



Análisis de la educación arquitectónica y su relación con la tecnología: una cartografía conceptual

Analysis of Architectural Education and its relationship with technology: a conceptual cartography

Luz Angélica Mondragón del Angel

Universidad Autónoma de Querétaro, México

luz.mondragon@uaq.edu.mx

ORCID: 0000-0001-5997-182X

Sandra Luz Canchola Magdaleno

Universidad Autónoma de Querétaro, México

sandra.canchola@uaq.mx

ORCID: 0000-0002-7497-281X

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar la relación entre la educación arquitectónica y la utilización de tecnología con la finalidad de proponer estrategias pedagógicas que respondan a las necesidades de la educación arquitectónica actual. Se utilizó el método de cartografía conceptual, que es un método de investigación documental que permite dar claridad a los conceptos, establecer relaciones y llegar a conclusiones. Los resultados mostraron cuáles son los principales métodos de enseñanza de la arquitectura. También se encontró que existe un impacto positivo en la utilización de tecnología para abordar los problemas actuales de la educación arquitectónica. Sin embargo, hay una carencia de métodos pedagógicos adecuados para la incorporación de tecnologías. Otro hallazgo importante es el desplazamiento de las técnicas de diseño tradicionales y las limitaciones de la utilización de las tecnologías. Las tecnologías se han incorporado de manera complementaria y experimental y las que más han sido incorporadas son la realidad virtual, la realidad aumentada, el Building Information Modeling y el Virtual Design Studio. En conclusión, se requiere un marco pedagógico que contemple la implementación adecuada de tecnología, responda a las características del proceso de diseño, vincule a la educación con la profesión e incluya a la educación sostenible.

Abstract

The aim of this research was to analyze the relationship between architectural education and the use of technology with the purpose of proposing pedagogical strategies that respond to the needs of current architectural education. The conceptual mapping method was used, which is a documentary research method that allows concepts to be clear, establish relationships and reach conclusions. The results showed what the main methods of teaching architecture are. It was also found that there is a positive impact in the use of technology to address current problems in architectural education. However, there is a lack of adequate pedagogical methods for the incorporation of technologies. Another important finding is the displacement of traditional design techniques and the limitations of the use of technologies. The technologies have been incorporated in a complementary and experimental way and those that have been incorporated the most are virtual reality, augmented reality, Building Information Modeling, and the Virtual Design Studio. In conclusion, a pedagogical framework is required that contemplates the adequate implementation of technology, responds to the characteristics of the design process, links education with the profession and includes sustainable education.

1. Introducción

La educación en arquitectura se ha visto influenciada por los recientes avances tecnológicos, como el creciente desarrollo de software de diseño, la exploración de la integración de tecnologías como la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) e incluso de las Redes Sociales. Lo anterior ha tenido como consecuencia la exploración de nuevos métodos, estrategias y entornos educativos que permitan a la educación arquitectónica mejorar y adaptarse a las demandas del actual contexto social, ambiental e industrial. De esta manera, se desea superar la enseñanza tradicional, que aún persiste en las aulas, y que ha sido considerada un estancamiento en la educación arquitectónica (Martínez Osorio, 2013).

La manera en que los docentes y estudiantes utilizan las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para los procesos de enseñanza aprendizaje no considera la construcción significativa del conocimiento, ni formas de comprensión apropiadas, sino métodos simples de acceso a la información desde un modelo pedagógico tradicional (Erazo & Sánchez, 2013). Por eso, diversos estudios indican la necesidad de abordar la enseñanza de la arquitectura con un enfoque innovador acorde a los retos del contexto tecnológico actual (Martínez et al., 2021; Mahmoud, 2020; Erazo & Sánchez, 2013). El proceso de enseñanza aprendizaje de las nuevas generaciones de estudiantes debe estar apoyado por los avances tecnológicos con el objetivo de que puedan desenvolverse eficazmente ante el mundo globalizado actual (Rengifo Espinosa et al., 2021).

Por lo tanto, existe la necesidad de generar estrategias pedagógicas adecuadas para la implementación de tecnologías. No obstante, para crearlas es indispensable estudiar a fondo dos procesos principales que tienen alcances complejos: el proceso de enseñanza aprendizaje, y el proceso de diseño arquitectónico. Su estudio y análisis a profundidad, en relación con las TIC, permitirá mapear las bases necesarias para establecer modelos y estrategias educativas acordes a las necesidades de la educación y de la práctica arquitectónica.

De este modo, es pertinente conocer el panorama actual de la educación en arquitectura en el ámbito global, ya que a través de identificar las pedagogías, métodos, estrategias y modelos de enseñanza aprendizaje se tendrá una visión general de las deficiencias y oportunidades a las que se enfrenta, sus necesidades y sobre todo identificar su relación con la tecnología. Es conveniente estudiar su incorporación e impacto en los programas y planes de estudio de arquitectura. El objetivo de esta investigación fue analizar la relación que existe entre educación arquitectónica con la utilización de tecnología a través de una cartografía conceptual, con la finalidad de proponer estrategias pedagógicas que respondan en primera instancia a las necesidades de la educación superior en arquitectura y en consecuencia a las demandas del sector de la industria de la edificación y de la construcción.

2. Método de investigación

Para dar cumplimiento al objetivo planteado se realizó un análisis sistemático a través de la técnica de investigación documental de cartografía conceptual, ya que este método permite clarificar los conceptos estudiados, establecer relaciones a partir de sus ejes y llegar a conclusiones que permitan la proposición de soluciones y nuevas investigaciones (Tobón et al., 2018).

La cartografía conceptual consiste en realizar un análisis a profundidad de un concepto o teoría a partir del conocimiento previo y actual del área mediante ocho ejes: noción, categorización, caracterización, diferenciación, clasificación, vinculación, metodología y ejemplificación. Se estructura en cuatro fases: 1) Búsqueda de fuentes de información, 2) Selección de las fuentes pertinentes al estudio, 3) Análisis de los documentos con los ocho ejes y 4) Revisión y mejora del estudio (Tobón et al., 2015). De tal forma, el estudio tomó como referencia las fases de la cartografía conceptual y cinco ejes para su realización: *noción, categorización, caracterización, clasificación y ejemplificación*. Se agregaron los ejes *evaluación y recomendaciones* por su relevancia para el estudio, y se descartaron las categorías *diferenciación, vinculación y metodología* por no presentar resultados significativos.

2.1. Fases de la cartografía conceptual

- 1) *Búsqueda de fuentes de información acerca de las tecnologías en relación con la educación arquitectónica.*
Se realizó una búsqueda sistemática de artículos de investigación, artículos de revisión y capítulos de libro en las bases de datos científicas *Science Direct* y *Springer* durante el mes de marzo de 2023, en idioma español o inglés, con un rango de búsqueda desde el año 2018 hasta marzo 2023.
- 2) *Selección de las fuentes pertinentes al estudio mediante el establecimiento de criterios de inclusión y exclusión.*

Criterios de inclusión: para la búsqueda en las bases de datos científicas se utilizaron los siguientes términos "Architectural pedagogy" OR "Architecture teaching" OR "Architecture learning*" AND "Technologies*". Se aceptaron publicaciones que incluyeran los términos en su título, resumen o palabras clave, en inglés o español. Se tomaron en cuenta las publicaciones relacionadas con educación.

