a la programación obtuvieron como resultado el 28% de reprobación. Coinciden en esto Simon et al. (2019) ya que en su investigación se presenta una tasa de aprobación del 75%.

Para superar dichos problemas se han realizado esfuerzos y se han propuesto diferentes estrategias, las cuales según Kanika et al. (2020) son: a) la programación visual, b) el aprendizaje basado en juegos, c) la programación colaborativa o en pares y d) la programación de robots.

Debido al avance de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), se hace evidente la transición de herramientas bidimensionales (2D) a ambientes tridimensionales (3D). Dentro de los ambientes 3D se encuentran los interactivos e inmersivos que incluyen los mundos virtuales (MV), realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV).

Entornos Digitales inmersivos Tridimensionales (EDIT)

El concepto de los EDIT acuñado por Ángel Rueda et al., (2018) lo describe a modo de un macro concepto en donde el autor agrupa los conceptos de la RV, RA y MV. Debido a que comúnmente en la literatura la RV, RA y MV son consideradas ideas aisladas, puesto que son analizadas desde el punto de vista tecnológico. El macro-concepto EDIT permite abordar las tecnologías virtuales desde el ámbito académico para ayudar a los docentes a incorporarlos en su práctica. Ángel Rueda, (2018) define que EDIT son los espacios artificiales en tres dimensiones donde el usuario puede moverse igual que en el mundo real y en donde dicha experiencia propicia en el usuario el sentido de la "inmersión". Señalando además que "la característica esencial y sobresaliente de los EDIT es la conexión, experiencia e interacción del usuario con el entorno artificial RV, RA, MV u otro sistema, presente o futuro" (Ángel Rueda et al., 2018, p.88).

Mundos Virtuales (MV)

Un mundo virtual es una base de datos de gráficos interactivos, explorable y visualizable en tiempo real en forma de imágenes tridimensionales de síntesis capaces de provocar una sensación de inmersión en la imagen. En sus formas más complejas, el entorno virtual es un verdadero «espacio de síntesis», en el que uno tiene la sensación de moverse físicamente. (Quéau, 1995, p. 15)

Realidad Aumentada (RA)

La realidad aumentada “permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real” (T. Azuma, 1997,p. 2). Con la RA el usuario percibe el mundo físico y los objetos digitales creados por computadoras en tiempo real.

Realidad Virtual (RV)

Existen diversas definiciones de la realidad virtual, de acuerdo con Steffen et al. (2019) una definición más robusta a los cambios de tecnología es “un entorno real o simulado en el que un perceptor experimenta la telepresencia” (Steuer, 1992, p. 76-77). Una definición más reciente es:

La RV se define como una simulación generada por ordenador de un entorno tridimensional con el que los usuarios pueden interactuar de forma aparentemente real o física utilizando equipos electrónicos especiales, como un casco con una pantalla en su interior o unos guantes dotados de sensores (Zhang et al., 2018, p. 138).

Para el presente estudio estas tecnologías se agrupan en el concepto EDIT. Este tipo de ambientes se pueden aplicar de manera satisfactoria en la modalidad presencial y la modalidad a distancia (Hartley et al., 2015; Nesenbergs et al., 2020). El objetivo principal de la presente revisión sistemática es describir cuál EDIT es el más utilizado en la enseñanza de la programación de computadoras, en qué nivel educativo es aplicado y que tema es el más abordado.

2. Antecedentes

Liberatore y Wagner (2021) realizaron una revisión sistemática de la literatura que aborda el desempeño de los sistemas inmersivos. Su estudio abarcó las áreas de informática, artes y humanidades, psicología, salud y enfermería, ciencias sociales y negocios. Analizaron artículos que abordaban el uso de la tecnología inmersiva con aplicaciones probadas y que presentaban resultados empíricos. Se revisaron 62 artículos, aplicados a diferentes dominios de problemas, identificando el área de psicología como la más consolidada para el tratamiento de la ansiedad, fobias, adicción y el trastorno por estrés postraumático (TEPT). Además, en los resultados indican que la RV y RA generalmente muestran un impacto positivo en el desempeño de una gran variedad de tareas. La presente investigación difiere del trabajo de Liberatore y Wagner (2021) en que la revisión está enfocada a la enseñanza-aprendizaje de la programación y en que se incluyen artículos sobre RV basada en web y de escritorio.

Suh y Prophet (2018) realizaron una revisión sistemática sobre el estado actual de la investigación en tecnología inmersiva, en la cual, abarcaron las áreas de educación, mercadotecnia, negocios y salud. Se revisaron 54 artículos de los cuales se obtuvieron datos bibliométricos sobre los enfoques teóricos y metodológicos, temas de investigación y contextos. En su revisión se consideró como base teórica el modelo estímulo-organismo-respuesta (E-O-R) para clasificar y consolidar los factores asociados con el uso de la tecnología inmersiva; además, se propuso un modelo conceptual. En su estudio

al igual que lo realizado por Liberatore y Wagner (2021) se excluyeron artículos que utilizaban la pantalla de la computadora para mostrar el contenido de VR.

En la presente revisión se ha tomado en consideración estudios en donde utilizan cascos de RV o HMD (por sus siglas en inglés Head-Mounted Display). Sin embargo, para el área de educación el uso de este tipo de dispositivos no es generalizado, por lo cual la RV basada en Web y de escritorio también han sido consideradas en la revisión, ya que son más accesibles puesto que utilizan la pantalla de una computadora para mostrar el contenido RV.

En la revisión de la literatura para el desarrollo de la presente investigación se han tomado en consideración ocho revisiones sistemáticas y la búsqueda de información en diversas bases de datos. Lo cual se reporta en las siguientes secciones.

3. Método

La metodología que a continuación se detalla sigue las directrices para la creación de revisiones sistemáticas presentadas por Kitchenham y Charters (2007).

Preguntas de investigación

RQ1. ¿Qué tipo de EDIT es más utilizado para la enseñanza de la programación de computadoras?

RQ2. ¿En qué nivel educativo se utilizan los EDIT para la enseñanza de la programación de computadoras?

RQ3. ¿Cuáles son los problemas comúnmente reportados al utilizar los EDIT en la enseñanza de la programación?

RQ4. ¿Las herramientas EDIT son desarrolladas específicamente para el estudio o utilizan productos existentes?

RQ5. ¿Cuáles son los temas de programación comúnmente abordados en los EDIT?

Proceso de búsqueda

El proceso de búsqueda se inició ubicando las revisiones sistemáticas (RS) que se hayan realizado en estos campos en los años 2017 a 2022, pero solamente contemplando aquellas que tratan el tema de la enseñanza de la programación de computadoras. En esta búsqueda se encontraron un total de 8 trabajos, los cuales se presentan en la *Tabla 1*.

Tabla 1.

Revisiones Sistemáticas sobre programación de computadoras en los EDIT

Tecnología	Trabajos	Total
Realidad Aumentada	(Avellar y Barbosa, 2019; Fernando Batista et al., 2020; Mystakidis et al., 2021; Theodoropoulos y Lepouras, 2021)	4
Realidad Virtual	(Agbo et al., 2021; Pirker et al., 2020; Radianti et al., 2020)	3
Mundos Virtuales	(Pellas et al., 2017)	1

Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta las revisiones encontradas, se procedió a tomar todas las referencias de dichos trabajos como artículos candidatos a ser analizados, siempre y cuando cumplan los criterios de inclusión que se describen en este documento para llevar a cabo esta investigación.

Además de las revisiones sistemáticas, se realizaron búsquedas en las principales bases de datos: ACM Digital Library, IEEE Xplore Digital Library, SpringerLink, ScienceDirect y ERIC. Se eligieron estas bases de datos debido a que contemplan el tema de ciencias computacionales.

La cadena de búsqueda utilizada está formada por los términos principales: "augmented reality", "virtual reality", "virtual worlds" y "programming". Además, fue adaptada a las diferentes bases de datos, ya que cada una de ellas maneja de manera distinta las búsquedas avanzadas. En la

Tabla 2 se muestran las cadenas de búsqueda, filtros aplicados y la cantidad de resultados obtenidos.

