

Arquitecturas de Software para el Desarrollo de Juegos Serios. Una Revisión Sistemática

Software Architectures for Serious Game Development. A Systematic Literature Review

Juan Carlos Sandí-Delgado

Universidad de Costa Rica
Sede del Atlántico
Limón, Costa Rica
juan.sandidelgado@ucr.ac.cr
orcid.org/0000-0003-3932-3045

Patricia Alejandra Bazán

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Informática
Buenos Aires, Argentina
pbaz@mail.info.unlp.edu.ar
orcid.org/0000-0001-6720-345X

RESUMEN: Este artículo reúne los resultados obtenidos de una revisión sistemática de literatura, en la cual se utilizan tanto fuentes como una metodología novedosa con el objetivo de analizar y comparar arquitecturas de software propuestas para el desarrollo de videojuegos, en particular, juegos serios orientados a la formación de competencias tecnológicas. Se realizó un análisis complejo y exhaustivo de 13 propuestas arquitectónicas a la luz de un protocolo de revisión sistemática. Se definieron cuatro categorías: a- Aspectos generales, b- Aspectos arquitectónicos, c- Aspectos pedagógicos y d- Aspectos de análisis. Entre los resultados se obtuvo que, en su mayoría, las propuestas arquitectónicas han sido pensadas para uso en educación superior/universitaria, así como para ser ejecutadas como aplicaciones web (donde se considera de importancia la reutilización de componentes) y, principalmente, con el propósito de ser utilizadas para el desarrollo de videojuegos a nivel general. Se concluye que no se identifica una propuesta arquitectónica para el desarrollo de juegos serios como tal. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos, se ha elaborado una lista con las principales consideraciones que podrían tomar en cuenta los desarrolladores de software al implementar un diseño arquitectónico para un juego serio cuya intención pedagógica sea la formación de competencias tecnológicas, la cual resulta de relevancia y trascendencia a nivel nacional e internacional para los desarrolladores de videojuegos al brindar una línea base de investigación.

PALABRAS CLAVE: diseño arquitectónico, juegos serios, video juego, formación de competencias tecnológicas, educación superior.

ABSTRACT: This article brings together the results obtained through a systematic review of literature, in which both sources and a novel methodology are used to analyze and compare software architectures proposed for the development of video games, in particular, serious games oriented to the formation of technological competencies. A complex and exhaustive analysis of 13 architectural proposals was carried out in light of a systematic review protocol. Four categories were defined: a- General aspects, b- Architectural aspects, c- Pedagogical aspects, and d- Analysis aspects. The results showed that the architectural proposals had been mostly designed for their use at the higher education/university level. The results also made evident that the architectural proposals were executed as web applications in which their reuse of components is considered significant. They were mainly used to develop video games at a general level. It is concluded that an architectural proposal for the development of serious games as such is not identified. However, based on the results obtained, a checklist has been prepared with the primary considerations that software developers could consider when implementing an architectural design for a serious game. This checklist holds a pedagogical intention to form technological skills which will be relevant and transcendent at a national and international level for video game developers by providing a research baseline.

KEYWORDS: architectural design, serious games, video games, training in technological skills, higher education.

Recibido: 22-08-22 | Aceptado: 1-02-23

CÓMO CITAR (APA): Sandí Delgado, J.C., Bazán, P. (2023). Arquitecturas de Software para el Desarrollo de Juegos Serios. Una Revisión Sistemática de Literatura. *InterSedes*, 24(50), 360-404. DOI 10.15517/isucr.v24i50.54011

Publicado por la Editorial Sede del Pacífico, Universidad de Costa Rica

Introducción

La innovación de los procesos formativos ha sido un tema de relevancia en las últimas décadas, por ello, diferentes autores (Archuby et al., 2018; Sandí-Delgado et al., 2022; Sandí-Delgado & Bazán, 2021) indican que una forma de innovar en los procesos formativos apoyados con las TIC ha sido la incorporación de los juegos digitales educativos dentro de las metodologías de enseñanza y aprendizaje, tal es el caso de Boyle et al. (2011), quienes señalan que los juegos serios recientemente han tomado un giro y se han convertido en un potencial para el aprendizaje, la adquisición de habilidades, cambios de actitud y comportamiento.

Los juegos serios pueden ser considerados como recursos tecnológicos innovadores que podrían permitir una potencialización del aprendizaje activo; además, favorecen la adquisición nuevas habilidades y competencias digitales a través de la alfabetización tecnológica (Qian & Clark, 2016; Romero et al., 2015).

Por ello, resulta de interés para esta investigación indagar y analizar un conjunto de arquitecturas que hayan sido propuestas para el diseño y desarrollo de videojuegos y, en particular, juegos serios; y, a partir de los resultados obtenidos, elaborar una lista con las principales consideraciones que podrían tomar en cuenta los desarrolladores de software al implementar un diseño arquitectónico para un juego serio cuya intención pedagógica sea la formación de competencias tecnológicas, y que, a su vez, pueda servir de referencia o base a nivel nacional e internacional a distintos sectores (empresarial o educativo).

Marco teórico

Según (Archuby et al., 2017, p. 14) los juegos serios “son aquellos que poseen un propósito educacional explícito y cuidadosamente pensado, y no han sido concebidos para ser jugados principalmente como modo de entretenimiento”. En esta línea, varios autores (Abt, 1970; Kwon & Lee, 2016) indican que los juegos serios facilitan la adquisición de habilidades en diferentes áreas del conocimiento a

través de juegos, instrucción, simulación, entrenamiento o educación, y facilitan principalmente el placer y la motivación.

Para los autores Sandí-Delgado & Bazán (2021) un juego serio se podría definir como aquel juego que tiene un enfoque que va más allá del entretenimiento o la diversión, el cual posee un propósito educativo explícito y cuidadosamente pensado, es decir, se puede utilizar para potenciar diferentes áreas del conocimiento, ofrecer un aprendizaje, apoyar procesos formativos, promover cambios de actitud o comportamiento, generar emociones, potenciar la adquisición de habilidades o competencias, entre otros. Se caracteriza principalmente por ser atractivo, interactivo, entretenido-dinámico, motivador, desafiante, fácil de utilizar, con la capacidad de estimular la colaboración, el razonamiento y el pensamiento crítico.

Antecedentes de uso de juegos serios en procesos de desarrollo de competencias TIC

En las investigaciones previas (Sandí-Delgado et al., 2018; Sandí-Delgado & Bazán, 2017; Sandí-Delgado & Cruz-Alvarado, 2018) Buenos Aires, Argentina”, “publisher-place”: “Buenos Aires, Argentina”, “title”: “Juegos serios para la indagación de competencias tecnológicas que puedan integrarse en la práctica pedagógica del profesorado. Una propuesta de aplicación en la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica (UCR) se han identificado experiencias de uso de diferentes juegos serios para potenciar la formación y adquisición de competencias o habilidades tecnológicas en los jugadores en diferentes países, las cuales se describen brevemente a continuación:

En Argentina, hay evidencia de la utilización de dos juegos diseñados y desarrollados en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). El primero, denominado *RITA* (*Robot Inventor to Teach Algorithms*), fue diseñado por Vanessa del Carmen Aybar Rosales como parte de la investigación para alcanzar el grado de Licenciatura en Informática, la investigación estuvo dirigida por las licenciadas Claudia Queiruga y Claudia Banchoff (Sandí-Delgado et al., 2018; Sandí-Delgado & Sanz, 2018).

El juego tiene como objetivo potenciar la formación de habilidades y conocimientos tecnológicos, específicamente en el área de la programación por bloques, mediante la estimulación de la lógica de la programación y la algoritmia; permite al jugador adquirir conocimientos básicos en programación orientada a objetos y conocimientos del lenguaje Java (Aybar et al., 2012; Queiruga et al., 2012).

El segundo juego serio diseñado en Argentina por la UNLP es AstroCódigo, el cual fue diseñado y desarrollado por Javier Bione y Pablo Miceli como proyecto final de tesis de grado. La investigación estuvo dirigida por la Dra. Cecilia Verónica Sanz y la Lic. Verónica Artola. El objetivo principal del juego consiste en acercar al jugador a los conceptos básicos de programación; secuencias de instrucciones, estructuras de control y algoritmia en general (Sandí-Delgado et al., 2018; Sandí-Delgado & Sanz, 2018). AstroCódigo potencia la formación de competencias tecnológicas, en programación y resolución de problemas a través de la utilización de secuencias de instrucción y estructuras de control, las cuales permiten el arrastre de bloques para la programación de algoritmos (Bione et al., 2017b, 2017a; Sandí-Delgado & Sanz, 2018; Sanz et al., 2018).

En Irlanda, se ha diseñado y desarrollado el juego serio GSD Sim, el cual es un juego serio educativo del tipo simulación, desarrollado por los investigadores Tom Mason, Kevin Farrell, Miles McGuire y Ross McKinley del “Centro de Investigación de Ingeniería de Software de Irlanda”.