Criterios de exclusión: ensayos científicos, artículos de divulgación, reseñas de libros y notas de prensa. Publicaciones que tenían como temática la arquitectura de software, siendo una gran cantidad de publicaciones con este enfoque y que abordaban redes neuronales, aprendizaje automático, aprendizaje profundo, convolución e inteligencia artificial. También se excluyeron aquellas publicaciones que mencionaban la aplicación de tecnología en la práctica constructiva, edificación y materiales constructivos por no estar relacionadas con la educación.

De las dos bases de datos seleccionadas se obtuvieron 160 publicaciones, de las cuales se descartó un elemento duplicado; después se efectuó un análisis de pertinencia de cada título para llegar a 38 publicaciones. Al analizar el resumen se obtuvieron 29 publicaciones que se revisaron a texto completo. Finalmente, se aceptaron 19 publicaciones al análisis.

- 3) *Análisis de los documentos a través de siete ejes*. Se realizó el análisis con las categorías definidas para la cartografía conceptual. Para cada eje se formularon preguntas de investigación (Tabla 1).

Tabla 1

Preguntas de las categorías de análisis de la cartografía conceptual

Eje	Preguntas
1. Noción	¿Cuáles son los métodos de enseñanza aprendizaje en la educación arquitectónica? ¿Qué relación existe entre la utilización de tecnología con la educación arquitectónica?
2. Clasificación	¿Cómo se clasifican las tecnologías que se han utilizado en la educación arquitectónica?
3. Caracterización	¿Cuáles son las características de las tecnologías que han sido utilizadas dentro de la educación arquitectónica?
4. Categorización	¿Cuáles son las tecnologías que se han incorporado en la educación arquitectónica en relación a los enfoques pedagógicos?
5. Ejemplificación	¿Cómo se han incorporado las tecnologías en la educación arquitectónica?
6. Evaluación	¿Cómo se ha evaluado el impacto que han tenido las tecnologías dentro de la educación arquitectónica?
7. Recomendaciones	¿Qué se recomienda en la incorporación de tecnologías en la educación arquitectónica?

- 4) *Revisión y mejora del estudio*. Esta fase corresponde a la interpretación de los resultados, misma que se describe en el apartado Resultados.
-

3. Resultados

3.1. Noción: ¿Cuáles son los métodos de enseñanza aprendizaje en la educación arquitectónica?

La educación arquitectónica consta de diversos cursos que se pueden clasificar dentro de tres categorías principales: teoría, práctica y diseño. El curso de diseño, mejor conocido como estudio de diseño, taller de diseño o *atelier*, es considerado el eje central de la educación arquitectónica (Hemdan et al., 2023; Mahmoud et al., 2022), considerándose los demás cursos como complementarios y de apoyo al estudio de diseño.

El estudio de diseño reúne el aprendizaje de los demás cursos para aplicarlo y desarrollarlo a la vez que se aprende a diseñar. En este proceso intervienen teorías, enfoques, métodos y estrategias pedagógicas que, de acuerdo con las publicaciones analizadas, se clasificaron en: educación tradicional en arquitectura, educación en línea y educación a través de otras estrategias.

Educación tradicional en arquitectura

El estudio del diseño se lleva a cabo en un espacio físico donde existe una constante interacción entre profesores y estudiantes, y entre los estudiantes con sus compañeros, para participar en discusiones reflexivas de los proyectos, a través de las cuales los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades. Por lo tanto, este espacio se convierte en un espacio social donde se transmite la cultura arquitectónica profesional (Bakir & Alsaadani, 2022).

El procedimiento de aprendizaje comienza con la comprensión del diseño, la recopilación de datos sobre el proyecto, el análisis de los datos, la identificación de problemas en el proyecto y la exploración de enfoques. Los estudiantes utilizan bocetos para conceptualizar y comunicar sus ideas, los cuales son evaluados y corregidos por el profesor. Este proceso se repite hasta obtener el mejor resultado. De esta manera, se pasa a la etapa de diseño esquemático, donde se dibujan planos, secciones y elevaciones. Como última etapa de comunicación está la fabricación de la maqueta. Por lo general, este proceso se lleva a cabo utilizando técnicas de representación como el dibujo a mano y la fabricación manual de maquetas, ya que durante el primer año de estudios en algunas escuelas de arquitectura los estudiantes no tienen permitido el uso de software (Afify et al., 2021).

Estrategias que utiliza:

- Interacción estudiante-estudiante, estudiante-profesor.
 - Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).
 - Sesiones de crítica. Es una de las principales estrategias educativas empleadas en el estudio de diseño y el medio principal de evaluación. Se pueden clasificar en crítica individual (crítica de
-

escritorio), crítica de pares, crítica grupal (críticas de expertos), crítica intermedia, crítica final (sistema de jurado), panel de discusión y crítica pública (El-Latif et al., 2020).

Educación en línea y a distancia

Derivado de la contingencia sanitaria Covid-19, la educación tuvo que trasladarse a la modalidad en línea y a distancia, donde las instituciones, planes de estudio, profesores y estudiantes tuvieron que adaptarse abruptamente y donde muy pocos se encontraban preparados. En este sentido, en la educación arquitectónica se tuvo un notable impacto en la manera de trasladar el estudio de diseño físico al virtual, sobre todo en la forma de compartir y desarrollar habilidades a partir de la interacción entre estudiantes, como generalmente se hace de manera física en el estudio de diseño (Asfour & Alkharoubi, 2023).

Durante la pandemia se tuvieron que llevar los cursos de diseño arquitectónico de manera remota y surgieron diversos desafíos. La manera de abordar estos desafíos en postpandemia puede contribuir a incorporar la educación en línea de forma parcial, híbrida o total en el estudio de diseño, ya que la eficacia y evaluación de los estudiantes presenta un alto grado de aceptabilidad para los cursos teóricos en línea. Sin embargo, para los cursos de diseño su traslado es más difícil.

Para los estudiantes, los principales desafíos son sociales, ecológicos y de comportamiento. Se requiere proporcionar flexibilidad y adaptación en la estructura curricular de la educación arquitectónica. Para los profesores, los desafíos son la falta de preparación y la integración de multimedia y estrategias, los cuales exhortan a buscar nuevas prácticas en la enseñanza del diseño. Y para las instituciones, los desafíos son el desarrollo profesional de los profesores, la capacitación de los estudiantes y el soporte técnico y multimedia, que muestran la relevancia de la integración de las TIC en la educación arquitectónica (Mahmoud et al., 2022).