*Tabla 2.
 Cadenas y filtros aplicados en las bases de datos*

Base de datos	Cadena de Búsqueda	Nota	Resultados
SpringerLink	("virtual reality" OR "augmented reality" OR "virtual worlds")	Búsqueda del término "programming" en el título del documento	187
ACM Digital Library	[[All: "virtual reality"] OR [All: "augmented reality"] OR [All: "virtual worlds"]] AND [Title: programming] AND [Publication Date: (01/01/2012 TO 12/31/2022)]		203
IEEE Xplore Digital Library	("All Metadata":"virtual reality" OR "All Metadata":"augmented reality" OR "All Metadata":"virtual worlds") AND ("Document Title":programming))	Años 2012-2022	279
ScienceDirect	computer programming AND (virtual reality OR augmented reality OR virtual worlds)		375
ERIC	("virtual reality" OR "augmented reality" OR "virtual worlds") AND title:programming	Años: 2012-2022	11

Fuente: Elaboración propia.

Criterio de selección y procedimiento

Los trabajos incluidos deben ser escritos en inglés o español. Publicados en revistas, conferencias o capítulos de libro entre 2012 y 2022, que respondan a alguna de las preguntas de investigación y que se aborde el tema de la enseñanza aprendizaje de la programación sin importar el nivel educativo.

Los trabajos que serán excluidos son:

- 1) Los que no responden a por lo menos una pregunta de investigación.
- 2) Si existen varios trabajos de un mismo grupo de investigación, se tomará en cuenta el más reciente.
- 3) Si aborda la programación de robots industriales o algún otro dispositivo diferente a la computadora.

Debido a la gran cantidad de resultados arrojados por algunas bases de datos y puesto que presentan algunos problemas en cuanto al manejo de los operadores lógicos y búsquedas avanzadas (Gusenbauer y Haddaway, 2020). Se excluyen aquellos en el que el título, abstract o palabras reservadas no estén relacionados al problema de investigación.

Snowballing

“Snowballing” consiste en analizar las referencias de los estudios candidatos a ser integrados en el estudio. En este caso debido a que se encontraron diversas revisiones sistemáticas, se procedió al análisis de cada uno de los estudios incluidos en ellas. Después de realizar dicho proceso se obtuvieron los siguientes estudios que proporcionan respuestas a las preguntas de investigación ver Tabla 3.

Tabla 3.
Selección de estudios en revisiones sistemáticas

Revisión Sistemática	Trabajos seleccionados	Referencias
(Avellar & Barbosa, 2019)	8	(Carvalho et al., 2017; Chandramouli y Heffron, 2015; Figueiredo et al., 2016; Mesia et al., 2016; Sharma y Ossueta, 2017; Stigall y Sharma, 2017; Vincur et al., 2017; Vosinakis et al., 2018)
(Fernando Batista et al., 2020)	1	(Oberhauser y Lecon, 2017)
(Mystakidis et al., 2021)	1	(Lin y Chen, 2020)
(Theodoropoulos y Lepouras, 2021)	18	(Abernethy et al., 2018; Agrahari y Chimalakonda, 2020; Chung y Hsiao, 2020; Cleto et al., 2020; Dass et al., 2018; Del Bosque et al., 2015; Deng et al., 2019; Esteves et al., 2019; Gardeli y Vosinakis, 2019, 2020; Goyal et al., 2016; Jin et al., 2018; Kim et al., 2019; Magnenat et al., 2015; Masso y Grace, 2011; Schez-Sobrino et al., 2020, 2021; Sittiyuno y Chaipah, 2019)

(Agbo et al., 2021)	10	(Banic y Gamboa, 2019; Berns et al., 2019; Bolivar et al., 2019; Bouali et al., 2019; Horst et al., 2019; Ortega et al., 2017; Parmar et al., 2016; Pellas y Vosinakis, 2018a; Rodger et al., 2014; Segura et al., 2020)
(Pirker et al., 2020)	0	Estudios duplicados
(Pellas et al., 2017)	0	Estudios duplicados
(Radianti et al., 2020)	0	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se puede observar que en las tres últimas revisiones (Pirker et al., 2020), (Pellas et al., 2017) y (Radianti et al., 2020) no se seleccionó ningún estudio puesto que los que daban respuesta a las preguntas de investigación ya se habían considerado en las revisiones previas o ningún estudio cumplía los criterios de inclusión.

Ahora bien como resultado de la búsqueda automática realizada a diferentes bases de datos se procedió con la revisión manual de los 1055 estudios potenciales. En Tabla 4 se presentan los estudios seleccionados.

Tabla 4.

Estudios seleccionados de las bases de datos

Base de datos	Estudios	Total
SpringerLink	(Acosta et al., 2021; Edifor et al., 2021; Ishihara y Rattanachinalai, 2022; Kambayashi et al., 2017; Mina et al., 2022; Pellas y Vosinakis, 2018b; Pierre et al., 2020; Quaye y Dasuki, 2017; Sajjanhar y Faulkner, 2019; Tan y Lee, 2017; Wee y Yap, 2021)	11
ACM Digital Library	(Im y Rogers, 2021; Jin et al., 2020; Singh, 2017; Tanielu et al., 2019; Vincur et al., 2017)	5
IEEE Xplore Digital Library	(Agbo et al., 2020; Alexander et al., 2022; Barbosa Raposo y Curasma, 2018; De Siqueira et al., 2021; Ramos y Patino, 2016; Theethum et al., 2021; Wee et al., 2022)	7
ScienceDirect	(Yi-Ming Kao y Ruan, 2022)	1
ERIC	(CevahiR et al., 2022; Chung et al., 2021)	2

Fuente: Elaboración propia.

Recolección y análisis de datos

De los estudios seleccionados se utilizó una hoja de cálculo para registrar la información de los documentos considerando los siguientes elementos de recolección de datos:

- Título del trabajo
- Palabras claves
- Tipo de publicación (artículo de revista o conferencia, capítulo)
- Nombre de revista
- Año
- Objetivo
- Muestra

- Enfoque de la investigación (cuantitativo, cualitativo o mixto)
- Abstract
- Respuestas a las preguntas de investigación

4. Resultados

En total se seleccionaron 64 estudios de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados que responden a las preguntas de investigación.

Para responder a la pregunta RQ1 ¿Qué tipo de EDIT es más utilizado para la enseñanza de la programación de computadoras?, se obtuvieron los resultados que se presentan en la Figura 1. Como se puede observar, la RA es la tecnología más utilizada, lo cual coincide con la revisión de Suh y Prophet (2018) que incluye varias áreas temáticas. En términos generales la RA es una de las tecnologías más utilizadas en diversas áreas tales como turismo (Pratisto et al., 2022) y aprendizaje de lenguas extranjeras (Hein et al., 2021). Por otro lado, la tecnología menos utilizada son los MV, lo anterior puede ser debido a que existen pocos trabajos en la literatura, esto se puede observar en la *Tabla 1* en la cual solamente se encontró una revisión sistemática comparado con 4 de RA y 3 de RV. Finalmente se puede mencionar que el uso de las tecnologías RA, RV y MV pueden cambiar dependiendo de las áreas de aplicación, por ejemplo en la revisión de Liberatore y Wagner (2021) en la cual se excluyeron estudios de las áreas de ciencias naturales, medicina e ingeniería, obtuvieron como resultado que la RV es la más utilizada.