El objetivo principal de GSD SIM consiste en potenciar las habilidades de los jugadores en el desarrollo de software global (GSD, *Global Software Development*). El juego posibilita al jugador vivenciar de una forma más realista, divertida y entretenida las dificultades que implica el GSD desde el punto de vista de un gerente de proyecto, en un tiempo mucho más corto y a un costo menor que un proyecto de GSD real, permitiendo potenciar la mejora en habilidades y destrezas, formación de competencias tecnológicas, trabajo colaborativo y el *feedback* (Clear et al., 2016; Noll et al., 2010, 2014; Sandí-Delgado & Sanz, 2018).

En Francia, se creó el juego serio *Tamagocours*, desarrollado por Erick Sánchez, del Instituto de Educación Francés. *Tamagocours*

es un juego colaborativo en línea desarrollado con el propósito de ser utilizado para entrenar al personal docente en competencias pedagógicas a nivel de educación superior que les permitan usar e integrar las TIC en los procesos formativos; competencias relacionadas con el uso de recursos digitales en los salones de clase, principalmente enfocadas en asimilar reglas de derechos de *copyright* para la utilización de material didáctico (Sánchez et al., 2015; Sánchez & Emin-Martínez, 2014).

En Estados Unidos de América, se diseñó y desarrolló *Cisco Packet Tracer*, el cual es un juego serio de simulación utilizado para potenciar competencias tecnológicas y de gestión a través del entrenamiento y el aprendizaje técnico, de forma visual e interactiva. Fue desarrollado por *Cisco Systems* para ser utilizado principalmente en la *Cisco Networking Academy* (Cabarkapa, 2015; Frezzo et al., 2009; Janitor et al., 2010).

Se considera un juego serio ya que un grupo de docentes e investigadores del departamento de Informática de la Universidad Técnica de Cluj-Napoca, en Rumania, desarrollaron un módulo que integra *Cisco Packet Tracer* con *Moodle* para potenciar estrategias de e-learning. El módulo denominado “*PTActivity*” permite integrar plataformas e-learning con herramientas de simulación de red, además, ofrece un *feedback* automático tanto para el estudiantado como para el profesorado (Petcu et al., 2013).

En Brasil, se desarrolló el juego *DEBORAH Game*, el cual fue creado por Edgard Cornacchione del laboratorio de educación tecnológica en Contabilidad de la Universidad de São Paulo. *DEBORAH Game* es un juego serio que tiene como objetivo potenciar competencias tecnológicas y contables tanto en el profesorado como en el estudiantado (DEBORAH Game, 2017; Malaquias et al., 2018).

Es importante mencionar que se ha realizado un relevamiento de juegos serios utilizados en la formación o adquisición de competencias y habilidades tecnológicas en particular, sin embargo, existen antecedentes de utilización de juegos serios para la formación o adquisición de competencias en otras áreas del conocimiento, tal como el caso de Holanda, donde se desarrolló el juego serio *Frecuency 1550*, el cual tiene como objetivo la formación de

competencias sociales y culturales del país, específicamente todo lo relacionado con la historia medieval de la ciudad de Ámsterdam (Apezteguía et al., 2014; Waag-Society, 2019).

En esta línea, en Canadá se ha desarrollado el juego serio *RollerCoaster Tycoon* para la formación en habilidades en gestión, pensamiento estratégico y de planificación (Romero & Turpo, 2012). Otro ejemplo igualmente canadiense es el juego *Spirits of Spring*, el cual fue desarrollo para concientizar a la población en competencias relacionadas con aspectos sociales, éticos y legales del uso de las TIC, en este caso específico, la prevención de la utilización de la tecnología como medio para el *bullying* (OmniumGames, 2014).

Finalmente, se evidencia que los juegos serios han sido utilizados en diferentes países en procesos de formación de competencias tecnológicas.

Metodología

Este apartado aborda y describe diferentes experiencias o investigaciones relacionadas con la implementación de arquitecturas que han sido propuestas para el diseño y desarrollo de videojuegos y, en particular, juegos serios. Las experiencias han sido seleccionadas con base en una metodología novedosa enfocada en la revisión sistemática de la literatura y de acuerdo con el punto de vista de diferentes autores (Calderón & Ruiz, 2015; Cano, 2016; Cano et al., 2016; Kitchenham, 2004, 2007; Kitchenham et al., 2009, 2010; Petersen et al., 2015), quienes definieron un protocolo con recomendaciones detalladas a tener en cuenta para desarrollar este tipo de estudios. Este proceso incluye la planificación, ejecución de la búsqueda y resultados.

Planificación de la búsqueda

En este apartado se definen los aspectos a considerar en la revisión sistemática, en este caso, se consideran preguntas de investigación, las estrategias de búsqueda, las palabras clave y cadenas

de búsqueda, los criterios de inclusión o exclusión del material bibliográfico, la definición del proceso para desarrollar una selección preliminar y final de los estudios primarios encontrados.

Ejecución de la búsqueda

Entre las decisiones tomadas para esta investigación, se encuentran:

- a. **Preguntas de investigación:** Para cumplir con los objetivos de la investigación se definieron dos preguntas de investigación: 1. ¿Cuáles arquitecturas se han utilizado para el diseño de videojuegos o juegos serios?, ¿qué antecedentes existen en este sentido? 2. ¿Qué aspectos arquitectónicos se consideran en la literatura para el diseño de juegos serios?
- b. **Estrategias de búsqueda:** Se decidió indagar en diferentes bases de datos científicas y académicas, tales como IEEE Xplore, ScienceDirect y Springer, para localizar artículos en revistas, libros o capítulos de estos, tesis, reportes de investigación y actas de congresos (Martínez, 2016).
- c. **Palabras claves y cadenas de búsqueda:** La búsqueda se conformó a través de palabras clave y cadenas de búsqueda en español e inglés, tales como competencias tecnológicas - *technological skills*, competencias digitales - *digital competences*, tecnologías digitales - *digital technologies*, tecnologías de la información y la comunicación (TIC) - *information and communication technologies* (ICT), juegos serios - *serious games*, computación en la nube - *cloud computing*, arquitectura de software - *software architecture*, metodologías - *methodologies*.
- d. **Criterios de inclusión:** Para la inclusión de los documentos primarios localizados, se establecieron los siguientes criterios: Referencias en idioma español e inglés. Referencias electrónicas de texto completo. Documentos que definen

el concepto de competencias o competencias tecnológicas. Documentos que definen y describen el concepto de juegos serios. Documentos que definen o describen metodologías específicas que permiten llevar adelante el desarrollo de juegos serios para la formación de competencias tecnológicas. Documentos que definen o describen arquitecturas y modelos de despliegue que permiten llevar adelante el desarrollo de juegos serios para la formación de competencias tecnológicas.

- e. **Criterio de exclusión:** Referencias con idioma distinto al español e inglés. Referencias a las que no se logró tener acceso al texto completo. Referencias que no indicaban la autoría o fecha de publicación. Referencias publicadas en revistas sin referato internacional. Referencias con temas no relacionados con el objetivo de investigación.
- f. **Proceso para la selección preliminar:** Se inició con un proceso de selección preliminar al ejecutarse las cadenas de búsqueda en las fuentes seleccionadas, luego se procedió a realizar una lectura del título, palabras claves y resumen de cada una de las referencias bibliográficas encontradas, a las cuales se les aplicó los criterios de inclusión y exclusión, con el propósito de generar la lista de referencias a considerar para una lectura completa y minuciosa. En algunas ocasiones, una misma referencia facilitaba el acceso a otras fuentes bibliográficas relacionadas con el tema en estudio, ya fuese del mismo o de diferentes autores, a las cuales se les aplicó por igual los criterios de inclusión y exclusión según fuese el caso.
- g. **Proceso para la selección final:** Una vez concluida la fase preliminar, se procedió con la fase final, en la cual se realizó lectura completa de las referencias seleccionadas a las cuales se les volvió a aplicar los criterios de inclusión y exclusión para garantizar que estaban relacionadas con el objetivo de la investigación y, en caso de no estarlo, no fueron consideradas.

Resultados de la búsqueda

Para llevar adelante la revisión, se establecen categorías y criterios que permiten analizar las fuentes primarias localizadas en función de los objetivos de estudio propuestos. Se definen cuatro categorías de análisis: 1- aspectos generales, 2- aspectos de arquitectónicos, 3- aspectos pedagógicos y 4-aspectos de análisis. Luego, se procede a describir a nivel general cada una de las experiencias o investigaciones seleccionadas, donde se aborda el objetivo principal de cada investigación, así como la respectiva caracterización de la propuesta arquitectónica ofrecida por cada investigador.

Para brindar contexto a las categorías y criterios de análisis, se describe cada uno de ellos. Posteriormente, se procede a la aplicación de los criterios para cada una de las experiencias identificadas, así como su respectivo análisis a partir de los resultados obtenidos. Por último, se presentan las respectivas conclusiones vinculadas con los aspectos más relevantes identificados en las propuestas arquitectónicas para el diseño de videojuegos o juegos serios analizadas.