Educación a través de otras estrategias de aprendizaje

Debido a una pérdida histórica de capacitación presencial, se ha fortalecido un enfoque de la educación arquitectónica dirigido por la teoría, donde la principal estrategia es el Aprendizaje Basado en Proyectos (Djabarouti & O'Flaherty, 2019). Se ha sugerido el Aprendizaje Experiencial para responder a la integración de la teoría con la práctica en el estudio de diseño ya que, tanto el Aprendizaje Experiencial y el Aprendizaje Mediante la Práctica, se enfocan en que los estudiantes aprendan mejor cuando se involucren de forma activa en el proceso de enseñanza aprendizaje a través de la experiencia (Kharvari & Kaiser, 2022).

El Aprendizaje Colaborativo se propone como una estrategia que se puede utilizar en la educación arquitectónica para afrontar sus limitaciones técnicas y prácticas, incrementar la motivación y compromiso de los

estudiantes, promover el pensamiento crítico, intercambiar, aclarar y evaluar ideas; y adquirir responsabilidad (Doheim & Yusof, 2020). Esta estrategia se plantea en la enseñanza de la creatividad en el estudio de diseño ya que hay necesidad de contar con definiciones y objetivos claros para una mejor evaluación de los proyectos arquitectónicos.

Algunos autores describen varias teorías y modelos del aprendizaje en arquitectura (Kharvari & Kaiser, 2022):

- El Aprendizaje Experiencial a través del Modelo de Kolb abarca cuatro etapas cíclicas que son la experiencia concreta (participar en nuevas experiencias), la observación reflexiva (capacidad de observar y reflexionar con diferentes perspectivas), la conceptualización abstracta (capacidad de crear conceptos de acuerdo con teorías lógicas) y finalmente la experimentación activa (capacidad de usar teorías en la toma de decisiones y resolución de problemas).
- El Modelo de Aprendizaje Situado se basa en solucionar problemas en situaciones reales de aprendizaje a través de la inmersión en una actividad con el desarrollo de habilidades, es una estrategia parecida a la de Aprender Haciendo en donde los estudiantes se concentran en dar solución a los problemas de diseño en lugar de aprender con el análisis de dichos problemas.
- La Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia de Mayer (TCAMM) consiste en organizar palabras e imágenes filtradas en una representación verbal inteligible, organizar imágenes seleccionadas en una representación pictórica inteligible y combinar ambas con conocimientos previos.

3.2. Noción: ¿Qué relación existe entre la utilización de tecnología con la educación arquitectónica?

La utilización de las TIC en el estudio de diseño mejora el rendimiento de los estudiantes, por lo que la tecnología tiene un impacto significativo en la educación arquitectónica con el potencial de transformar los procesos de diseño de la arquitectura. De esta manera se espera el desarrollo de nuevos enfoques de diseño para el aprendizaje (Mahmoud et al., 2022). Por ejemplo, las Redes Sociales en la educación pueden mejorar las habilidades de colaboración, motivación y experiencia de los estudiantes. Dentro del estudio de diseño las experiencias y el compromiso de los estudiantes mejoran su aprendizaje con la utilización de tecnología, los estudiantes cambian la manera de percibir los objetos diseñados y su forma de imaginarlos y representarlos (Bakir & Alsaadani, 2022).

Existen algunos problemas con los métodos tradicionales de enseñanza de la educación arquitectónica. Entre ellos, la congruencia entre lo que se aprende en el aula y el contexto real; la creación de modelos y

fotomontajes, que puede llevarse gran cantidad de tiempo y no hay posibilidad de comprobar las estrategias en tiempo real, además, carece de precisión en cuanto a escala y no es interactivo; la falta de compromiso y motivación por parte de los estudiantes debido a la carencia de métodos de enseñanza atractivos e innovadores.

Tecnologías inmersivas como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) son reconocidas como eficaces herramientas de enseñanza que podrían abordar los problemas de los métodos de enseñanza tradicionales (Hajirasouli & Banihashemi, 2022; Mahmoud et al., 2022). El proceso de aprendizaje debe adaptarse para que coincida con los estudios de diseño tradicionales o físicos (Asfour & Alkharoubi, 2023), sobre todo en la forma de interacción, ya que este es uno de los puntos clave en que se lleva a cabo la enseñanza en arquitectura. Inclusive la RV se ha propuesto como una herramienta que permite cambiar del método de enseñanza centrado en el profesor a un método de enseñanza centrado en el estudiante, ya que el método tradicional resulta poco eficaz para el aprendizaje de los estudiantes (Bashabsheh et al., 2019), sobre todo para los cursos que no son el estudio de diseño, cursos de construcción de edificios, por ejemplo.

El Internet también ha aportado bastante en el intercambio de conocimiento, información y experiencias en el ámbito educativo, convirtiéndose en parte importante de la educación arquitectónica. Sus implicaciones se han revisado en temas de impacto en la cultura, identidad y creatividad en el diseño arquitectónico, ya que en la mayoría de los casos representa la principal fuente de recopilación de información para iniciar un proyecto arquitectónico y con su uso se ha demostrado que la calidad del diseño aumenta de manera significativa (Eldardiry & Elmoghazy, 2018).

Sin embargo, se carece de métodos de enseñanza adecuados que permitan atender la incorporación de estas tecnologías en la educación arquitectónica. No existe un marco o un consenso para la integración de las tecnologías en la educación superior en arquitectura (Hajirasouli & Banihashemi, 2022; Kharvari & Kaiser, 2022; Soliman et al., 2019). Por lo tanto, es necesario continuar el análisis de su aplicación y de los beneficios para desarrollar estrategias adecuadas en su incorporación. Además, tomar en cuenta las demandas de la práctica arquitectónica en el sector de la industria de la construcción y edificación.

Destaca la necesidad de integrar y desarrollar nuevas habilidades y conocimientos mediante la utilización de tecnologías y software en la educación superior en ingeniería civil, construcción y arquitectura. Herramientas digitales como Building Information Modeling (BIM) no cuentan con una implementación acertada en los planes de estudio. En consecuencia, los graduados se enfrentan a problemas relacionados con BIM para adaptarse al entorno profesional (Hossain & Bin Zaman, 2022).

Otro hallazgo importante en la relación de la educación arquitectónica con la tecnología es el desplazamiento de las técnicas de diseño tradicionales. Durante la década de los 90, las tecnologías informáticas se han introducido como herramientas de diseño en el proceso de enseñanza aprendizaje de la arquitectura para sustituir a las técnicas tradicionales. Estas herramientas digitales podrían reemplazar a las herramientas de diseño

tradicionales, como el dibujo manual, ya que permiten la elaboración de numerosos dibujos con gran precisión y en menor tiempo. También representan una opción fácil y económica ante la fabricación de maquetas. No obstante, los estudiantes se pueden volver *adictos* a estas herramientas digitales y perder la creatividad al diseñar (Soliman et al., 2019).