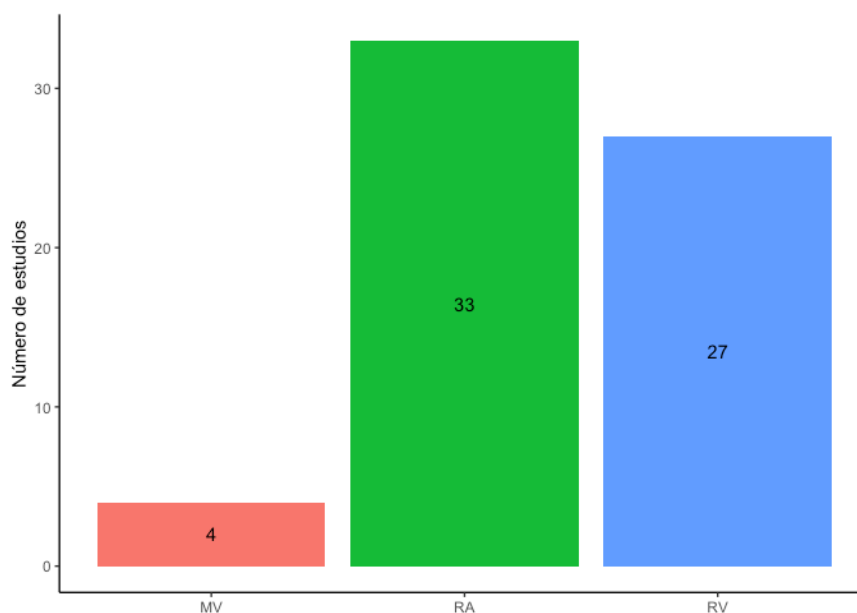


Figura 1. EDIT más utilizado en la enseñanza de la programación.

La pregunta de investigación RQ2 ¿En qué nivel educativo se utilizan los EDIT para la enseñanza de la programación de computadoras? Se da respuesta mediante los datos que se presentan en la Figura 2. Siendo el nivel universitario el contexto donde más se utilizan los EDIT lo cual respalda a lo encontrado en los trabajos de Hein et al. (2021) y Suh y Prophet (2018). De igual forma, en la figura se puede observar que el uso de los EDIT

para la enseñanza de la programación se incrementa con la etapa educativa, principalmente en los niveles primaria, secundaria y universidad. Esto puede ser debido a que la enseñanza de la programación mediante “lenguajes” son temáticas que se abordan principalmente en el nivel universitario. En niveles inferiores por lo general se maneja como pensamiento computacional.

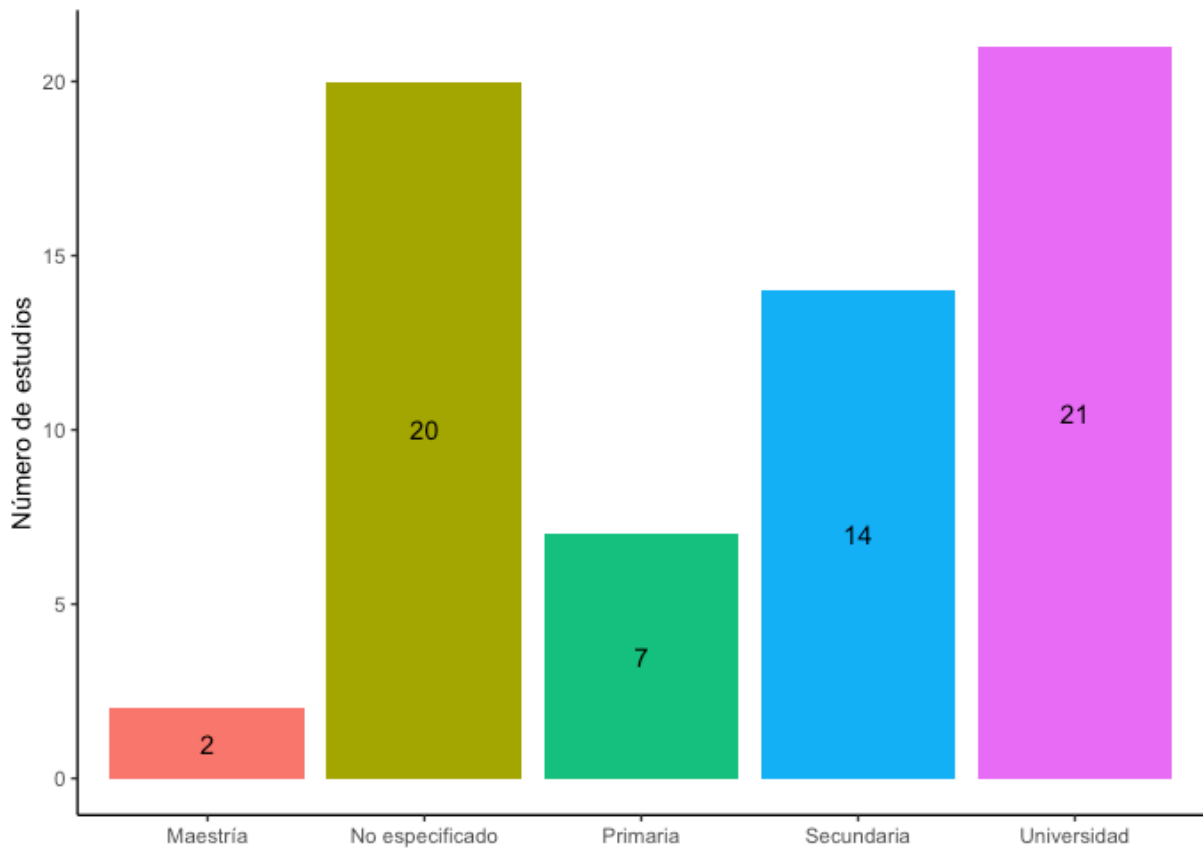


Figura 2. Contexto educativo que utilizan los EDIT para la enseñanza de la programación.

En lo que respecta a la pregunta RQ3 ¿Cuáles son los problemas comúnmente reportados al utilizar los EDIT en la enseñanza de la programación? Se obtuvieron los datos que se presentan en la Figura 3. El resultado por destacar es que 52 estudios no mencionan nada sobre los problemas al utilizar los EDIT y solo en 12 se reportan algunos problemas. En la Tabla 5 se presentan los estudios y una breve explicación de lo más representativo.

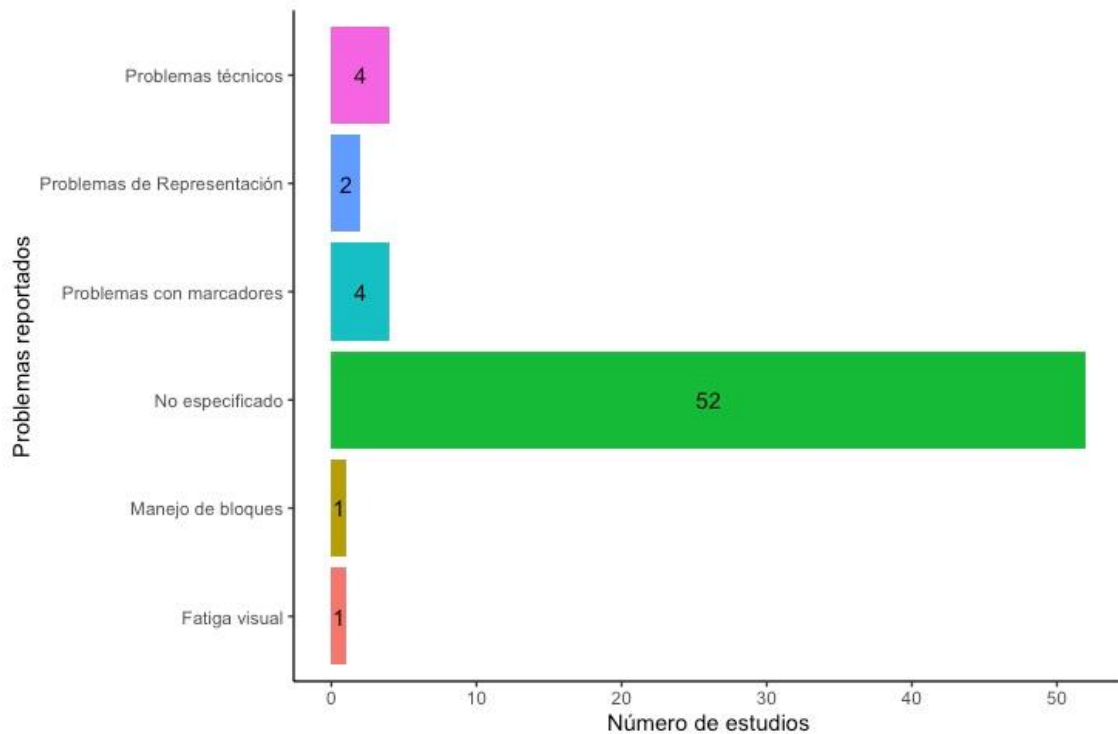


Figura 3. Problemas presentados al utilizar los EDIT en la enseñanza de la programación.