En el próximo apartado se aborda y describe cada uno de los criterios que servirán de guía para realizar el análisis de las experiencias o propuestas arquitectónicas de videojuegos o juegos serios seleccionadas para el estudio.

Definición de los criterios de análisis

A partir de la revisión sistemáticas de literatura, se identificó una serie de documentos primarios que describen la aplicación de diferentes tipos de propuestas vinculadas con arquitecturas para el diseño y desarrollo de videojuegos. Al igual que en el apartado correspondiente al análisis de las metodologías diseñadas para el desarrollo de juegos serios, se aclara que estas propuestas arquitectónicas varían de acuerdo con el autor o investigador que las analiza y del objetivo propio de cada investigación.

Para alcanzar el objetivo de investigación propuesto, se establecen criterios para orientar el análisis de un grupo de propuestas o experiencias identificadas previamente. Para la selección de los

criterios, se tomaron como referencia los propuestos en las investigaciones realizadas por diversos autores (Calderón & Ruiz, 2015; Cano, 2016; Cano et al., 2016; Kitchenham, 2004, 2007; Kitchenham et al., 2009, 2010; Petersen et al., 2015; Sandí-Delgado & Bazán, 2019); estos criterios permiten identificar y describir propuestas arquitectónicas para el diseño de videojuegos, en particular, los juegos serios.

Para describir y analizar las investigaciones (fuentes primarias) relacionadas con las propuestas arquitectónicas para el desarrollo de videojuegos o juegos serios, se definen 4 categorías con diferentes criterios de análisis cada una:

- A. Aspectos generales:** Los criterios de esta categoría son afines a las propuestas arquitectónicas o experiencias por analizar. Los indicadores, permiten identificar el país e idioma de procedencia y el nivel educativo al que está dirigida.
- B. Aspectos de arquitectónicos:** Los criterios de esta categoría están vinculados con la forma en que se definen los aspectos arquitectónicos de las experiencias por analizar. Se pretende identificar si las propuestas han sido fundamentadas en alguna arquitectura en específico, así como determinar los dispositivos para los cuales han sido orientadas. Igualmente, determinar si la propuesta incluye la reutilización de componentes.
- C. Aspectos pedagógicos:** Los criterios presentes en esta categoría permiten conocer los destinatarios de la arquitectura, el propósito o intención de la arquitectura y, el nivel de complejidad de uso.
- D. Aspectos de análisis:** Esta categoría busca conocer el tipo de producto final a desarrollar con la arquitectura, así como identificar los posibles resultados que se han obtenido al implementarla o utilizarla. Finalmente, determinar el tipo de ayuda que se ofrece al usuario.

En la Tabla 1, se puede observar la clasificación de los criterios en cada una de las categorías detalladas (aspectos generales, aspectos arquitectónicos, aspectos pedagógicos y aspectos de análisis).

TABLA 1
CRITERIOS DEFINIDOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS
ARQUITECTÓNICAS

Categoría	Criterios
Aspectos generales	País donde desarrolla la propuesta arquitectónica. Idioma de la propuesta. Nivel educativo.
Aspectos arquitectónicos	Fundamentación. Tipo de dispositivo al que está orientada la arquitectura. Reutilización de componentes.
Aspectos pedagógicos	Definición de destinatarios de la arquitectura. Propósito o intención de la arquitectura. Nivel de complejidad.
Aspectos de análisis	Tipo de producto a desarrollar (juego). Resultados de utilización obtenidos. Guías o ayudas disponibles.

De acuerdo con las categorías y criterios definidos en la Tabla 1, se realiza una breve descripción de los criterios de análisis propuestos para la revisión y estudio de las iniciativas o propuestas arquitectónicas para el diseño de videojuegos o juegos serios, con el propósito de brindar contexto o significado a cada uno y posteriormente, hacer más fácil su comprensión.

A. Aspectos generales

En esta categoría se consideran tres criterios: país donde desarrolla la investigación o propuesta arquitectónica, el idioma y el nivel educativo. Este último criterio permite identificar el nivel educativo al que está dirigida la propuesta arquitectónica. Puede ser a nivel de educación especial, primaria, secundaria o superior/universitaria (grado y postgrado).

B. Aspectos arquitectónicos

Esta categoría reúne tres criterios: fundamentación, tipo de dispositivo al que está orientada la arquitectura y reutilización de componentes.

- **Fundamentación:** Este criterio permite identificar el fundamento o base que los investigadores han tomado de referencia para el diseño de la arquitectura. Los posibles valores para este criterio son; SOA, MVC, SE, ARGILE, ArJuS, entre otras.
- **Tipo de dispositivo al que está orientada la arquitectura:** Este criterio permite identificar el tipo de dispositivo al que está orientada la arquitectura. Los posibles valores para este criterio son: aplicación móvil, aplicación de escritorio o aplicación web.
- **Reutilización de componentes:** Este criterio permite identificar si en las arquitecturas o investigaciones analizadas se considera la reutilización de componentes. Los posibles valores para este criterio son: sí / no.

C. Aspectos pedagógicos

Esta categoría engloba tres criterios: definición de destinatarios de la arquitectura, propósito o intención de la arquitectura y nivel de complejidad.

- **Definición de destinatarios de la arquitectura:** Este criterio hace referencia al público meta para el cual está orientada la

arquitectura, es decir, la población en específico, tal como desarrolladores, programadores, docentes o estudiantes.

- **Propósito o intención de la arquitectura:** Este criterio hace referencia al objetivo que caracteriza a la arquitectura, es decir, la habilidad o competencia que se pretende potenciar. Los valores posibles por obtener se vinculan con la formación o adquisición de habilidades y competencias (competencias genéricas, digitales, ambientales, salud, educación, entre otras) que se desean alcanzar en algún área en específico (área del conocimiento para las cuales han sido diseñadas).
- **Nivel de complejidad:** Este criterio permite determinar el grado de complejidad de la propuesta arquitectónica. Es decir, si la arquitectura es amigable con usuarios no expertos en el área de tecnologías. Los posibles valores para este criterio son: nivel bajo (personas con conocimientos muy básicos en herramientas de ofimática o nulos), nivel medio (requiere que las personas usuarias posean conocimientos avanzados en uso y ampliación de diferentes herramientas tecnológicas y, nivel alto (requiere que las personas usuarias dominen lenguajes de programación).

D. Aspectos de análisis

En esta categoría se incluyen tres criterios: tipo de producto a desarrollar, resultados obtenidos y guías o ayudas disponibles:

- **Tipo de producto a desarrollar:** Este criterio permite determinar el producto a desarrollar con la propuesta arquitectónica. Los posibles valores para este criterio son: videojuego común, juego serio, otro. En todos los casos se identifica el nombre del producto a desarrollar.
- **Resultados de utilización obtenidos:** Este criterio permite determinar si se identifican resultados académicos y científicos que respalden los hallazgos obtenidos a partir de la implementación de la propuesta arquitectónica.

- **Guías o ayudas disponibles:** Este criterio permite analizar si en las experiencias seleccionadas se identifica algún tipo de ayuda que puede brindar la arquitectura a los usuarios (manuales, tutoriales, guías de apoyo, preguntas frecuentes, entre otros).

Recopilación de investigaciones o estudios primarios relacionados con propuestas de arquitecturas para el diseño y desarrollo de videojuegos

A partir de la revisión sistemática de literatura, se identifica un conjunto de investigaciones y estudios primarios vinculados con propuestas arquitectónicas para el desarrollo de videojuegos o juegos serios, las cuales han sido seleccionadas para el análisis y se pueden observar en la Tabla 2. Es importante indicar que los estudios primarios seleccionados fueron localizados en bases de datos internacionales con altos índices de rigurosidad y factor de impacto, tales como IEEE explore, Springer, ELSEVIER, entre otros, lo cual garantiza la calidad de los resultados presentados en dichas referencias. Este apartado permite brindar respuesta a la primera pregunta de investigación.