En este sentido, otras de las limitaciones al utilizar las herramientas para el estudio de diseño arquitectónico han sido las características complejas del diseño, ya que los softwares no alcanzan a cumplir las necesidades del diseño porque es impredecible (Zarei, 2018), razón por la cual en el diseño arquitectónico se utilizan e inclusive se generan herramientas propias para desarrollar un proyecto arquitectónico. También hay una necesidad de generación de herramientas acordes con las necesidades del diseño y de los diseñadores.

Un tema importante que involucra la relación de la tecnología con la educación arquitectónica es la educación en sostenibilidad, ya que existe una falta de preparación de los estudiantes de arquitectura para enfrentar las consecuencias del cambio climático debido a la pedagogía tradicional del estudio de diseño (Singery, 2023). Aunque se reconoce que con la cultura arquitectónica que hay en la educación, mediante el coaprendizaje que se da con la interacción entre estudiante profesor y entre pares, se logran diseñar edificios más eficientes. Para el diseño sustentable se utilizan tecnologías en diferentes etapas del proceso. Por ejemplo, las herramientas para estudiar el sitio pueden ser *Google Maps* y *Google Earth*, y en las siguientes etapas se puede utilizar software de diseño arquitectónico.

3.3. Clasificación: ¿Cómo se clasifican las tecnologías que se han utilizado en la educación arquitectónica?

Se encontraron 12 publicaciones que mencionaban la utilización de una o varias tecnologías en la educación arquitectónica, estas tecnologías se clasificaron en: Tecnologías para el Diseño, Herramientas Educativas y Herramientas de comunicación e interacción (Tabla 2). Las Tecnologías para el Diseño han sido las mayormente incorporadas, principalmente la RV, RA, BIM y Virtual Design Studio (VDS).

Tabla 2

Clasificación de las tecnologías utilizadas en la educación arquitectónica

No.	Publicación	Tecnologías para el Diseño	Herramientas Educativas	Herramientas de Comunicación e Interacción
1	(Asfour & Alkharoubi, 2023)	Herramientas de dibujo digital.	Plataformas colaborativas y de trabajo compartido	Plataformas de video conferencia

Tabla 2*Clasificación de las tecnologías utilizadas en la educación arquitectónica*

No.	Publicación	Tecnologías para el Diseño	Herramientas para el Herramientas Educativas	Herramientas de Comunicación e Interacción
2	(Bakir & Alsaadani, 2022)	VDS		Facebook
3	(Bashabsheh et al., 2019)	RV 4D CAD		
4	(Hajirasouli & Banihashemi, 2022)	RA		
5	(Hossain & Bin Zaman, 2022)	BIM ArchiCAD23		
6	(Kharvari & Kaiser, 2022)	Realidad Extendida (XR) RV: 3DS Max y Unity Game Engine HTC Vive Therme Vals in Unreal Engine versión 4.18. Oculus Rift DK2 zSpace y VR con HTC Vive RA: Unreal Engine ecoCampus geolocalización y RA HTC Desire HD RV Y RA: Auricular VR, dos cámaras digitales, una pantalla montada en la cabeza, un procesador y dos marcadores		
7	(Mahmoud et al., 2022)	Realidad Mixta (RM)		

Tabla 2

Clasificación de las tecnologías utilizadas en la educación arquitectónica

No.	Publicación	Tecnologías para el Diseño	Herramientas Educativas	Herramientas de Comunicación e Interacción
8	(Roco & Barberà, 2022)		ePortafolio	
9	(Soliman et al., 2019)	BIM Diseño paramétrico con Sistemas de Información Geográfica (SIG)		
10	(Koutsoumpos, 2021)		Stop Motion: Photoshop, Keynote, Point	
11	(Eldardiry & Elmoghazy, 2018)			Internet
12	(Bailey-Ross et al., 2022)	VDS	Entornos de Aprendizaje Virtual (VLE)	Social Network Virtual Design Studio (SNVDS)

3.4. Caracterización: ¿Cuáles son las características de las tecnologías que han sido utilizadas dentro de la educación arquitectónica?

Algunas de las publicaciones que mencionaban la incorporación de tecnologías en la educación arquitectónica describieron sus características (Tabla 3), lo cual proporciona un marco conceptual que permite hacer distinciones y relaciones entre las tecnologías.

Las tecnologías para el diseño, como RA, RV, XR, BIM, 4D CAD y VDS, tienen características propias y se pueden llevar a cabo de diversas formas y con diferentes software o herramientas digitales, porque tienen la flexibilidad de integrarse con otras tecnologías. Por eso, investigadores han creado nuevas tecnologías y plataformas para cubrir de manera particular las necesidades de un curso específico o para intervenir de manera experimental dentro de un programa educativo de arquitectura. Las tecnologías utilizadas como herramientas educativas como *ePortafolio* y *Stop Motion* comparten la característica de documentar el progreso de los estudiantes y proporcionar retroalimentación; los VLE y VDS permiten llevar a cabo educación en línea. Las tecnologías empleadas como herramientas de comunicación e interacción como SNVDS, que utilizan las redes sociales, son tecnologías recientes que buscan convertirse en un medio educativo interactivo y llamativo para los estudiantes.

Tabla 3*Características de las tecnologías que han sido utilizadas en la educación arquitectónica*

Tecnología	Características
RA	<p>Se basa en la superposición de imágenes y objetos virtuales puestos sobre el mundo real y el contexto físico para crear una realidad mixta, esta característica de vincular el mundo virtual y real la convierte en una herramienta apropiada para ser empleada en la educación arquitectónica.</p> <p>Se clasifica de acuerdo a la función del producto, puede ser RA basada en marcadores, RA sin marcadores, RA basada en ubicación, RA superpuesta, RA basada en proyección y RA delineada.</p>
RV	<p>Es un medio que incluye simulaciones interactivas por computadora las cuales brindan la sensación de estar inmersos en la simulación cuando se reemplaza o mejora la retroalimentación de tan solo uno de los sentidos de los usuarios.</p> <p>La realidad virtual se divide en sistemas inmersivos y no inmersivos, los primeros envuelven totalmente al usuario mediante hardware especializado, por ejemplo, a través de unidades de visualización que se montan en la cabeza. Los sistemas no inmersivos utilizan hardware más general y los usuarios no están totalmente inmersos.</p> <p>Por sus características de simulación, la RV ha sido utilizada para la capacitación en trabajos de alto riesgo, no obstante, sus aplicaciones en la educación arquitectónica han sido limitadas.</p>
XR	<p>Es un término emergente que se refiere al espectro del continuo realidad-virtualidad que incluye RV, RA Y RM. La RM se refiere a la interactividad entre objetos físicos y virtuales.</p>
BIM	<p>Es un sistema que utiliza y mantiene toda la información de la arquitectura, construcción, estructura y mecánica de un proyecto arquitectónico, esta tecnología se lleva a cabo mediante diversos softwares de tipo abierto.</p> <p>Permite el trabajo colaborativo ya que varios equipos pueden trabajar en proyectos desde distintos lugares.</p> <p>Cuenta con niveles desde 3D hasta 7D y cada nivel brinda información diferente del proyecto.</p> <p>Mezcla las capacidades de los sistemas de información con la tecnología informática, por lo que se puede decir que es un enfoque de diseño virtual.</p>
4D CAD	<p>Permite verificar y planificar los proyectos de construcción. Para la realización de modelos 4D se pueden utilizar herramientas 3D o 2D, o también a partir de tecnologías que integran 4D, como BIM.</p>
ePortfolio	<p>Reúne el trabajo de estudiantes y profesores para que los estudiantes reflexionen sobre su proceso y desarrollo para que identifiquen los puntos de mejora, a su vez sirve como instrumento de evaluación.</p>
Stop Motion	<p>El video comenzó a integrarse en la educación arquitectónica entre los años 70 y 80. Se han empleado videotutoriales para el desarrollo de habilidades de representación de los estudiantes. También la documentación en video a través de la técnica de Stop Motion sirve</p>