Tabla 5.

Estudios que reportaron problemas al utilizar los EDIT

Estudios	Problema Reportado	Descripción del problema
(Dass et al., 2018; Esteves et al., 2019; Gardeli y Vosinakis, 2019; Magnenat et al., 2015)	Problemas técnicos	Los problemas técnicos se refieren a aquellos que están asociados al dispositivo tecnológico (casco de RV, smartphone, etc.). Por ejemplo, en el trabajo de Magnenat et al. (2015) reportan que su aplicación RA, en cuanto al desempeño no es uniforme en todos los dispositivos y requiere un alto consumo de energía. Por otra parte, Dass et al. (2018) expresan que los gestos en los cascos de RV requieren varios intentos para ser reconocidos.
(Chung et al., 2021; Cleto et al., 2020; Deng et al., 2019; Gardeli y Vosinakis, 2020)	Problemas con marcadores	En la RA los marcadores son imágenes que indican (marcan) el lugar donde será colocado el contenido RA (video, modelo en 3D, elementos 2D, etc.). En el estudio de Gardeli y Vosinakis (2020) expresan problemas de detección de los marcadores, es decir, el dispositivo no

(Ortega et al., 2017; Schez-Sobrino et al., 2021)	Problemas de representación	detecta correctamente el marcador, imposibilitando que se active la RA. Representar los conceptos de programación en 3D es complicado debido a que no existe un consenso. Cada desarrollo por lo general diseña sus propios modelos y causa confusión (Schez-Sobrino et al., 2021).
(De Siqueira et al., 2021)	Manejo de bloques	En este estudio se utilizan bloques físicos magnéticos para crear un programa. Algunos estudiantes indicaron dificultad de manejar los bloques en problemas complejos.
(Jin et al., 2020)	Fatiga visual	El uso prolongado de los cascos de RV provoca cansancio visual.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la pregunta RQ4 ¿Las herramientas EDIT son desarrolladas específicamente para el estudio o utilizan productos existentes? Se obtuvo que el 89% de los estudios desarrollan la herramienta a la medida para el estudio, ver resultados en la Figura 4. Para el desarrollo de las herramientas la mayoría de los estudios utilizan Unity, que es un motor de videojuegos multiplataforma la cual permite generar aplicaciones de RV, RA y videojuegos. Además, en el desarrollo de aplicaciones de RA se utilizan frameworks tales como Vuforia Engine u OpenCV.

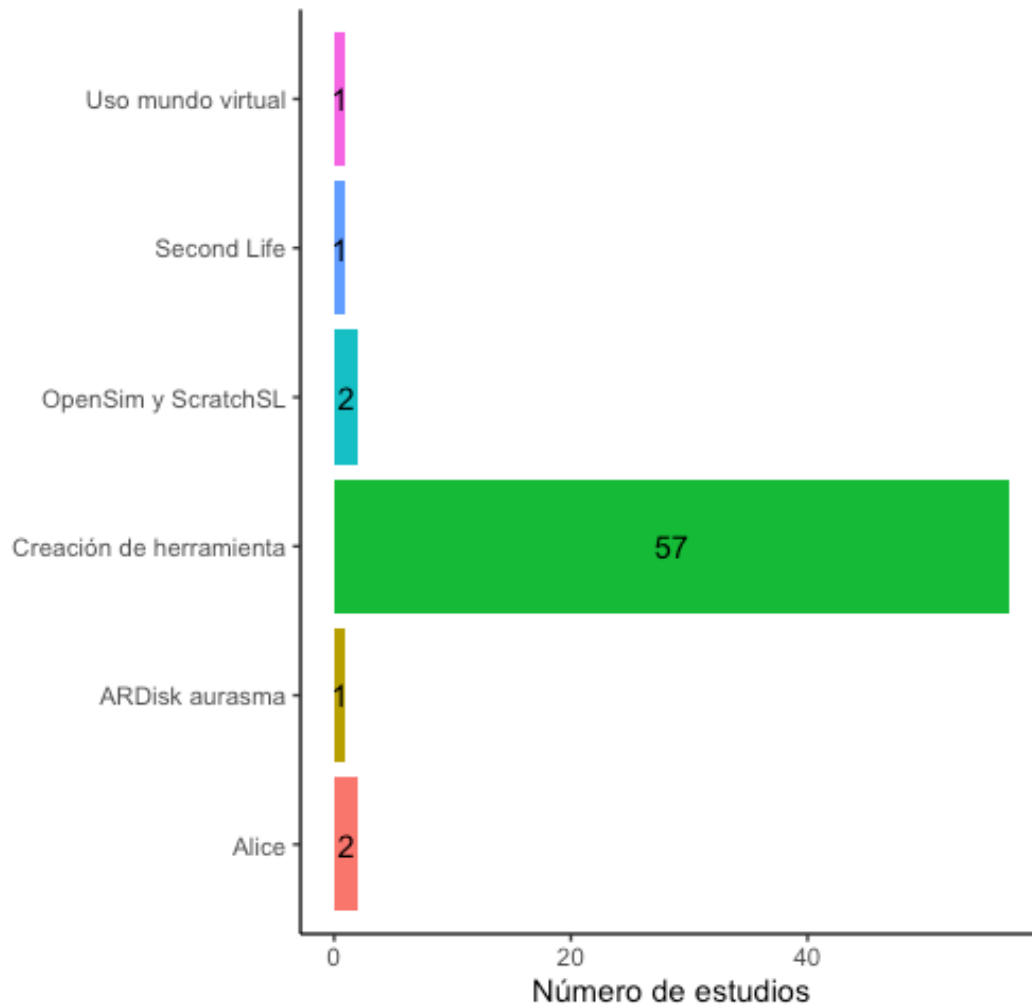


Figura 4. Tipo de herramienta utilizada para la enseñanza de la programación.

Los datos recabados para la pregunta RQ5 ¿Cuáles son los temas de programación comúnmente abordados en los EDIT?, los resultados se presentan en la Figura 5. En los estudios analizados 43 utilizan las estructuras de control (condicionales y ciclos) para la enseñanza de la programación, esto puede ser debido a que dichos conceptos son comúnmente mal interpretados y provocan errores en la construcción de los programas, además de que son conceptos independientes del lenguaje de programación (Swidan et al., 2018). Esta tendencia puede mantenerse debido a que los programas o códigos la mayoría de las veces integran este tipo de estructuras, a fin de dar una funcionalidad completa y correcta del proceso que se aborde. Por ejemplo, en el estudio realizado por da Cruz Alves et al. (2020), en el que analizaron un total de 88,606 proyectos realizados con App Inventor (ambiente de programación visual) encontraron que el 56% de ellos utilizan estructuras de control.