TABLA 2
ESTUDIOS PRIMARIOS SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS

Autor/es	Nombre de la referencia / estudio primario	Fuente
(Maggiorini et al., 2016)	SMASH: A Distributed Game Engine Architecture.	IEEE Xplore
(El Mawas, 2014)	An Architecture for Co-designing Participatory and Knowledge-intensive Serious Games	IEEE Xplore

(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)	Arquitectura de Software para Juegos Serios con Aspectos Culturales: Caso de Estudio en un Videojuego para Formulas Temperatura	Semantic Scholar
(Söbke & Streicher, 2016)	Serious Games Architectures and Engines	Springer
(Stavrev et al., 2018)	Concepts for distributed input independent architecture for serious games	Research Gate
(Flores et al., 2019)	Arquitectura de un juego serio inteligente basado en retos de matemáticas básicas	Semantic Scholar
(Mizutani et al., 2021)	Software architecture for digital game mechanics: A systematic literature review	ELSEVIER
(Ollsson et al., 2015)	Evolution and Evaluation of the Model-View-Controller Architecture in Games	IEEE Xplore
(Carvalho et al., 2015)	Towards a Service-Oriented Architecture framework for educational serious games	IEEE Xplore
(Scacchi, 2017)	Practices and Technologies in Computer Game Software Engineering	IEEE Xplore
(Yessad et al., 2010)	SeGAE: Serious Game Authoring Environment	IEEE Xplore
(Costa et al., 2016)	Architecture to Portals of Serious Games and Virtual Environments with Performance Evaluation during Sequences of Activities	IEEE Xplore
(Ismail & Belkhouche, 2019)	A Reusable Software Architecture for Personalized Learning Systems	IEEE Xplore

A continuación, se describe cada una de las metodologías citadas, las cuales han sido diseñadas en diferentes países, por ende, los resultados son de impacto a nivel nacional e internacional, debido a los aportes que pueden ser de utilidad para los desarrolladores de videojuegos tanto en el sector industrial como a nivel educativo.

Propuesta de Maggiorini et al.

Los investigadores italianos Maggiorini et al. (2016) proponen una arquitectura distribuida para motores de juego, la cual denominaron (SMASH, *Stackless Microkernel Architecture for Shared environments*) (Arquitectura de Microkernel sin Pila para Entornos Compartidos). SMASH permite dividir un motor de juego en múltiples módulos de software dinámicos e independientes, que interactúan entre sí a través de mensajes por bus, al estilo de *microkernel*. Para probar la funcionalidad de la arquitectura, se implementó un juego de rompecabezas: un simulador de cubo de Rubik. En este juego se utilizaron tres computadoras conectadas en Full Mesh, cada una corriendo una copia independiente del prototipo. Cada computadora poseía módulos diferentes encargados de distintas funciones: una vela por la simulación del modelo, otra por los inputs y el renderizado en 2D, y otra por el renderizado en 3D del cubo. Durante las pruebas de rendimiento se obtuvo como resultado que el sistema es apto para albergar una aplicación de tiempo real, tal como los juegos serios (Maggiorini et al., 2016).

Propuesta de El Mawas

En Francia, el investigador El Mawas (2014) presenta por primera vez la arquitectura para representaciones, juegos, interacciones y aprendizaje entre expertos (ARGILE, *Architecture for Representations, Games, Interactions, and Learning among Experts*), la cual ha sido considerada como apropiada para juegos serios participativos e intensivos en la adquisición de habilidades y conocimiento. El propósito de la investigación

consiste en ofrecer una arquitectura para el diseño de juegos serios que permitan potenciar la adquisición y formación de competencias en prácticas de gestión de crisis, toma de decisiones en sistemas sociotécnicos complejos, donde el conocimiento transmitido se encuentra en evolución continua. Ahora bien, las reglas y los objetivos del juego son directamente generados de un foro especial de discusión. En este sentido, se propone un conjunto de criterios, metodologías y experimentos para verificar que las reglas y objetos del juego sean fácilmente anotados, discutidos y modificados por entrenadores y expertos del área mediante el uso de ARGILE. Además, el autor propone una clasificación donde se toma en cuenta la simplicidad en términos del uso del dispositivo, la colaboración entre diseñadores, guía para los diseñadores y el involucramiento de expertos en la fase de diseño.

Propuesta de Gutiérrez-Hernández et al.

En México, los investigadores Gutiérrez-Hernández et al. (2013) propusieron una arquitectura que integra aspectos culturales para un juego serio multicultural. La arquitectura se diseñó pensando en juego serios que posean diversas actividades lúdicas y de aprendizaje. Ahora bien, se utilizó la arquitectura para desarrollar un juego serio llamado “Fórmulas Temperatura”, el cual permitió capturar diferentes mediciones entre países y regiones (Gutiérrez-Hernández et al., 2013). Estos mismos investigadores propusieron un modelo arquitectónico que presente aspectos culturales con el fin de facilitar el diseño y producción de juegos serios educativos, para identificar cómo se reflejan las características culturales de la arquitectura de software y qué personal se involucra en el proceso de desarrollo. La arquitectura propuesta se basó en seis facetas (objetivos pedagógicos, dominio de simulación, interacciones con la simulación, problemas y progresión), para ello se consideraron los aspectos culturales de la experiencia pedagógica y la de diseño de videojuego.

Propuesta de Söbke y Streicher

En Alemania, los investigadores Söbke y Streicher (2016) a modified swastika shaped slotted (MSSS realizaron un compendio de varias arquitecturas de software, así como ejemplos para motores de juego. Los investigadores recalcan que la inclusión de personas de diferentes áreas del conocimiento juega un papel importante en la comunicación y la formación de equipos de trabajo en el desarrollo de videojuegos.

Propuesta de Flores et al.

En México, el Instituto para la Evaluación de la Educación aplicó en 2018 las pruebas PLANEA a 100.000 estudiantes de 6to año. Estas pruebas tenían el propósito de evaluar los aprendizajes en diversas áreas. En este sentido, los resultados obtenidos en el área de matemáticas fueron preocupantes, ya que más de la mitad del estudiantado se encontraba en un nivel insuficiente (el 59% del estudiantado poseía un nivel insuficiente; el 18%, un nivel básico; el 15%, un nivel satisfactorio y el 8%, un nivel sobresaliente). Por ello, como estrategia didáctica, se diseñaron e implementaron diferentes técnicas de aprendizaje, entre ellas, el uso e integración de los juegos serios en los procesos formativos del estudiantado. Los investigadores (Flores et al., 2019) se proponen crear un juego serio que incorpore esas técnicas de aprendizaje, y además proponen la arquitectura para dicho juego. La intención pedagógica del juego consiste en potenciar el rendimiento del estudiantado en el área de matemáticas.

Propuesta de Mizutani et al.

En Brasil, los investigadores Mizutani et al. (2021) analizaron 36 estudios que abarcan arquitecturas relacionadas con videojuegos, para ello, realizaron una documentación de reflexiones y compromisos entre los requisitos de diseño, prácticas y restricciones. Según estos autores, la singularidad de la mecánica del juego los hace únicos, lo cual reduce la posibilidad de reutilización del

software, sin embargo, utilizar una arquitectura de software de alto nivel para la mecánica del juego facilitaría la reutilización del software.

Propuesta de Ollsson et al.

En Suecia, los investigadores Ollsson et al. (2015) propusieron el uso del patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC), para facilitar la transición a nuevas tecnologías o a diferentes plataformas mediante la separación del código de juego del código de renderizado. Definieron un modelo con el objetivo de evaluar la calidad entre las diferentes implementaciones de este patrón arquitectónico en cinco proyectos de juegos desarrollados por el mismo equipo para la plataforma Windows.

Para estudiar las variantes y las diferencias de implementación en el patrón arquitectónico MVC en los diferentes juegos, los autores realizan un análisis sistemático del código fuente, definen un modelo de calidad para estudiar si existen diferencias en la calidad del software. Por último, refactorizan uno de los juegos para utilizar una versión más reciente de la arquitectura, con el objetivo de comparar la calidad del software antes y después de la refactorización.

Propuesta de Carvalho et al.

En Italia, los investigadores Carvalho et al. (2015) proponen el uso de la arquitectura orientada a servicios (SOA) como medio para disminuir los costes y el tiempo de desarrollo de los juegos serios. Dicha arquitectura es evaluada por los investigadores mediante un modelo llamado Modelo de Juegos Serios Basados en la Teoría de la actividad (ATMSG), para identificar los componentes relevantes existentes que pueden ser reutilizados para diferentes juegos serios educativos. En este sentido, el objetivo principal de los investigadores consistió en identificar los componentes candidatos de los juegos serios que podrían desarrollarse como servicios para juegos dentro de diferentes géneros y dominios.

Propuesta de Scacchi

En Estados Unidos, Scacchi (2017) realizó un estudio con el objetivo de analizar los aspectos de la ingeniería de software contemporánea de los juegos para computadoras, de esta manera, investigó acerca de las tecnologías de desarrollo mediante un caso práctico de aplicación de técnicas de ingeniería de software a través de la utilización de juegos. Según Scacchi, los juegos de computadora forman parte de un ámbito significativo e interesante para la investigación innovadora en técnicas y tecnologías de ingeniería de software, por ello, el autor destaca la importancia de determinar los posibles intereses comunes que permitan mejorar la manera de diseñar el software para juegos. Para el caso de estudio, Scacchi utilizó el juego llamado “*The Beam Game*”, el cual fue creado para ayudar a comprender la física de los rayos. El juego se llevó a cabo de forma ágil e incremental, de modo que ayudó a identificar los requisitos funcionales o no funcionales. Igualmente, se utilizó un marco arquitectónico de sistema basado en reglas y dirigido por eventos, que apoya la creación rápida de prototipos de medios interactivos o juegos para su despliegue con navegadores web.