Tabla 3

Características de las tecnologías que han sido utilizadas en la educación arquitectónica

Tecnología	Características
VLE	como medio para recordar y descubrir elementos del proceso de diseño así con repetidas visualizaciones se puede llegar a una evaluación y retroalimentación del proceso. Son sistemas de tecnología de la información diseñados para facilitar la enseñanza y el aprendizaje a través de diversas herramientas en línea en un solo lugar, por ejemplo, Moodle, Canvas y Blackboard.
VDS	Desde mediados de los 90 ha sido parte de la educación en arquitectura. Utiliza diversas herramientas, servicios y sistemas digitales para reproducir o complementar los estudios de diseño físicos tradicionales. Sus objetivos son generar un medio de gestión, comunicación, colaboración y compromiso mediante herramientas basadas en la Web.
SNVDS	Utiliza herramientas de redes sociales contemporáneas para ofrecer recursos opcionales para la comunicación, el compromiso y la colaboración junto con el entorno físico del estudio.

Nota. Elaboración propia basada en Hajirasouli & Banihashemi (2022), Kharvari & Kaiser (2022), Bashabsheh et al., (2019), Hossain & Bin Zaman (2022), Roco & Barberà (2022), Koutsoumpos (2021), Bailey-Ross et al. (2022).

3.5. Categorización: ¿Cuáles son las tecnologías que se han incorporado en la educación arquitectónica en relación a los enfoques pedagógicos?

De las publicaciones analizadas, en las que se incorporaron tecnologías en la educación arquitectónica, solo 7 (36.6%) de 19 se realizaron bajo un enfoque pedagógico donde el constructivismo fue predominante. Para las demás tecnologías (63.1%) no se mencionó en los estudios ningún enfoque para su implementación (Figura 1).

Figura 1

Tecnologías incorporadas en relación a enfoques pedagógicos



3.6. Ejemplificación: ¿Cómo se han incorporado las tecnologías en la educación arquitectónica?

De manera complementaria a los cursos convencionales y existentes

Actualmente, los VDS son utilizados en todo el mundo, en los cuales las TIC y los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (SGA) sirven para facilitar su manejo. La incorporación de esta tecnología ha sido para complementar los cursos convencionales, puesto que se considera que los cursos virtuales tienen un enfoque de enseñanza instructiva que no corresponde con el proceso de enseñanza de la arquitectura, la cual parte de un proceso interactivo y experiencial (Bakir & Alsaadani, 2022). Para lograr una mayor integración, se propone el desarrollo de VDS dentro de los espacios de interacción más comunes, como las Redes Sociales.

La incorporación de *ePortfolio* se realizó mediante las herramientas *Web 2.0 Blogger* y *Word Press*, y se implementó como una estrategia complementaria y paralela al estudio de diseño con el objetivo de observar su

impacto como herramienta TIC para potenciar los Principios de Aprendizaje en Red (NLP, por sus siglas en inglés de Networked Learning Principles). Los *ePortfolio* fueron creados y desarrollados para los estudiantes con la finalidad de facilitar el desarrollo de sus evidencias de aprendizaje. Su incorporación se realizó en cuatro etapas: inducción, seguimiento, síntesis y evaluación y validación. Los resultados indicaron que el *ePortfolio* promueve la participación y colaboración, apoya la gestión, la comunicación y la responsabilidad social de los estudiantes. Además, los NLP, con el soporte de *ePortfolio* poseen potencial para vincular la educación con la profesión (Roco & Barberà, 2022).

De forma experimental dentro de un curso curricular existente

El software BC/VR basado en RV fue desarrollado en una investigación y probado con un grupo de estudiantes de un curso de construcción de edificios de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Jordania. Para el desarrollo del software, inicialmente se seleccionó un proyecto que cumpliera con los objetivos de aprendizaje del curso. Después, a partir de dibujos 2D existentes, se utilizó el software *AutoCAD* para realizar el modelo 3D y entonces exportar los archivos 3D a 3Ds Max para la definición de materiales y así lograr una apariencia más realista. Por último, se exportó al motor de juego *Unity Game Engine* para crear la RV tanto inmersiva como no inmersiva. Para la experiencia para el usuario se utilizó una pantalla montada en la cabeza de *Oculus Rift*. La aplicación del software BC/VR se evaluó con la Escala de Likert. Los resultados indicaron un buen nivel de aceptación y satisfacción de los estudiantes hacia el software como método de enseñanza (Bashabsheh et al., 2019).

Se han desarrollado diversas tecnologías basadas en RA con varios fines dentro de la educación en arquitectura, ingeniería y construcción. Entre las finalidades principales de desarrollo se encuentran la mejora del aprendizaje, el desarrollo de habilidades y la mejora de la percepción visual y espacial. Las aplicaciones FBE *Piling AR* (PAR) y *Skope* son algunos ejemplos de tecnologías que se basan en RA creadas para tales fines.

La aplicación PAR fue diseñada para su implementación en los cursos de construcción y buscó mejorar la comprensión de los procesos constructivos, y desarrollar habilidades sociales y de trabajo colaborativo de los estudiantes. Su aplicación obtuvo aceptación por parte de los estudiantes y profesores ya que promovió un proceso educativo innovador, interactivo y en un ambiente colaborativo (Hajirasouli & Banihashemi, 2022). Las herramientas utilizadas para esta tecnología fueron *AppStore* de *Google Play*, *BIM*, *SIG* y auriculares *Oculus*.