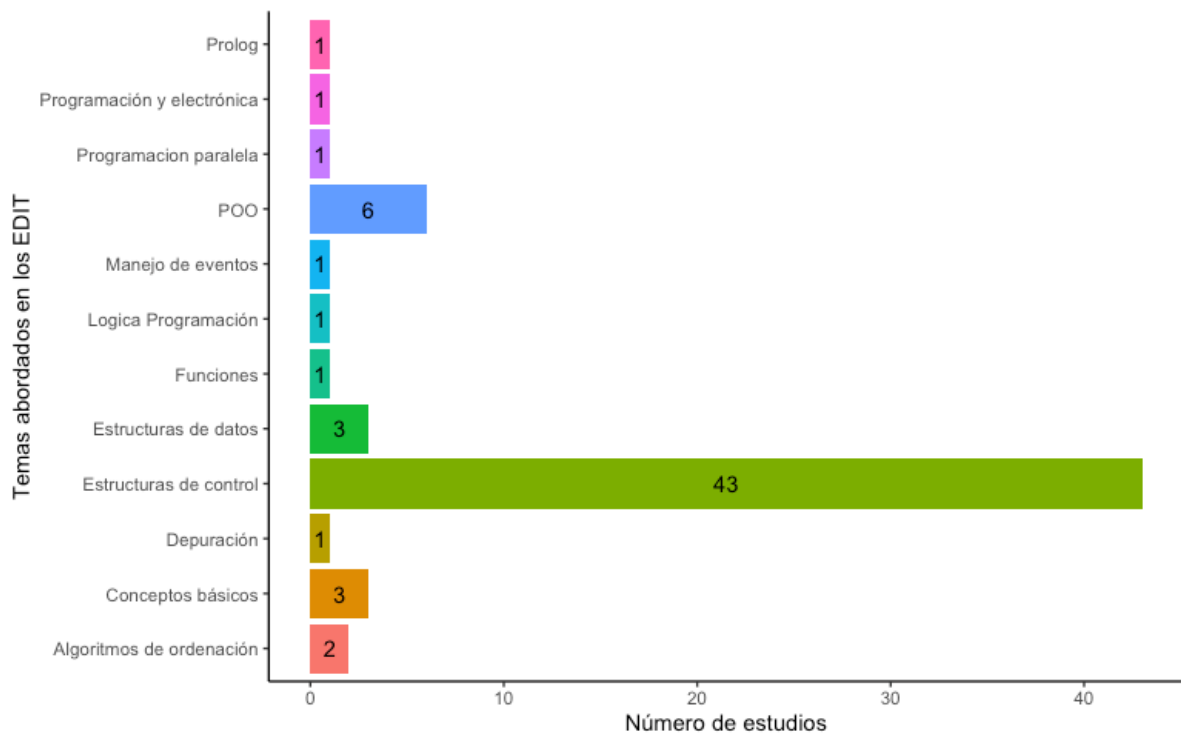


Figura 5. Temas abordados en la enseñanza de programación mediante los EDIT.

Finalmente se presenta la Tabla 6 en la que se hace un resumen de los estudios analizados clasificados por tema abordado, tecnología utilizada y nivel educativo. Se omiten aquellos estudios en los que no se especifica el nivel.

Tabla 6

Resumen de trabajos, especificando tema abordado, tecnología utilizada y nivel de académico

Tema	Tecnología	Nivel	Estudios
Estructuras de control	RA	Primaria	(Deng et al., 2019; Esteves et al., 2019; Gardeli y Vosinakis, 2019, 2020; Jin et al., 2018)
Estructuras de control	RA	Secundaria	(CevahiR et al., 2022; Goyal et al., 2016; Im y Rogers, 2021; Schez-Sobrino et al., 2020)
Estructuras de control	RA	Universidad	(Carvalho et al., 2017; Chung et al., 2021; Mesia et al., 2016; Schez-Sobrino et al., 2021; Sittiyuno y Chaipah, 2019; Tan y Lee, 2017)
Estructuras de control	RV	Primaria	(Barbosa Raposo y Curasma, 2018)
Estructuras de control	RV	Secundaria	(Banic y Gamboa, 2019; Berns et al., 2019; Jin et al., 2020; Parmar et al., 2016; Pellas y Vosinakis, 2018a; Segura et al., 2020)

Estructuras de control	RV	Universidad	(Ortega et al., 2017; Sharma y Ossuetta, 2017; Theethum et al., 2021; Wee et al., 2022)
Estructuras de control	MV	Secundaria	(Pellas y Vosinakis, 2018b)
Estructuras de control	MV	Universidad	(Quaye y Dasuki, 2017; Sajjanhar y Faulkner, 2019)
Programación orientada a objetos	RV	Secundaria	(Rodger et al., 2014)
Programación orientada a objetos	RV	Universidad	(Stigall y Sharma, 2017; Tanielu et al., 2019)
Programación orientada a objetos	RV	Maestría	(Oberhauser y Lecon, 2017)
Conceptos básicos	RA	Universidad	(Lin y Chen, 2020; Masso y Grace, 2011)
Estructuras de datos	RA	Universidad	(Del Bosque et al., 2015)
Algoritmos de ordenación	RV	Universidad	(Alexander et al., 2022; Pierre et al., 2020)
Prolog	MV	Maestría	(Vosinakis et al., 2014)
Programación y electrónica	RA	Secundaria	(Figueiredo et al., 2016)
Manejo de eventos	RA	Secundaria	(Magenat et al., 2015)
Lógica de programación	RA	Primaria	(Yi-Ming Kao y Ruan, 2022)
Funciones	RV	Universidad	(Agbo et al., 2020)
Depuración	RA	Universidad	(Chung y Hsiao, 2020)

Fuente: Elaboración propia

5. Discusión y conclusión

La revisión sistemática realizada permite comprender aspectos importantes sobre el uso de los EDIT en la enseñanza de la programación. Con los resultados obtenidos se tiene un panorama sobre la tecnología inmersiva más utilizada, el nivel educativo de aplicación, los problemas presentados en la incorporación de los EDIT, si se desarrolla o se utiliza un EDIT pre-existente y finalmente el tema (contenido) más utilizado para su enseñanza en los EDIT.

De los resultados obtenidos se pone de manifiesto que la tecnología más utilizada para la enseñanza de la programación es la RA, lo cual coincide con el trabajo de Suh y Prophet (2018) que incluye varias áreas temáticas y de igual forma en áreas como el turismo (Pratisto et al., 2022) y aprendizaje de lenguas extranjeras (Hein et al., 2021). Además, la RA destaca debido a que se requiere menos trabajo y se puede apoyar de la interacción con su entorno (Boyles, 2017). La universidad es el nivel educativo que más reporta estudios sobre la enseñanza-aprendizaje de la programación de computadoras utilizando los EDIT. En lo que respecta a los problemas que se presentaron al utilizar los EDIT para la enseñanza de la programación 52 estudios no indican problemas, solamente se enfocan a mencionar las ventajas de sus desarrollos y únicamente 12 trabajos mencionan problemas o dificultades. El dato más interesante que se obtuvo de la presente revisión es que un total de 57 estudios señalan la creación de una herramienta especialmente para su trabajo de investigación. Finalmente en cuanto a los temas específicos de la enseñanza de la programación, el tema que reporta más estudios es el referente a las estructuras de control (condicionales y ciclos) con un total de 43 trabajos.

Con respecto a que la mayoría de los estudios analizados crearon sus propias herramientas a la medida, consideramos importante destacar que el optar por desarrollar la aplicación (software) implica principalmente consumo de tiempo y costos, además de requerir recurso humano calificado en el desarrollo de software. El uso de herramientas o plataformas pre-existentes evitan al investigador el proceso de desarrollo y sobre todo la accesibilidad que se tiene de ellas al estar disponibles en la internet. En el caso del software a la medida tendría que publicarse en alguna tienda de apps o ser hospedado en la internet, lo cual provoca costos de alojamiento y pago de licencias.

En conclusión una revisión sistemática fue desarrollada sobre 64 artículos con el objetivo de describir cuál EDIT es el más utilizado en la enseñanza de la programación de computadoras, en qué nivel educativo es aplicado y que tema es el más abordado. Con respecto a previas revisiones sistemáticas, este estudio tiene como contribuciones principales: i) abarca artículos más recientes; ii) incluye estudios de RA, RV y MV con cualquier nivel de inmersión (incluyendo RV basada en web y escritorio); iii) estimula el debate sobre usar herramientas pre-existentes contra el desarrollo de aplicaciones desde cero. Para la RQ1, sobre el EDIT más utilizado en programación, la tecnología más empleada es la RA. Para la RQ2, sobre el nivel educativo donde se incorporan los EDIT, la mayor cantidad de estudios son aplicados en el nivel universitario. Para la RQ3, sobre los problemas reportados al utilizar los EDIT para la enseñanza de la programación, 52 estudios no reportaron problema alguno. Para la RQ4, sobre si en los estudios desarrollan la herramienta o utilizan las ya existentes, la mayoría de los trabajos desarrollan su aplicación específicamente para su investigación. Por último, para la RQ5, sobre el tema

más abordado en los EDIT para la enseñanza de la programación, 43 trabajos abordan el tema de estructuras de control.

6. Implicaciones y líneas futuras

Una característica relevante que presentan la mayoría de los EDIT en la enseñanza de la programación es que permiten a los estudiantes crear sus propios programas dentro del EDIT, es decir, no solo se limitan a presentar información, si no que ponen a disposición del estudiante diversos elementos físicos y virtuales (estructuras de control) que pueden ser utilizados para resolver una amplia variedad de problemas.