Propuesta de Yessad et al.

En Francia, los investigadores Yessad et al. (2010) indican que los videojuegos se han identificado como posibles herramientas de aprendizaje, los cuales permiten alcanzar objetivos pedagógicos (juegos serios). Ahora bien, los mismos investigadores afirman que para lograr incluir los objetivos pedagógicos específicos en un juego, se deben modificar ciertas particularidades del juego; es decir, dependiendo de las características que posea o no, así varían los objetivos que permite alcanzar. En este sentido, la posibilidad de modificar estas características va a depender en gran medida de la flexibilidad del motor de juego (Yessad et al., 2010). Por la razón anterior, los autores presentan un Entorno de Creación de Juegos Serios (SeGAE, *Serious Game Authoring Environment*), el cual es amigable con los desarrolladores de video-juegos y permite modificar diferentes aspectos del diseño del juego: i) Avatares,

Características de los personajes, Misiones y objetivos, Condiciones de victoria y, Acciones autorizadas. Para la implementación de SeGAE, se utilizó *Flex Builder*, el cual es un IDE construido en la plataforma Eclipse, para la creación de *Rich Internet Applications* (RIAs). Cabe destacar que para su diseño se utilizó la arquitectura *Model-View-Controller* (MVC). Los modelos a utilizar se crean en XML, MXML y en lenguaje ActionScript.

Propuesta de Costa et al.

En Brasil, los investigadores Costa et al. (2016) señalan que tanto los juegos serios como los entornos virtuales han sido utilizados para distintos propósitos, particularmente en el área de la salud; los cuales proveen un balance entre el involucramiento y el aprendizaje, potenciando el desarrollo de conocimientos y habilidades. Por ello, estos autores realizaron una investigación vinculada con las capacidades de los juegos serios y de los entornos virtuales para favorecer la adquisición de habilidades y competencias profesionales. Además, los investigadores presentan una propuesta de una arquitectura orientada a portales, la cual es capaz de asistir en el planeamiento y la evaluación del uso de juegos serios y entornos virtuales en el ámbito de entrenamiento en el área de la salud. La propuesta involucra la posibilidad de uso de diferentes juegos en secuencia para actividades de entrenamiento (Costa et al., 2016).

Propuesta de Ismail y Belkhouchewe

En Emiratos Árabes Unidos, los investigadores Ismail y Belkhouche (2019) señalan que diferentes psicólogos y expertos en educación han enfatizado durante varios años la importancia de la personalización del aprendizaje para una educación más efectiva, mediada o complementada a través de diferentes herramientas tecnológicas. Es decir, un aprendizaje personalizado se refiere a que el ritmo de enseñanza debe adecuarse a las necesidades de aprendizaje y facilitarse según preferencias e intereses específicos de la persona que aprende (Ismail & Belkhouche, 2019). Los sistemas de software para el aprendizaje personalizado

proveen experiencias únicas de aprendizaje, tomando en cuenta aspectos tales como el contexto, los niveles de destreza y los estilos de aprendizaje. Estos sistemas cubren un amplio espectro de posibilidades de personalización, lo que dificulta en ocasiones la comunicación entre el usuario y los diseñadores técnicos que crean estos sistemas. Por ello, es de suma importancia contar con arquitecturas de software que faciliten dicha comunicación entre investigadores (Ismail & Belkhouche, 2019). Los autores se propusieron como objetivo plantear una arquitectura de software reutilizable para la creación de estos sistemas, misma que requiere ser creada con un nivel de abstracción que facilite el trabajo en múltiples contextos.

En resumen, los investigadores elaboraron una arquitectura de software para la creación de piezas de software de una manera más fácil, además, realizaron una definición general de conceptos que facilitan la comunicación entre usuarios y diseñadores. Por último, realizaron un mapeo de distintos sistemas creados con la arquitectura propuesta, para verificar su utilidad en contextos variados.

Análisis de resultados según criterios de evaluación

Este apartado muestra los principales resultados obtenidos a partir de la aplicación de los criterios de análisis a las propuestas de arquitecturas o investigaciones seleccionadas, las cuales han sido descritas en la Tabla 2.

Aspectos generales

En relación con el país donde se desarrolla la propuesta arquitectónica o investigación, se puede observar en detalle en la Tabla 3 que Italia, Brasil, Francia y México son los países que contabilizan un mayor número de propuestas con 2 (15%) cada uno, y todos los demás con 1 propuesta respectivamente (8% cada uno), esto podría significar que, en el continente americano se están dando los primeros pasos en el diseño de propuestas arquitectónicas para el desarrollo de juegos serios.

TABLA 3

CRITERIO - PAÍS DONDE SE DESARROLLA LA PROPUESTA
ARQUITECTÓNICA

Autor/es	Idioma	País
(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)	Español	México
(Flores et al., 2019)	Español	México
(Maggiorini et al., 2016)	Inglés	Italia
(Carvalho et al., 2015)	Inglés	Italia
(El Mawas, 2014)	Inglés	Francia
(Söbke & Streicher, 2016)	Inglés	Alemania
(Stavrev et al., 2018)	Inglés	República Checa
(Mizutani et al., 2021)	Inglés	Brasil
(Ollsson et al., 2015)	Inglés	Suecia
(Scacchi, 2017)	Inglés	Estados Unidos
(Yessad et al., 2010)	Inglés	Francia
(Costa et al., 2016)	Inglés	Brasil
(Ismail & Belkhouche, 2019)	Inglés	Emiratos Árabes Unidos

Ahora bien, en relación con el criterio de idioma de la propuesta arquitectónica o investigación, se puede visualizar en la Tabla 3 que 11 (85%) de las propuestas seleccionadas para este estudio han sido escritas en inglés y 2 (15%), en idioma español. Estos datos podrían indicar que los investigadores buscan dar a conocer los resultados de sus investigaciones académico-científicas en un idioma de uso amplio, el cual les permita visualizarlas e impactar a una mayor cantidad de lectores o investigadores a nivel internacional, para este caso en específico, inglés.

Respecto al criterio del nivel educativo, la Tabla 4 resume la información de las propuestas arquitectónicas analizadas, evidenciando si la propuesta fue enfocada para una población en específico, o bien, para varias de ellas.

TABLA 4

CRITERIO - NIVEL EDUCATIVO SEGÚN PROPUESTAS ARQUITECTÓNICAS

Metodología	Nivel Educativo				
	Primario	Secundario	Terciario	Universitario	Otro
(Maggiorini et al., 2016)				√	
(El Mawas, 2014)				√	
(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)		√			
(Söbke & Streicher, 2016)				√	
(Stavrev et al., 2018)				√	

(Flores et al., 2019)	✓				
(Mizutani et al., 2021)					Industria
(Ollsson et al., 2015)					Industria
(Carvalho et al., 2015)	✓				✓
(Scacchi, 2017)	✓	✓	✓	✓	
(Yessad et al., 2010)	✓	✓	✓	✓	
(Costa et al., 2016)	✓	✓	✓	✓	
(Ismail & Belkhouche, 2019)	✓	✓	✓	✓	

Tal como se puede observar en la Tabla 4, la mayoría de las propuestas arquitectónicas analizadas han sido pensadas para la educación superior/universitaria con 9 (69.23%) de las 13 propuestas, seguida por el nivel primario, con 6 (46.15%) de las 13 arquitecturas analizadas. En esta línea, las propuestas realizadas por varios autores (Costa et al., 2016; Ismail & Belkhouche, 2019; Scacchi, 2017; Yessad et al., 2010) son las que se identificaron que fueron pensadas para ser utilizadas en todos los niveles educativos. Por último, las propuestas de Mizutani et al. (2021) y de Ollsson et al. (2015) fueron enfocadas directamente a la industria y no se infiere algún tipo de nivel educativo en específico.

Los resultados de la Tabla 4 podrían indicar que a nivel general existe una tendencia a orientar las propuestas arquitecturas para el diseño o desarrollo de juegos serios al nivel de educación superior, quizás por la variedad de áreas del conocimiento en las que podrían ser aplicados.

Aspectos arquitectónicos

La aplicación del criterio de fundamentación permite identificar el fundamento o base que los investigadores han tomado de referencia para el diseño o propuesta de la arquitectura. Los resultados se pueden observar con detalle en la Tabla 5.

TABLA 5
CRITERIO - FUNDAMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA

Metodología	Fundamentación de la arquitectura*			
	SOA	MVC	SE	Otros**
(Maggiorini et al., 2016)				Microkernel
(El Mawas, 2014)				ARGILE
(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)				ArJuS
(Söbke & Streicher, 2016)	✓			
(Stavrev et al., 2018)	✓			
(Flores et al., 2019)				Suave

(Mizutani et al., 2021)	Mecánica
(Ollsson et al., 2015)	✓
(Carvalho et al., 2015)	✓
(Scacchi, 2017)	✓
(Yessad et al., 2010)	✓
(Costa et al., 2016)	Pingo
(Ismail & Belkhouche, 2019)	Aprendizaje personalizado

*Se toman como referencia las fundamentaciones que registran 2 o más propuestas.