Skope es una tecnología basada en RA, desarrollada para mejorar la experiencia de aprendizaje e impulsar la interacción grupal de los estudiantes. En su aplicación, los resultados mostraron la mejora de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, así como la aceptación de la utilización de esta tecnología por parte de estudiantes y profesores (Hajirasouli & Banihashemi, 2022). Esta tecnología utilizó archivos *BIM* y *Excel* que se integraron en *Unity Game Engine*.

Otra tecnología basada en RA utilizó los programas *SketchUp* y *3Ds Max V-Ray* para incrementar y mejorar las habilidades espaciales y de representación visual en construcción de los estudiantes. Los elementos diseñados en dichos programas se transfirieron a la simulación de RA y se utilizaron marcadores para ser escaneados con software de RA. Como resultado, se obtuvo la mejora en la percepción y comprensión espacial, así como en la representación visual de los estudiantes (Hajirasouli & Banhashemi, 2022).

En la Escuela de Arquitectura de Atenas, durante la evaluación de un curso con modalidad convencional, los estudiantes debían elaborar un modelo físico, por lo que se propuso la implementación de *Stop Motion* para documentar en video el proceso de diseño del edificio que tenían que trabajar en el estudio de diseño; podían elegir entre realizar el modelo o el video. Para la realización del video, los estudiantes utilizaron *Adobe Photoshop*, *iMovie*, *Keynote* o *Power Point*. El video fue percibido por los estudiantes como un instrumento revelador ya que al verlo en repetidas ocasiones podían descubrir algunas deficiencias y corregirlas. La utilización de *Stop Motion* permitió a los estudiantes tener mejor comprensión, conciencia y reflexión sobre su diseño (Koutsoumpas, 2021).

De manera experimental como curso nuevo dentro del plan de estudios

Para la incorporación de BIM se eligió un curso existente, el cual se modificó a un nuevo perfil de curso. La manera en que se abordó el curso partió de la comprensión de la tecnología BIM desde diferentes puntos: teoría, información que ofrece BIM, herramientas y comandos y por último el concepto y el diseño del proyecto mediante BIM. Con ello se creó un Outcome Based Curriculum (OBC) inicial. Bajo este enfoque, la incorporación de BIM con *Archi CAD23* se llevó a cabo durante todo el semestre. Al final el curso fue evaluado por medio de un cuestionario. Con los resultados se llegó a que BIM debe incorporarse de manera gradual desde los primeros años de formación, por lo que la reestructuración de diversos cursos es necesaria (Hossain & Bin Zaman, 2022).

Para estudiar y comprender VDS en el proceso educativo del diseño arquitectónico y de interiores en una investigación, se implementó VDS a través de reemplazar un estudio de diseño físico tradicional. Para los estudiantes fue difícil reemplazar la enseñanza presencial por la proporcionada a través de VDS. Especialmente, el aprendizaje del diseño, el aislamiento y falta de interacción también representó un reto para los estudiantes. En contraparte, indicaron que con VDS tenían más flexibilidad y control del tiempo (Bailey-Ross et al., 2022).

3.7. Evaluación: ¿Cómo se ha evaluado el impacto que han tenido las tecnologías dentro de la educación arquitectónica?

En una revisión sistemática sobre la implementación de RA en el ámbito educativo de la construcción, se encontró que la mayoría de los textos analizados coinciden en la utilidad de incorporar tecnologías basadas en RA ya que, con su implementación, se aminoran las distracciones del entorno físico en el proceso enseñanza aprendizaje, se mejoran las habilidades sociales y el trabajo colaborativo. También su uso resulta efectivo para mejorar las habilidades espaciales y gráficas de los estudiantes, lo que les proporciona mejor comprensión de sus

propuestas de diseño y su aplicación en la realidad. En general, se obtiene una mejora en el desempeño de los estudiantes a corto y largo plazo. Con el uso de contenidos inmersivos e interactivos se ofrecen métodos de enseñanza atractivos que propician la participación de los estudiantes haciendo el proceso educativo más efectivo (Hajirasouli & Banihashemi, 2022). La incorporación de RA en la educación en construcción tiene un buen nivel de aceptación, tanto en estudiantes como en profesores.

La incorporación de tecnologías XR en la educación arquitectónica afecta de manera positiva los resultados de aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes. Con su uso los estudiantes adquieren una mejor comprensión de los cursos y mejoran su motivación. La RV resulta favorable para la enseñanza de la representación arquitectónica, puesto que fomenta el pensamiento crítico, mejora la percepción espacial y la reflexión de los estudiantes sobre las características formales, funcionales y materiales de sus diseños (Kharvari & Kaiser, 2022).

La utilización del software BC/VR en la educación arquitectónica muestra potencial de brindar información a los estudiantes mejor que la forma tradicional, además de ser percibido como más agradable y con mayor capacidad de integración con otros cursos que la forma tradicional (Bashabsheh et al., 2019). Al igual que la RV, la RA fomenta motivación y compromiso, facilita y promueve la interacción, reduce la carga cognitiva y permite visualizar conceptos abstractos. La RA propicia mejores interacciones entre pares, entre estudiantes y profesores y entre estudiantes con el contenido de aprendizaje (Mahmoud et al., 2022).

A través de recabar las opiniones de los profesores, se encontró que las principales ventajas de que los estudiantes utilicen Internet son la facilidad para obtener dibujos para el proyecto, el estudio de proyectos análogos, acceso a las tendencias arquitectónicas actuales y la posibilidad de inscribirse a concursos internacionales o premios. Como desventajas, se identificaron la disminución del interés por la identidad y la cultura local, la falta de consolidación de ideas, la confiabilidad y credibilidad que se da a los proyectos. No obstante, la mayoría de los profesores estuvo de acuerdo en que había una mayor calidad del diseño. Por otro lado, con el análisis de proyectos de graduación de diseño de varios años se demostró que Internet no aparta a los estudiantes de su cultura, sino que mantiene la conexión y permite expandir su conocimiento hacia otras culturas (Eldardiry & Elmoghazy, 2018).

3.8. ¿Qué se recomienda en la incorporación de tecnologías en la educación arquitectónica?

La incorporación de BIM en la educación superior en arquitectura se recomienda de manera gradual a partir del segundo año, e iniciar con conocimientos básicos de dibujo y modelado arquitectónico para que en niveles superiores se implemente software de renderizado y animación. Por lo tanto, se requiere un marco de estrategias para el diseño con BIM, pues es relevante que los estudiantes de arquitectura aprendan este tipo de tecnologías desde los inicios de sus estudios (Hossain & Bin Zaman, 2022).

Las tecnologías de realidad extendida se pueden integrar con los cursos del currículo de arquitectura. No obstante, se requiere de mayor investigación para medir el impacto de estas tecnologías en el proceso de

enseñanza aprendizaje, sobre todo, en temas de creatividad, para los que se sugieren estudios psicológicos con la finalidad de obtener mediciones precisas (Kharvari & Kaiser, 2022).