Además, el presente estudio ofrece implicaciones prácticas para investigadores y profesionales que estén interesados en incorporar los EDIT para la enseñanza de la programación. Los resultados evidencian un nicho de oportunidad para explotar las herramientas pre-existentes tales como Minecraft Education Edition, Roblox, OpenSim, Mozilla Hubs, CoSpaces, etc. La mayoría de los estudios optan por el camino largo que incluye el desarrollo de la aplicación y ese tiempo podría aplicarse a mejorar el diseño de las actividades realizadas dentro de estos ambientes inmersivos.

Por último, se plantean diversas líneas futuras de desarrollo para los EDIT.

- Realizar un estudio que incorpore trabajos donde se utilicen únicamente herramientas EDIT pre-existentes aplicadas a cualquier área temática.
- Incluir en una nueva revisión el uso de los EDIT enfocado al "pensamiento computacional".
- Realizar una nueva revisión sobre los EDIT aplicados en cualquier área de estudio, pero que estén fundamentados en alguna teoría de motivación.

Presentación del artículo: 30 de septiembre de 2022

Fecha de aprobación: 12 de diciembre de 2022

Fecha de publicación: 31 de enero de 2023

López Solórzano, J.G. y Ángel Rueda, C.J. (2023). Revisión sistemática de los entornos digitales inmersivos tridimensionales en la enseñanza de la programación. <i>RED. Revista de Educación a Distancia</i> , 23(73). http://dx.doi.org/10.6018/red.540731

Financiación

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro.

Referencias

- Abernethy, M., Sinnen, O., Adams, J., De Ruvo, G., y Giacaman, N. (2018). ParallelAR: An Augmented Reality App and Instructional Approach for Learning Parallel Programming Scheduling Concepts. *2018 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW)*, 324-331. <https://doi.org/10.1109/IPDPSW.2018.00063>
- Acosta, D., Álvarez, M., y Durán, E. (2021). Applying Augmented Reality to Learn Basic Concepts of Programming in U-Learning Environment. En P. Pesado y J. Eterovic (Eds.), *Computer Science – CACIC 2020* (Vol. 1409, pp. 293-307). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75836-3_20
- Agbo, F. J., Sanusi, I. T., Oyelere, S. S., y Suhonen, J. (2021). Application of Virtual Reality in Computer Science Education: A Systemic Review Based on Bibliometric and Content Analysis Methods. *Education Sciences*, 11(3), 142. <https://doi.org/10.3390/educsci11030142>
- Agbo, F. J., Sunday Oyelere, S., y Bouali, N. (2020). A UML approach for designing a VR-based smart learning environment for programming education. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9273956>
- Agrahari, V., y Chimalakonda, S. (2020). AST[AR] – Towards Using Augmented Reality and Abstract Syntax Trees for Teaching Data Structures To Novice Programmers. *2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 311-315. <https://doi.org/10.1109/ICALT49669.2020.00100>
- Alexander, B., Hou, Y., Khan, B., y Jin, J. (2022). Learn Programming In Virtual Reality? A Case Study of Computer Science Students. *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 270-275. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766621>
- Angel Rueda, C. J. (2018). *Diseño de un modelo didáctico para introducir al maestro en el uso de los mundos virtuales con fines educativos* [Tesis Doctorado en Tecnología Educativa, Universidad Autónoma de Querétaro]. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1046>
- Angel Rueda, C. J., Valdés Godínes, J. C., y Douglas Rudman, P. (2018). Categorizing the educational affordances of 3-dimensional immersive digital environments. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 17, 083-112. <https://doi.org/10.28945/4056>
- Avellar, G. M. N., y Barbosa, E. F. (2019). Virtual and Augmented Reality in the Teaching and Learning of Programming: A Systematic Mapping Study. *Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019)*, 664. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.664>
- Banic, A., y Gamboa, R. (2019). Visual Design Problem-based Learning in a Virtual Environment Improves Computational Thinking and Programming Knowledge. *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 1588-1593. <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8798013>
- Barbosa Raposo, A., y Curasma, H. P. (2018). A Tool for the Introduction of Programming and Computational Thinking with Motivation using Virtual Reality. *2018 XIII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, 377-384. <https://doi.org/10.1109/LACLO.2018.00071>
- Bennedsen, J., y Caspersen, M. E. (2019). Failure rates in introductory programming: 12

- years later. *ACM Inroads*, 10(2), 30-36. <https://doi.org/10.1145/3324888>
- Berns, C., Chin, G., Savitz, J., Kiesling, J., y Martin, F. (2019). MYR: A Web-Based Platform for Teaching Coding Using VR. *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 77-83. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287482>
- Bolivar, S., Perez, D., Carrasquillo, A., Williams, A. S., Rishe, N. D., y Ortega, F. R. (2019). 3D Interaction for Computer Science Educational VR Game. En M. Antona y C. Stephanidis (Eds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Theory, Methods and Tools* (Vol. 11572, pp. 408-419). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23560-4_30
- Bouali, N., Nygren, E., Oyelere, S. S., Suhonen, J., y Cavalli-Sforza, V. (2019). Imikode: A VR Game to Introduce OOP Concepts. *Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 1-2. <https://doi.org/10.1145/3364510.3366149>
- Boyles, B. (2017). Virtual Reality and Augmented Reality in Education. *Center For Teaching Excellence, United States Military Academy, West Point, Ny*, 12.
- Carvalho, M. F., Aguiar, Y. P. C., y Dantas, V. F. (2017). *Ensino da estrutura de repetição For em Python com realidade aumentada através do Aurasma*. 12.
- CevahiR, H., Özdemir, M., y Baturay, M. H. (2022). The Effect of Animation-Based Worked Examples Supported with Augmented Reality on the Academic Achievement, Attitude and Motivation of Students towards Learning Programming. *Participatory Educational Research*, 9(3), 226-247. <https://doi.org/10.17275/per.22.63.9.3>
- Chandramouli, M., y Heffron, J. (2015). A Desktop VR-based HCI framework for programming instruction. *2015 IEEE Integrated STEM Education Conference*, 129-134. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2015.7119905>
- Chung, C.-Y., Awad, N., y Hsiao, I.-H. (2021). Collaborative programming problemsolving in augmented reality: Multimodal analysis of effectiveness and group collaboration. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(5), 17-31. <https://doi.org/10.14742/ajet.7059>
- Chung, C.-Y., y Hsiao, I.-H. (2020). Computational Thinking in Augmented Reality: An Investigation of Collaborative Debugging Practices. *2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (ILRN)*, 54-61. <https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155152>
- Cleto, B., Sylla, C., Ferreira, L., y Moura, J. M. (2020). "Play and Learn": Exploring CodeCubes. En C. Sylla y I. Iurgel (Eds.), *Technology, Innovation, Entrepreneurship and Education* (Vol. 307, pp. 34-42). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40180-1_4
- da Cruz Alves, N., Gresse von Wangenheim, C., y Rossa Hauck, J. C. (2020). Teaching Programming to Novices: A Large-scale Analysis of App Inventor Projects. *2020 XV Conferencia Latinoamericana de Tecnologías de Aprendizaje (LACLO)*, 1-10. <https://doi.org/10.1109/LACLO50806.2020.9381172>
- Dass, N., Kim, J., Ford, S., Agarwal, S., y Chau, D. H. (Polo). (2018). Augmenting Coding: Augmented Reality for Learning Programming. *Proceedings of the Sixth International Symposium of Chinese CHI*, 156-159. <https://doi.org/10.1145/3202667.3202695>
- De Siqueira, A. G., Feijoo-Garcia, P. G., y Stanley, S. P. (2021). BlockXR: A Novel Tangible Block-Based Programming Platform. *2021 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, 1-4.