**Modelo-Vista-Controlador (MVC, *Model-View-Controller*), Arquitectura orientada a servicios (SOA, *Service-Oriented Architectures*). Ingeniería de software (SE, *software engineering*). Portal de juegos didácticos en línea (PINGO, *Portal of Instructional Games, Online*)

La Tabla 5 permite apreciar que tres de las propuestas (Carvalho et al., 2015; Söbke & Streicher, 2016; Stavrev et al., 2018) we apply a model called Activity Theory-based Model of Serious Games (ATMSG) han sido fundamentadas en la arquitectura SOA; seguida por dos, en MVC (Ollsson et al., 2015; Yessad et al., 2010) y dos, en SE (Carvalho et al., 2015; Scacchi, 2017). Luego, en menor escala, las demás propuestas han sido fundamentadas en otras arquitecturas. Es importante rescatar que la propuesta de Carvalho et al. (2015) se fundamentó tomando en cuenta dos arquitecturas (SOA y SEW).

A nivel general, los resultados obtenidos en la Tabla 5 indican que actualmente se carece de una propuesta metodológica o arquitectónica sólida, que pueda servir de referencia como diseño arquitectónico para el desarrollo de juegos serios.

En relación con el tipo de dispositivo al que está orientada la arquitectura (el cual busca identificar si está dirigida a ser utilizada como aplicación móvil, aplicación de escritorio o aplicación web), la Tabla 6 presenta el resumen de los resultados obtenidos.

TABLA 6

CRITERIO - TIPO DE DISPOSITIVO AL QUE ESTÁ ORIENTADA LA ARQUITECTURA

Propuesta arquitectónica	Tipo de dispositivo al que está orientada la arquitectura		
	Escritorio	Móvil	Web
(Maggiorini et al., 2016)	✓	✓	✓
(El Mawas, 2014)			✓
(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)			✓
(Söbke & Streicher, 2016)	✓	✓	✓
(Stavrev et al., 2018)			✓
(Flores et al., 2019)	✓		

(Mizutani et al., 2021)	✓	✓	
(Ollsson et al., 2015)	✓	✓	✓
(Carvalho et al., 2015)			✓
(Scacchi, 2017)	✓		✓
(Yessad et al., 2010)			✓
(Costa et al., 2016)	✓		✓
(Ismail & Belkhouche, 2019)		✓	✓

Con base en los datos de la Tabla 6, se puede observar que 11 propuestas (84.62%) han sido pensadas para ser ejecutadas como aplicaciones web; 7 (53.85%) de ellas, como aplicaciones de escritorio y solo 5 (38.46%) se registran como pensadas para aplicaciones móviles. Además, tres propuestas (Maggiorini et al., 2016; Ollsson et al., 2015; Söbke & Streicher, 2016) coinciden en que han sido diseñadas para ser ofrecida en las tres opciones de aplicación (escritorio, móvil y web). Otro aspecto importante por considerar es que, 8 propuestas (61.54%) consideran importante que la arquitectura debería ser pensada para ser ejecutada en al menos dos tipos de aplicaciones. En suma, los resultados obtenidos dan luz en términos de que a futuro se podría pensar en una propuesta arquitectónica orientada a dos tipos de aplicaciones como mínimo. Acorde a los resultados obtenidos, estos podrían ser para web y escritorio.

Con base en el criterio de reutilización de componentes, la Figura 1 presenta los resultados obtenidos.

FIGURA 1
CRITERIO - REUTILIZACIÓN DE COMPONENTES

Sí	No
<ul style="list-style-type: none"> •(Maggiorini et al., 2016) •(Söbke & Streicher, 2016) •(Stavrev et al., 2018) •(Mizutani et al., 2021) •(Ollsson et al., 2015) •(Carvalho, et al., 2015) •(Scacchi, 2017) •(Yessad et al., 2010) •(Costa et al., 2016) •(Ismail & Belkhouche, 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> •(El Mawas, 2014) •(Gutiérrez-Hernández et al., 2013) •(Flores et al., 2019)

Conforme a los datos de la Figura 1, se observa que la reutilización de componentes ha sido considerada en 10 de las propuestas analizadas (77%, aproximadamente), lo cual coincide con la información presentada en la Tabla 6 en relación con el tipo de aplicación, ya que, según lo indicado por Ralph y Wand (2007) y por Sommerville (2016), la reutilización de componentes es una característica presente en las aplicaciones web, que podría darse en diferentes niveles (nivel de abstracción, nivel del objeto, nivel del componente y nivel del sistema).

Aspectos pedagógicos

Con respecto al criterio definición de destinatarios de la arquitectura, el cual busca identificar al público meta para la cual fue desarrollada, se puede observar en la Tabla 7 que 11 propuestas (85%, aproximadamente) fueron pensadas para ser utilizadas por el equipo técnico, es decir, por parte de diseñadores, desarrolladores o programadores. Luego, 7 de las propuestas (54%, aproximadamente) han sido desarrolladas para que sean utilizadas por parte del personal docente. Finalmente, 3 de las propuestas incluyen a la

población estudiantil como destinatarios de la arquitectura. Estos resultados podrían indicar que, a nivel general, las propuestas que han sido desarrolladas para el diseño de juegos serios se han orientado al equipo técnico. Esto podría ser a causa de sus habilidades y su formación técnica y académica, así como por su experticia para realizar alguna implementación adicional que pudiese ser requerida al diseñar el juego serio.

TABLA 7
CRITERIO - DESTINATARIOS DE LA ARQUITECTURA

Metodología	Destinatarios de la arquitectura		
	Estudiantes	Docentes	Equipo técnico*
(Maggiorini et al., 2016)			✓
(El Mawas, 2014)	✓	✓	
(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)		✓	✓
(Söbke & Streicher, 2016)	✓	✓	✓
(Stavrev et al., 2018)		✓	✓
(Flores et al., 2019)		✓	✓
(Mizutani et al., 2021)			✓

(Ollsson et al., 2015)	✓
(Carvalho et al., 2015)	✓
(Scacchi, 2017)	✓
(Yessad et al., 2010)	✓
(Costa et al., 2016)	✓
(Ismail & Belkhouche, 2019)	✓

*Equipo técnico: Diseñadores, desarrolladores o programadores.

En relación con criterio del propósito o intención de la arquitectura, este hace referencia a si ha sido pensada para la formación de competencias, o para el desarrollo de juegos serios a nivel general. La Tabla 8 presenta los resultados obtenidos.

TABLA 8
CRITERIO - PROPÓSITO O INTENCIÓN DE LA ARQUITECTURA

Metodología	Propósito de la arquitectura	
	Formación de competencias	Docentes
(Maggiorini et al., 2016)		✓
(El Mawas, 2014)	✓	

(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)	✓	
(Söbke & Streicher, 2016)	✓	
(Stavrev et al., 2018)	✓	✓
(Flores et al., 2019)	✓	✓
(Mizutani et al., 2021)		✓
(Ollsson et al., 2015)		✓
(Carvalho et al., 2015)		✓
(Scacchi, 2017)		✓
(Yessad et al., 2010)	✓	
(Costa et al., 2016)	✓	
(Ismail & Belkhouche, 2019)	✓	

Tal como se puede apreciar en la Tabla 8, han sido 8 las propuestas (61.54%) que han sido pensadas con el propósito de ser utilizadas para el desarrollo de juegos serios a nivel general. Ahora bien, las otras 5 propuestas (38.46%) se han enfocado directamente en la creación de juegos para la formación de competencias.

La Tabla 9 presenta los resultados obtenidos en relación con el criterio de nivel de complejidad, el cual permite determinar si la arquitectura propuesta es amigable con usuarios no expertos en el área de tecnologías.

TABLA 9
CRITERIO - NIVEL DE COMPLEJIDAD

Metodología	Nivel de complejidad de la arquitectura*		
	Bajo	Medio	Alto
(Maggiorini et al., 2016)			✓
(El Mawas, 2014)		✓	
(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)		✓	
(Söbke & Streicher, 2016)		✓	
(Stavrev et al., 2018)		✓	
(Flores et al., 2019)		✓	
(Mizutani et al., 2021)	✓		
(Ollsson et al., 2015)		✓	

(Carvalho et al., 2015)	✓
(Scacchi, 2017)	✓
(Yessad et al., 2010)	✓
(Costa et al., 2016)	✓
(Ismail & Belkhouche, 2019)	✓

*Nivel bajo (conocimientos muy básicos en herramientas de ofimática o nulos), nivel medio (conocimientos avanzados en diferentes herramientas tecnológicas) y nivel alto (dominio de lenguajes de programación).