Se recomienda incorporar en el plan de estudios de arquitectura herramientas digitales de diseño como *Lumion*, *Rhinoceros*, *Grasshopper*, *Indesign*, *Blender 3D*, *Corel Draw* y *Design Builder*, puesto que son utilizadas en la práctica arquitectónica. Así como integrar estas herramientas desde el desarrollo conceptual del diseño. Por lo tanto, sería de utilidad contar con un esquema global en aplicaciones informáticas para la educación superior en arquitectura (Soliman et al., 2019), para lo cual se necesitan más estudios de profundidad, al igual que con la incorporación de VDS, donde se recomienda una mayor experimentación en diferentes niveles para explorar sus elementos como herramienta educativa (Bailey-Ross et al., 2022).

En el proceso educativo de las nuevas generaciones de arquitectos, los estudiantes deben aprender de programación y *scripting* para que puedan desarrollar sus propias herramientas digitales para el diseño. También deben aprender a hacer un meta diseño para que puedan enfrentar problemas reales de diseño (Zarei, 2018).

4. Discusión y conclusiones

En la educación arquitectónica, el enfoque constructivista a través del ABP ha sido la forma de enseñanza - aprendizaje más habitual para el estudio del diseño, a tal punto de convertirse en parte de la cultura arquitectónica. Este enfoque es predominante debido a las particularidades propias de la profesión, ya que una de las características de la arquitectura es el desarrollo de proyectos arquitectónicos que permitan dar solución a un problema determinado.

En la actualidad, la educación tradicional en arquitectura se enfrenta con desafíos como el traslado del estudio del diseño a la educación en línea y a distancia. Es que la educación virtual ha buscado impactar de manera positiva en los procesos de enseñanza - aprendizaje de muchos de los cursos que forman parte del programa de estudios de las universidades, por lo que la propuesta de un estudio de diseño virtual no es nueva, pero con su aplicación obligada durante la pandemia se pudo valorar su impacto, y destacó la necesidad de mejorar la flexibilidad, adaptación, preparación e integración de las TIC.

Este cambio del estudio de diseño físico a un estudio de diseño virtual es cada vez más cercano debido a futuras tendencias en la educación superior como Inteligencia Artificial (IA) para el análisis del aprendizaje, IA para herramientas de aprendizaje, espacios híbridos de aprendizaje, modalidades de aprendizaje híbridas y a distancia, micro credenciales y desarrollo profesional para la enseñanza híbrida o a distancia (Pelletier et al., 2022), las cuales son referencia para el desarrollo de estrategias que permitan lograr los objetivos de la educación superior actual y, en este caso, de la educación arquitectónica. Por lo tanto, resulta necesario indagar más sobre las diferentes formas de llevar a cabo el estudio de diseño. Por ejemplo, a través de VDS, pero también en los demás cursos complementarios.

Además de la pedagogía tradicional en arquitectura y de la educación en línea y a distancia, también hay necesidades importantes que tratan de ser resueltas a través de otras estrategias de aprendizaje, como la integración de la teoría con la práctica a través del Aprendizaje Experiencial. Este aprendizaje se basa en la construcción de conocimiento mediante “una inmersión de experiencias en el mundo real” (Gleason & Rubio, 2020, p. 4) para reflexionar sobre estas experiencias y generar un aprendizaje significativo, por lo que de esta manera se podría vincular de forma más efectiva la educación con la profesión.

El aprendizaje experiencial a través del Modelo de Kolb o del modelo de Aprendizaje Situado, así como el aprendizaje colaborativo, son diferentes formas de llevar a cabo el enfoque constructivista. Aunque no sean específicamente nombradas en algunos estudios o en el entorno académico, hay una utilización predominante de diversas estrategias constructivistas en el proceso de enseñanza - aprendizaje del estudio del diseño y de algunos cursos complementarios como los de construcción, que son más técnicos. Lo que demuestra que, aunque el ABP ha sido la estrategia que impera en el estudio del diseño, no es suficiente si no se relaciona con problemas del contexto real. Esto coincide con el hecho de que en diversas áreas del conocimiento las universidades de hoy en día aplican metodologías de aprendizaje experiencial a través de laboratorios comunitarios, programas de emprendimiento, servicio social, pasantías, entre otros (Gleason & Rubio, 2020).

Otra estrategia que busca adaptar la educación al contexto actual es el Aprendizaje Multimedia, de Mayer. Esta teoría enfatiza el estudio del procesamiento de la información a través del contenido multimedia para que el diseñador adapte el contenido educativo a las nuevas tecnologías mediante una adecuada planeación instruccional y cognoscitiva (Latapie, 2007), por lo cual el principal responsable de la manera en cómo es presentado el contenido multimedia es el diseñador del aprendizaje, que es el profesor. Actualmente, en la educación universitaria, el docente tiene que poseer competencias tecnológicas en el “manejo de información, comunicación en entornos virtuales, creación de contenidos virtuales, protección de datos y resolución de problemas” (Solórzano, 2021, p. 12). En la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza aprendizaje la educación no debería estar centrada en el profesor, pero tampoco en el estudiante, ya que ambos forman parte del proceso para llevar a cabo el aprendizaje. Se puede disponer de las mejores herramientas tecnológicas a incorporar en el aula, pero si el profesor no planifica o no es capaz de integrarlas, no tendrían éxito en el aprendizaje. El profesor tiene que volverse diseñador del aprendizaje, en lugar de un facilitador de contenido. Por el contrario, los estudiantes tienen que dejar de ser receptores y convertirse en constructores de su aprendizaje a través de métodos y herramientas que les motiven a hacerlo.

En general, los avances tecnológicos para la educación superior facilitan los métodos de enseñanza y hacen más dinámicas las formas de aprender (Bernate & Vargas, 2020). Este hecho se ve reflejado en la relación entre la educación arquitectónica con la utilización de tecnología, puesto que se ha tenido un impacto positivo en su utilización y en el desarrollo de enfoques educativos basados en tecnologías. Sin embargo, un hallazgo importante fue encontrar que no hay marcos, métodos o estrategias de enseñanza apropiados para la incorporación de tecnologías. Y la manera en que ya se están incorporando algunas tecnologías, como BIM, no están resultando

adecuadas. La mayoría de las incorporaciones de tecnologías analizadas en la cartografía se realizaron sin un enfoque específico, lo cual confirma la necesidad de un marco pedagógico que permita guiar el proceso de enseñanza aprendizaje en arquitectura mediado por tecnología.

Por ejemplo, en la educación en línea y a distancia uno de los principales problemas es llevar el estudio del diseño con las características que se tiene en el aula física al aula virtual. No obstante, hay que reconocer que esto puede ser un reto difícil de lograr si no se buscan nuevas maneras de interacción que aporten los mismos beneficios educativos que la interacción en el aula. Es por eso que el estudio de la integración de las Redes Sociales en el estudio de diseño se ha vuelto un tema importante para generar plataformas como SNVDS.