- <https://doi.org/10.1109/VL/HCC51201.2021.9576344>
- Del Bosque, L., Martínez, R., y Torres, J. L. (2015). Decreasing Failure in Programming Subject with Augmented Reality Tool. *Procedia Computer Science*, 75, 221-225. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.241>
- Deng, X., Wang, D., Jin, Q., y Sun, F. (2019). ARCat: A Tangible Programming Tool for DFS Algorithm Teaching. *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children*, 533-537. <https://doi.org/10.1145/3311927.3325308>
- Edifor, E., Swenson, A., y Aiyenitaju, O. (2021). A Virtual Reality Framework for Upskilling in Computer Programming in the Business Context. En M. C. tom Dieck, T. H. Jung, y S. M. C. Loureiro (Eds.), *Augmented Reality and Virtual Reality* (pp. 181-192). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68086-2_14
- Esteves, A. M. da S., Santana, A. L. M., y Lyra, R. (2019). Use of Augmented Reality for Computational Thinking Stimulation through Virtual. *2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, 102-106. <https://doi.org/10.1109/SVR.2019.00031>
- Fernando Batista, A., Thiry, M., Queiroz Gonçalves, R., y Fernandes, A. (2020). Using Technologies as Virtual Environments for Computer Teaching: A Systematic Review. *Informatics in Education*, 201-221. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.10>
- Figueiredo, M., Cifredo-Chacón, M.-Á., y Gonçalves, V. (2016). Learning Programming and Electronics with Augmented Reality. En M. Antona y C. Stephanidis (Eds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Users and Context Diversity* (Vol. 9739, pp. 57-64). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40238-3_6
- Gardeli, A., y Vosinakis, S. (2019). ARQuest: A Tangible Augmented Reality Approach to Developing Computational Thinking Skills. *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2019.8864603>
- Gardeli, A., y Vosinakis, S. (2020). The Effect of Tangible Augmented Reality Interfaces on Teaching Computational Thinking: A Preliminary Study. En M. E. Auer y T. Tsiatsos (Eds.), *The Challenges of the Digital Transformation in Education* (Vol. 916, pp. 673-684). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4_63
- Giannakos, M. N., Pappas, I. O., Jaccheri, L., y Sampson, D. G. (2017). Understanding student retention in computer science education: The role of environment, gains, barriers and usefulness. *Education and Information Technologies*, 22(5), 2365-2382. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9538-1>
- Goyal, S., Vijay, R. S., Monga, C., y Kalita, P. (2016). Code Bits: An Inexpensive Tangible Computational Thinking Toolkit For K-12 Curriculum. *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 441-447. <https://doi.org/10.1145/2839462.2856541>
- Gusenbauer, M., y Haddaway, N. R. (2020). Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources. *Research Synthesis Methods*, 11(2), 181-217. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1378>
- Hartley, M. D., Ludlow, B. L., y Duff, M. C. (2015). Second Life®: A 3D Virtual Immersive Environment for Teacher Preparation Courses in a Distance Education Program. *Rural Special Education Quarterly*, 34(3), 21-25. <https://doi.org/10.1177/875687051503400305>

- Hein, R. M., Wienrich, C., Latoschik, M. E., Human-Computer Interaction, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Am Hubland, D-97074 Würzburg, y Human-Technique Systems, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Oswald-Külpe-Weg 82, D-97074 Würzburg. (2021). A systematic review of foreign language learning with immersive technologies (2001-2020). *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 5(2), 117-145. <https://doi.org/10.3934/electreng.2021007>
- Horst, R., Naraghi-Taghi-Off, R., Diez, S., Uhmman, T., Müller, A., y Dörner, R. (2019). FunPlogs – A Serious Puzzle Mini-game for Learning Fundamental Programming Principles Using Visual Scripting. En G. Bebis, R. Boyle, B. Parvin, D. Koracin, D. Ushizima, S. Chai, S. Sueda, X. Lin, A. Lu, D. Thalmann, C. Wang, y P. Xu (Eds.), *Advances in Visual Computing* (Vol. 11844, pp. 494-504). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33720-9_38
- Im, H., y Rogers, C. (2021). Draw2Code: Low-Cost Tangible Programming for Creating AR Animations. *Interaction Design and Children*, 427-432. <https://doi.org/10.1145/3459990.3465189>
- Ishihara, M., y Rattanachinalai, P. (2022). Learning basic concept of computer programming with path-finding task in ar and its properties. *Education and Information Technologies*, 27(1), 719-742. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10416-9>
- Jin, Q., Liu, Y., Yuan, Y., Yarosh, L., y Rosenberg, E. S. (2020). VWorld: An immersive VR system for learning programming. *Proceedings of the 2020 ACM Interaction Design and Children Conference: Extended Abstracts*, 235-240. <https://doi.org/10.1145/3397617.3397843>
- Jin, Q., Wang, D., Deng, X., Zheng, N., y Chiu, S. (2018). AR-maze: A tangible programming tool for children based on AR technology. *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*, 611-616. <https://doi.org/10.1145/3202185.3210784>
- Kambayashi, Y., Furukawa, K., y Takimoto, M. (2017). Design of Tangible Programming Environment for Smartphones. En C. Stephanidis (Ed.), *HCI International 2017 – Posters' Extended Abstracts* (Vol. 714, pp. 448-453). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58753-0_64
- Kanika, Chakraverty, S., y Chakraborty, P. (2020). Tools and Techniques for Teaching Computer Programming: A Review. *Journal of Educational Technology Systems*, 49(2), 170-198. <https://doi.org/10.1177/0047239520926971>
- Kazimoglu, C. (2020). Enhancing confidence in using computational thinking skills via playing a serious game: A case study to increase motivation in learning computer programming. *IEEE Access*, 8, 221831-221851. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3043278>
- Kim, J., Agarwal, S., Marotta, K., Li, S., Leo, J., y Chau, D. H. (2019). Mixed Reality for Learning Programming. *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children*, 574-579. <https://doi.org/10.1145/3311927.3325335>
- Kitchenham, B., y Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, version 2.3* (EBSE Technical Report EBSE-2007-01; p. 65). School of Computer Science and Mathematics Keele University.
- Liberatore, M. J., y Wagner, W. P. (2021). Virtual, mixed, and augmented reality: A systematic review for immersive systems research. *Virtual Reality*, 25(3), 773-799. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00492-0>
- Lin, P.-H., y Chen, S.-Y. (2020). Design and Evaluation of a Deep Learning Recommendation Based Augmented Reality System for Teaching Programming and

- Computational Thinking. *IEEE Access*, 8, 45689-45699. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2977679>
- Magnenat, S., Ben-Ari, M., Klinger, S., y Sumner, R. W. (2015). Enhancing Robot Programming with Visual Feedback and Augmented Reality. *Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 153-158. <https://doi.org/10.1145/2729094.2742585>
- Masso, N., y Grace, L. (2011). Shapemaker: A game-based introduction to programming. *2011 16th International Conference on Computer Games (CGAMES)*, 168-171. <https://doi.org/10.1109/CGAMES.2011.6000334>
- Mehmood, E., Abid, A., Farooq, M. S., y Nawaz, N. A. (2020). Curriculum, Teaching and Learning, and Assessments for Introductory Programming Course. *IEEE Access*, 8, 125961-125981. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008321>
- Mesia, N. S., Sanz, C., y Gorga, G. (2016). Augmented Reality for Programming Teaching. Student Satisfaction Analysis. *2016 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 165-171. <https://doi.org/10.1109/CTS.2016.0045>
- Mina, D., Salah, J., y Abdennadher, S. (2022). ARcode: Programming for Youngsters Through AR. En F. De la Prieta, R. Gennari, M. Temperini, T. Di Mascio, P. Vittorini, Z. Kubincova, E. Popescu, D. Rua Carneiro, L. Lancia, y A. Addone (Eds.), *Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning, 11th International Conference* (Vol. 326, pp. 65-74). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86618-1_7
- Mystakidis, S., Christopoulos, A., y Pellas, N. (2021). A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10682-1>
- Nesenbergs, K., Abolins, V., Ormanis, J., y Mednis, A. (2020). Use of Augmented and Virtual Reality in Remote Higher Education: A Systematic Umbrella Review. *Education Sciences*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.3390/educsci11010008>
- Oberhauser, R., y Lecon, C. (2017). Virtual Reality Flythrough of Program Code Structures. *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2017*, 1-4. <https://doi.org/10.1145/3110292.3110303>
- Ortega, F. R., Bolivar, S., Bernal, J., Galvan, A., Tarre, K., Rishe, N., y Barreto, A. (2017). Towards a 3D Virtual Programming Language to increase the number of women in computer science education. *2017 IEEE Virtual Reality Workshop on K-12 Embodied Learning through Virtual & Augmented Reality (KELVAR)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/KELVAR.2017.7961558>
- Parmar, D., Isaac, J., Babu, S. V., D'Souza, N., Leonard, A. E., Jorg, S., Gundersen, K., y Daily, S. B. (2016). Programming moves: Design and evaluation of applying embodied interaction in virtual environments to enhance computational thinking in middle school students. *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*, 131-140. <https://doi.org/10.1109/VR.2016.7504696>
- Pellas, N., Kazanidis, I., Konstantinou, N., y Georgiou, G. (2017). Exploring the educational potential of three-dimensional multi-user virtual worlds for STEM education: A mixed-method systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 22(5), 2235-2279. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9537-2>
- Pellas, N., y Vosinakis, S. (2018a). Learning to Think and Practice Computationally via a 3D Simulation Game. En M. E. Auer y T. Tsiatsos (Eds.), *Interactive Mobile*