Según los datos de la Tabla 9, 8 de las propuestas (61.54%) presentan un nivel de complejidad medio. Luego, 4 de las propuestas registran un nivel bajo y solo 1 arquitectura presenta un nivel alto de complejidad. Esto podría significar que actualmente se comienza a pensar en el desarrollo de piezas de software que puedan ser utilizadas y adaptadas según las necesidades de los usuarios, sin que requieran conocimientos avanzados o dominio de lenguajes de programación para poder utilizarlos.

Aspectos de análisis

La Tabla 10 muestra los resultados de la aplicación del criterio acerca del tipo de producto por desarrollar, el cual permite identificar si la propuesta se orienta al desarrollo de videojuegos comunes o juegos serios.

TABLA 10

CRITERIO - TIPO DE PRODUCTO POR DESARROLLAR

Metodología	Tipo de producto por desarrollar		
	Juego serio	Videojuego tradicional	Otro
(Maggiorini et al., 2016)	✓	✓	
(El Mawas, 2014)	✓		
(Gutiérrez-Hernández et al., 2013)	✓		
(Söbke & Streicher, 2016)	✓		
(Stavrev et al., 2018)			✓
(Flores et al., 2019)	✓		
(Mizutani et al., 2021)			✓
(Ollsson et al., 2015)		✓	
(Carvalho et al., 2015)	✓		
(Scacchi, 2017)	✓		
(Yessad et al., 2010)	✓		
(Costa et al., 2016)	✓		
(Ismail & Belkhouche, 2019)			✓

Según los datos de la Tabla 10, se observa que 10 de las propuestas analizadas (77%, aproximadamente) fueron pensadas para el desarrollo de juegos serios. Esto quiere decir que actualmente se están dando pasos en esta área. En relación con el criterio de resultados de utilización obtenidos, 12 propuestas (92.30%) no registran resultados académicos y científicos que respalden los hallazgos obtenidos a partir de la implementación de la propuesta arquitectónica.

Finalmente, en relación con las guías o ayudas disponibles, se identificó que 10 de las propuestas analizadas (77%, aproximadamente) no ofrecen algún tipo de ayuda a los usuarios (manuales, tutoriales, guías de apoyo, preguntas frecuentes, sugerencias).

Conclusiones

Luego de realizar un análisis exhaustivo y comparativo de diferentes propuestas de arquitecturas de software para el desarrollo de videojuegos, en particular, juegos serios orientados a la formación de competencias tecnológicas, se concluye que no es posible identificar de forma concreta en la revisión sistemática de literatura una propuesta arquitectónica que haya sido pensada específicamente para el desarrollo de juegos serios. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos, se ha elaborado una lista con las principales consideraciones que podrían tomar en cuenta los desarrolladores de software al implementar un diseño arquitectónico para un juego serio cuya intención pedagógica sea la formación de competencias tecnológicas. Estas consideraciones permiten ampliar la respuesta a la segunda pregunta de investigación:

- ✓ **Idioma:** Considerar que la propuesta esté implementada en un idioma ampliamente usado, por ejemplo, el inglés.
- ✓ **Nivel educativo:** Considerar que la propuesta esté pensada para un nivel educativo superior/universitario.
- ✓ **Fundamentación:** Considerar una arquitectura orientada a servicios.

- ✓ **Tipo aplicación a la que está dirigida la arquitectura:** Considerar que la ejecución sea pensada para ejecutarse en al menos dos tipos de aplicaciones, donde la aplicación web sea una de ellas.
- ✓ **Reutilización de componentes:** Considerar la reutilización, máxime si se orientara a una aplicación web.
- ✓ **Destinatarios de la arquitectura:** Considerar al equipo técnico (desarrolladores o programadores) como posibles destinatarios de la propuesta arquitectónica.
- ✓ **Propósito o intención de la arquitectura:** Considerar que la propuesta arquitectónica permita el diseño y desarrollo de juegos serios orientados a la formación de competencias tecnológicas.
- ✓ **Nivel de complejidad:** Considerar para el desarrollo de la arquitectura un nivel medio (conocimientos avanzados en diferentes herramientas tecnológicas).
- ✓ **Identificar claramente el tipo de producto por desarrollar:** Considerar claramente qué tipo de producto se va a desarrollar (juego serio o videojuego tradicional).
- ✓ **Ofrecer guías o ayudas:** Es necesario que los usuarios cuenten con un manual de ayuda, o bien, un foro de discusión.

Finalmente, se concluye que el conjunto de arquitecturas o propuestas analizadas servirá de guía en términos de las consideraciones que se podrían tomar en cuenta al proponer este tipo de arquitecturas, donde la intención pedagógica sea la formación de competencias tecnológicas. La lista propuesta resulta de relevancia y trascendencia a nivel nacional e internacional para los desarrolladores de videojuegos al brindar una línea base e innovadora de investigación.

Referencias

Abt, C. C. (1970). *Serious Games*. Viking Press.

Apezteguía, M., Rapetti, D. E., Gordillo, S. E., & Challiol, C. (2014). *Juego Educativo Móvil Colaborativo* [Universidad Nacional de La Plata (UNLP)]. <http://hdl.handle.net/10915/47078>

Archuby, F. H., Sanz, C. V., & Pesado, P. M. (2017). Juego serio como actividad de autoevaluación de los alumnos y su integración con un entorno virtual de enseñanza y aprendizaje [Universidad Nacional de La Plata (UNLP)]. En *XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. <http://hdl.handle.net/10915/59652>

Archuby, F. H., Sanz, C. V., & Pesado, P. M. (2018). Desafiate: juego serio para la autoevaluación. *XIII Congreso de Tecnología En Educación y Educación En Tecnología*, 200, 209–212. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69074>

Aybar, V. del C., Queiruga, C., & Banchoff, C. (2012). *Aplicaciones complementarias a ROBOCODE que faciliten el aprendizaje de programación en escuelas secundarias* (Issue Plan 90). <http://hdl.handle.net/10915/47050>

Bione, J., Miceli, P., Sanz, C. V., & Artola, V. (2017a). *AstroCódigo. Un juego serio para la introducción de jóvenes en los conceptos básicos de la programación*. <http://hdl.handle.net/10915/61204>

Bione, J., Miceli, P., Sanz, C. V., & Artola, V. (2017b). Enseñanza de la programación con astrocódigo. *XII Congreso de Tecnología En Educación y Educación En Tecnología (TE&ET)*, 454–455. <http://hdl.handle.net/10915/63453>

Boyle, E. A., Connolly, T. M., & Hainey, T. (2011). The role of psychology in understanding the impact of computer games. *Entertainment Computing*, 2(2), 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2010.12.002>

Cabarkapa, D. (2015). *Application of Cisco Packet Tracer 6.2 in teaching of advanced computer networks*. DataCite. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4881.6802>

Calderón, A., & Ruiz, M. (2015). A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management. *Computers & Education*, 87(September), 396–

422. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.011>

Cano, S. P. (2016). *Propuesta Metodológica para el Diseño de Juegos Serios para Niños con Implante Coclear* [Tesis doctoral. Universidad del Cauca]. http://www.unicauba.edu.co/doctorado/publicaciones/Monografia_Cano.pdf

Cano, S. P., Muñoz, J., Collazos, C. A., González, C. S., & Zapata, S. (2016). Toward a methodology for serious games design for children with auditory impairments. *IEEE Latin America Transactions*, 14(5), 2511–2521. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7530453>

Carvalho, M. B., Bellotti, F., Hu, J., Hauge, J. B., Berta, R., De Gloria, A., & Rauterberg, M. (2015). Towards a service-oriented architecture framework for educational serious games. *IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 147–151. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2015.145>

Clear, T., Beecham, S., Daniels, M., Oudshoorn, M., Barr, J., & Noll, J. (2016). Developments in Global Software Engineering Education. *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757471>

Costa, T. K. L., Machado, L. S., Valenca, A. M. G., & Moraes, R. M. (2016). Architecture to portals of serious games and virtual environments with performance evaluation during sequences of activities. *IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/SeGAH.2016.7586225>

DEBORAH Game. (2017). *DEBORAH - Double Entry bookkeeping or accounting history*. DEBORAH Game. <http://deborahahg.wixsite.com/deborah/about>

El Mawas, N. (2014). An architecture for co-designing participatory and knowledge-intensive serious games: ARGILE. *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 387–394. <https://doi.org/10.1109/CTS.2014.6867593>

Flores, C. E., López, M. Q., Orozco, H. R., & Pérez, I. R. (2019). Arquitectura de un juego serio inteligente basado en retos de matemáticas básicas. *ReCIBE. Revista Electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 8(2), 1–14.