- Communication Technologies and Learning* (Vol. 725, pp. 550-562). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75175-7_54
- Pellas, N., y Vosinakis, S. (2018b). The effect of simulation games on learning computer programming: A comparative study on high school students' learning performance by assessing computational problem-solving strategies. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2423-2452. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9724-4>
- Pierre, F., Zhao, F., y Koufakou, A. (2020). Learning programming in virtual reality environments. En X. Fang (Ed.), *HCI in Games* (Vol. 12211, pp. 448-457). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50164-8_33
- Pirker, J., Dengel, A., Holly, M., y Safikhani, S. (2020). Virtual Reality in Computer Science Education: A Systematic Review. *26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1-8. <https://doi.org/10.1145/3385956.3418947>
- Pratisto, E. H., Thompson, N., y Potdar, V. (2022). Immersive technologies for tourism: A systematic review. *Information Technology & Tourism*, 24(2), 181-219. <https://doi.org/10.1007/s40558-022-00228-7>
- Quaye, A. M., y Dasuki, S. I. (2017). A Computational Approach to Learning Programming Using Visual Programming in a Developing Country University. En P. J. Rich y C. B. Hodges (Eds.), *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking* (pp. 121-134). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1_8
- Quéau, P. (1995). *Lo virtual: Virtudes y vértigos*. Paidós.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., y Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Ramos, C., y Patino, T. (2016). Program with Ixquic: Educative Games and Learning in Augmented and Virtual Environments. *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 1-2. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2016.7590359>
- Rodger, S. H., Brown, D., Hoyle, M., MacDonald, D., Marion, M., Onstwedder, E., Onwumbiko, B., y Ward, E. (2014). Weaving computing into all middle school disciplines. *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education - ITiCSE '14*, 207-212. <https://doi.org/10.1145/2591708.2591754>
- Sajjanhar, A., y Faulkner, J. (2019). Second life as a learning environment for computer programming. *Education and Information Technologies*, 24(4), 2403-2428. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09879-2>
- Schez-Sobrino, S., García, M. Á., Lacave, C., Molina, A. I., Glez-Morcillo, C., Vallejo, D., y Redondo, M. Á. (2021). A modern approach to supporting program visualization: From a 2D notation to 3D representations using augmented reality. *Multimedia Tools and Applications*, 80(1), 543-574. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09611-0>
- Schez-Sobrino, S., Vallejo, D., Glez-Morcillo, C., Redondo, M. Á., y Castro-Schez, J. J. (2020). RoboTIC: A serious game based on augmented reality for learning programming. *Multimedia Tools and Applications*, 79(45-46), 34079-34099. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09202-z>
- Segura, R. J., Pino, F. J., Ogáyar, C. J., y Rueda, A. J. (2020). VR-OCKS: A virtual reality game for learning the basic concepts of programming. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), 31-41. <https://doi.org/10.1002/cae.22172>

- Sharma, S., y Ossuetta, E. (2017). Virtual Reality Instructional Modules in Education Based on Gaming Metaphor. *Electronic Imaging*, 2017(3), 11-18. <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2017.3.ERVR-090>
- Simon, Luxton-Reilly, A., Ajanovski, V. V., Fouh, E., Gonsalvez, C., Leinonen, J., Parkinson, J., Poole, M., y Thota, N. (2019). Pass rates in introductory programming and in other STEM disciplines. *Proceedings of the Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 53-71. <https://doi.org/10.1145/3344429.3372502>
- Singh, G. (2017). Using virtual reality for scaffolding computer programming learning. *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1-2. <https://doi.org/10.1145/3139131.3141225>
- Sittiyuno, S., y Chaipah, K. (2019). ARCode: Augmented Reality Application for Learning Elementary Computer Programming. *2019 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 32-37. <https://doi.org/10.1109/JCSSE.2019.8864173>
- Steffen, J. H., Gaskin, J. E., Meservy, T. O., Jenkins, J. L., y Wolman, I. (2019). Framework of affordances for virtual reality and augmented reality. *Journal of Management Information Systems*, 36(3), 683-729. <https://doi.org/10.1080/07421222.2019.1628877>
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- Stigall, J., y Sharma, S. (2017). Virtual reality instructional modules for introductory programming courses. *2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 34-42. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2017.7910245>
- Suh, A., y Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>
- Swidan, A., Hermans, F., y Smit, M. (2018). Programming Misconceptions for School Students. *Proceedings of the 2018 ACM Conference on International Computing Education Research*, 151-159. <https://doi.org/10.1145/3230977.3230995>
- T. Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(2-3), 355-385.
- Tan, K. S. T., y Lee, Y. (2017). An Augmented Reality Learning System for Programming Concepts. En K. Kim y N. Joukov (Eds.), *Information Science and Applications 2017* (Vol. 424, pp. 179-187). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4154-9_22
- Tanielu, T., 'Akau'ola, R., Varoy, E., y Giacaman, N. (2019). Combining Analogies and Virtual Reality for Active and Visual Object-Oriented Programming. *Proceedings of the ACM Conference on Global Computing Education*, 92-98. <https://doi.org/10.1145/3300115.3309513>
- Theethum, T., Arpornrat, A., y Vittayakorn, S. (2021). Thinkercise: An educational VR game for Python programming. *2021 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 439-442. <https://doi.org/10.1109/ECTI-CON51831.2021.9454730>
- Theodoropoulos, A., y Lepouras, G. (2021). Augmented Reality and programming education: A systematic review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100335. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100335>
- Vincur, J., Konopka, M., Tvarozek, J., Hoang, M., y Navrat, P. (2017). Cubely: Virtual

- reality block-based programming environment. *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1-2. <https://doi.org/10.1145/3139131.3141785>
- Vosinakis, S., Anastassakis, G., y Koutsabasis, P. (2018). Teaching and learning logic programming in virtual worlds using interactive microworld representations: Teaching logic programming in virtual worlds. *British Journal of Educational Technology*, 49(1), 30-44. <https://doi.org/10.1111/bjet.12531>
- Vosinakis, S., Koutsabasis, P., y Anastassakis, G. (2014). A Platform for Teaching Logic Programming Using Virtual Worlds. *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 657-661. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2014.193>
- Wee, C., y Yap, K. M. (2021). Design and Analysis of a Virtual Reality Game to Address Issues in Introductory Programming Learning. En N. Shaghghi, F. Lamberti, B. Beams, R. Shariatmadari, y A. Amer (Eds.), *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment* (Vol. 377, pp. 243-254). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76426-5_16
- Wee, C., Yap, K. M., y Lim, W. N. (2022). iProgVR: Design of A Virtual Reality Environment to Improve Introductory Programming Learning. *IEEE Access*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204392>
- Yi-Ming Kao, G., y Ruan, C.-A. (2022). Designing and evaluating a high interactive augmented reality system for programming learning. *Computers in Human Behavior*, 132, 107245. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107245>
- Zhang, M., Zhang, Z., Chang, Y., Aziz, E.-S., Esche, S., y Chassapis, C. (2018). Recent developments in game-based virtual reality educational laboratories using the Microsoft kinect. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 13(01), 138. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i01.7773>