<https://doi.org/10.32870/recibe.v8i2.135>

Frezzo, D. C., Behrens, J. T., Mislevy, R. J., West, P., & DiCerbo, K. E. (2009). Psychometric and Evidentiary Approaches to Simulation Assessment in Packet Tracer Software. *Fifth International Conference on Networking and Services (ICNS)*, 555–560. <https://doi.org/10.1109/ICNS.2009.89>

Gutiérrez-Hernández, R. E., Álvarez, F. J., & Muñoz-Arteaga, J. (2013). *Arquitectura de Software para Juegos Serios con Aspectos Culturales: Caso de Estudio en un Videojuego para Formulas Temperatura*. https://www.researchgate.net/publication/236162869_Arquitectura_de_Software_para_Juegos_Serios_con_Aspectos_Culturales_Caso_de_Estudio_en_un_Videojuego_para_Formulas_Temperatura

Ismail, H., & Belkhouche, B. (2019). A Reusable Software Architecture for Personalized Learning Systems. *International Conference on Innovations in Information Technology (IIT)*, 105–110. <https://doi.org/10.1109/INNOVATIONS.2018.8605997>

Janitor, J., Jakab, F., & Kniewald, K. (2010). Visual Learning Tools for Teaching/Learning Computer Networks: Cisco Networking Academy and Packet Tracer. *Sixth International Conference on Networking and Services*, 351–355. <https://doi.org/10.1109/ICNS.2010.55>

Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *University of Keele (Software Engineering Group, Department of Computer Science)*, 33(July), 1–28. <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>

Kitchenham, B. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Version 2.3. *University of Keele (Software Engineering Group, School of Computer Science and Mathematics) and Durham (Department of Computer Science)*, 57. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>

Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>

Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O. P., Turner, M., Niazi, M., & Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering - A tertiary study. *Information and Software Technology*, 52(8), 792–805. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.006>

Kwon, J., & Lee, Y. (2016). Serious games for the job training of persons with developmental disabilities. *Computers & Education*, 95(April), 328–339. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.001>

Maggiorini, D., Ripamonti, L. A., Zanon, E., Bujari, A., & Palazzi, C. E. (2016). SMASH: A distributed game engine architecture. *IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC)*, 196–201. <https://doi.org/10.1109/ISCC.2016.7543739>

Malaquias, R. F., Malaquias, F. F., & Hwang, Y. (2018). Understanding Technology Acceptance Features in Learning through a Serious Game. *Computers in Human Behavior*, 87(October), 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.06.008>

Martínez, L. J. (2016). *Cómo buscar y usar información científica: Guía para estudiantes universitarios 2016*. http://eprints.rclis.org/29934/7/Como_buscar_usar_informacion_2016.pdf

Mizutani, W. K., Daros, V. K., & Kon, F. (2021). Software architecture for digital game mechanics: A systematic literature review. *Entertainment Computing*, 38, 100421. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2021.100421>

Noll, J., Beecham, S., & Richardson, I. (2010). Global software development and collaboration: barriers and solutions. *ACM Inroads*, 1(3), 66–78. <https://doi.org/10.1145/1835428.1835445>

Noll, J., Butterfield, A., Farrell, K., Mason, T., McGuire, M., & McKinley, R. (2014). GSD Sim: A Global Software Development Game. *IEEE International Conference on Global Software Engineering Workshops*, 15–20. <https://doi.org/10.1109/ICGSEW.2014.12>

Ollsson, T., Toll, D., Wingkvist, A., & Ericsson, M. (2015). Evolution and Evaluation of the Model-View-Controller Architecture in Games. *4th International Workshop on Games and Software Engineering (GAS 2015)*, 8–14. <https://doi.org/10.1109/GAS.2015.10>

OmniumGames. (2014, October). Spirits of Spring: Una emocionante aventura contra el bullying. *Game Journal*. <http://omniumgames.com/spirits-spring-una-emocionante-aventura-contra-el-bullying/>

Petcu, D., Iancu, B., Peculea, A., Dadarlat, V., & Cebuc, E. (2013). Integrating Cisco Packet Tracer with Moodle platform: Support for teaching and automatic evaluation. *RoEduNet International Conference 12th Edition: Networking in Education and Research*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/RoEduNet.2013.6714190>

Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>

Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, 63(October), 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023>

Queiruga, C., Fava, L., Gómez, S., Kimura, I. M., & Brown, M. (2012). El juego como estrategia didáctica para acercar la programación a la escuela secundaria. *XVI Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación (WICC)*, 358–362. <http://hdl.handle.net/10915/41365>

Ralph, P., & Wand, Y. (2007). A Proposal for a Formal Definition of the Design Concept. En K. Lyytinen, P. Loucopoulos, J. Mylopoulos, & B. Robinson (Eds.), *Design Requirements Engineering: A Ten-Year Perspective* (1st ed., pp. 103–136). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39962-9_55

Romero, M., & Turpo, O. (2012). Serious Games para el desarrollo de las competencias del siglo XXI. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 34(1), 1–22. <https://revistas.um.es/red/article/view/233511>

Romero, M., Usart, M., & Ott, M. (2015). Can Serious Games Contribute to Developing and Sustaining 21st Century Skills? *Games and Culture*, 10(2), 148–177. <https://doi.org/10.1177/1555412014548919>

Sánchez, É., & Emin-Martínez, V. (2014). Towards a Model of Play: An Empirical Study. *European Conference on Games Based*

Learning, 2(October), 503–512. <https://search.proquest.com/docview/1674245678?accountid=15870>

Sánchez, É., Emin-Martínez, V., & Mandran, N. (2015). Jeu-game, jeu-play, vers une modélisation du jeu. Une étude empirique à partir des traces numériques d'interaction du jeu Tamagocours. *Sciences et Technologies de L'Information et de La Communication Pour L'Éducation et La Formation*, 22, 9–45. https://www.persee.fr/doc/stice_1764-7223_2015_num_22_1_1685

Sandí-Delgado, J. C., & Bazán, P. A. (2017). *Cloud computing: posibilidades para la ejecución de juegos serios educativos as a service (JSEaaS)* [Tesis de especialización. Universidad Nacional de La Plata (UNLP)]. <http://hdl.handle.net/10915/63388>

Sandí-Delgado, J. C., & Bazán, P. A. (2019). Educational Serious Games as a Service: Challenges and Solutions. *Journal of Computer Science & Technology*, 19(01), 66–80. <https://doi.org/10.24215/16666038.19.e07>

Sandí-Delgado, J. C., & Bazán, P. A. (2021). Diseño de juegos serios: Análisis de metodologías. *E-Ciencias de La Información*, 11(2), 1–24. <https://doi.org/10.15517/eci.v11i2.45505>

Sandí-Delgado, J. C., & Cruz-Alvarado, M. A. (2018). Análisis comparativo de juegos móviles educativos basados en posicionamiento. *Revista Intersedes*, 19(39), 146–170. <https://doi.org/10.15517/isucr.v19i39.34075>

Sandí-Delgado, J. C., & Sanz, C. V. (2018). *Ánalisis comparativo de juegos serios educativos. Indagación sobre sus posibilidades para la adquisición de competencias tecnológicas en la formación del profesorado* [Tesis de especialización. Universidad Nacional de La Plata (UNLP)]. <http://hdl.handle.net/10915/65653>

Sandí-Delgado, J. C., Sanz, C. V., & Lovos, E. N. (2018). *Juegos serios para la indagación de competencias tecnológicas que puedan integrarse en la práctica pedagógica del profesorado. Una propuesta de aplicación en la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica (UCR)* [Tesis de Maestría. Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Buenos Aires, Argentina]. <https://doi.org/10.35537/10915/71063>

Sandí-Delgado, J. C., Sanz, C. V., & Lovos, E. N. (2022). Acceptance

of Serious Games to Develop Digital Competencies in Higher Education. *The Electronic Journal of E-Learning (EJEL)*, 20(3), 351–367. <https://doi.org/10.34190/ejel.20.3.2181>

Sanz, C. V., Artola, V., Bione, J., & Miceli, P. (2018). AstroCode in the Wild. *10th International Conference on Education and New Learning Technologies*, 7542–7548. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17542-3>

Scacchi, W. (2017). Practices and Technologies in Computer Game Software Engineering. *IEEE Software*, 34(1), 110–116. <https://doi.org/10.1109/MS.2017.20>

Söbke, H., & Streicher, A. (2016). Serious Games Architectures and Engines. In R. Dörner, S. Göbel, M. Kickmeier-Rust, M. Masuch, & K. Zweig (Eds.), *Entertainment Computing and Serious Games. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 9970, pp. 1–26). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03503-6>

Sommerville, I. (2016). *Software Engineering* (M. Borthakur (ed.)). Pearson Education.

Stavrev, S., Terzieva, T., & Golev, A. (2018). Concepts for Distributed Input Independent Architecture for Serious Games. *CBU International Conference Proceedings*, 6, 1166–1172. <https://doi.org/10.12955/cbup.v6.1310>

Waag-Society. (2019). *Frequency 1550*. Mobile Learning Academy. <http://mobilelearningacademy.org/projects/frequency-1550/>

Yessad, A., Labat, J.-M., & Kermorvant, F. (2010). SeGAE: A serious game authoring environment. *10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010)*, 538–540. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2010.153>