O, en el caso de Internet, su utilización en el estudio de diseño ha sido analizada con el fin de valorar su impacto en la cultura, identidad y creatividad en el desarrollo de proyectos arquitectónicos, el cual ha sido positivo. Pero a través de este ejemplo se puede notar la relevancia de examinar de una forma precisa el impacto de las herramientas digitales en la educación arquitectónica para determinar si su utilización en realidad vale la pena o no, o cómo su integración podría mejorarse a través de la creación de estrategias educativas específicas. Desde que comenzó a utilizarse internet de forma generalizada, tiene un amplio recorrido de investigación en la educación a diferencia de tecnologías como RV o RA que, de manera más reciente, han sido utilizadas y que por lo tanto su valoración e impacto también son necesarias para establecer criterios y adecuaciones que permitan la mejora continua de los procesos educativos llevados a cabo con estas tecnologías.

Ante el impacto positivo de la utilización de tecnologías en la educación arquitectónica, se tiene en consecuencia el reemplazo de técnicas de diseño tradicionales y su repercusión en la manera de diseñar, lo que a su vez no solo tiene repercusiones en el proceso enseñanza aprendizaje de la arquitectura y en la práctica profesional, sino también en la manera en que los usuarios finales viven y habitan la arquitectura en las ciudades y poblaciones. Varios educadores e investigadores consideran imprescindible el dibujo manual en la formación y en el desempeño del arquitecto. Sin embargo “las nuevas tecnologías han causado que en algunos círculos y especialmente en los nuevos estudiantes, se produzca un deseo de restarle valor al dibujo a mano, volcándose inmediatamente a las herramientas digitales” (Hernández Porras et al., 2020, p.72). Por eso, el hecho empezar a conceptualizar el proyecto arquitectónico, ya no desde el papel, sino desde la computadora es algo que preocupa en cuanto a sus implicaciones en la creatividad y en la utilización innecesaria de herramientas digitales.

Además del reconocimiento de la falta de un marco pedagógico para la incorporación de tecnologías en la educación arquitectónica, este debe integrar la educación en sostenibilidad, puesto que, aunque no es el tema de estudio en esta investigación, la integración de conocimientos en sostenibilidad a través de tecnologías para la educación arquitectónica resulta indispensable para lograr los requerimientos que demanda la industria en cuanto al diseño de edificios con eficiencia energética. Como fue encontrado en esta investigación, los estudiantes carecen de preparación en esta área para el diseño.

A través del análisis sistemático de las publicaciones se encontraron diversas maneras en que se han incorporado las tecnologías en la educación arquitectónica, las cuales han sido de manera complementaria o experimental, por lo que hay un largo camino que recorrer para lograr una implementación adecuada. Sobre todo, por el impacto positivo que estas tecnologías han demostrado en estas formas de incorporación, en contraste a la transformación que implica para cada uno de los que intervienen en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Por tal razón, uno de los ejes abordados fue el de recomendaciones para la incorporación de tecnologías, que pueden tomarse como punto de partida para la realización investigaciones. A pesar de que se recomienda la incorporación de ciertos softwares como *Lumion* o *Rhinoceros*, entre otros, por ser empleados en la práctica profesional, no se encontraron ejemplos de su incorporación, por lo que se requiere mayor investigación en el tema. Son necesarias investigaciones que profundicen en la incorporación de tecnologías en áreas específicas de la educación arquitectónica, además del estudio de diseño, y en contextos educativos específicos, para lograr mayor precisión en la generación de metodologías que se aproximen a la mejora educativa.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Doctorado en Tecnología Educativa de la Universidad Autónoma de Querétaro, México, por su apoyo y patrocinio para la realización de esta investigación.

Referencias

- Afify, H. M. N., Alhefnawi, M. A. M., Istanbouli, M. J., Alsayed, A. H., & Elmoghazy, Z. A. A. E. (2021). An evaluation of physical model-making as a teaching method in the architectural design studio – A case study at Imam Abdulrahman Bin Faisal University. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1123–1132. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.07.002>
- Asfour, O. S., & Alkharoubi, A. M. (2023). Challenges and opportunities in online education in Architecture: Lessons learned for Post-Pandemic education. *Ain Shams Engineering Journal*, 102131. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102131>
- Bailey-Ross, C., Andrews, M., Al Hasan, M. S., & Haestier, A. (2022). Virtual Learning Environments in Hong Kong and the Digital Design Studio: When Needs Must. En M. G. Jamil & D. A. Morley (Eds.), *Agile Learning Environments amid Disruption: Evaluating Academic Innovations in Higher Education during COVID-19* (pp. 547–564). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92979-4_34
- Bakir, R., & Alsaadani, S. (2022). What, who, and when? How social networking achieves online digital engagement in an architectural design studio. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00101-8>
- Bashabsheh, A. K., Alzoubi, H. H., & Ali, M. Z. (2019). The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions. *Alexandria Engineering Journal*, 58(2), 713–723. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.06.002>
- Bernate, J., & Vargas Guativa, J. A. (2020). Desafíos y tendencias del siglo XXI en la educación superior. *Revista de ciencias sociales*, 26(Extra 2), 141–154.
- Djabarouti, J., & O'Flaherty, C. (2019). Experiential learning with building craft in the architectural design studio: A pilot study exploring its implications for built heritage in the UK. *Thinking Skills and Creativity*, 32, 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.05.003>
- Doheim, R. M., & Yusof, N. (2020). Creativity in architecture design studio. Assessing students' and instructors' perception. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119418. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119418>
- Eldardiry, D. H., & Elmoghazy, Z. A. (2018). The impact of the internet on students' enhancement of cultural aspects in design projects: A case study on interior design graduation projects, University of Dammam, Saudi Arabia. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1), 287–302. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9388-6>
- El-Latif, M. A., Al-Hagla, K. S., & Hasan, A. (2020). Overview on the criticism process in architecture pedagogy. *Alexandria Engineering Journal*, 59(2), 753–762. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.01.019>
- Erazo, E. D., & Sánchez, P. (2013). Incidencia de medios de expresión digital en formación de arquitectos y arquitectas. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 11(2), 769–781. <https://doi.org/10.11600/1692715x.11221170912>
- Gleason Rodríguez, M. A., & Rubio, J. E. (2020). Implementación del aprendizaje experiencial en la universidad, sus beneficios en el alumnado y el rol docente. *Revista Educación*, 264–282. <https://doi.org/10.15517/revedu.v44i2.40197>
-

- Hajirasouli, A., & Banihashemi, S. (2022). Augmented reality in architecture and construction education: State of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00343-9>
- Hemdan, J. T., Taha, D. S., & Cherif, I. A. (2023). Relationship between personality types and creativity: A study on novice architecture students. *Alexandria Engineering Journal*, 65, 847–857. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.09.041>
- Hernández Porras, R., Ghisays Chadid, G., Diaz Marriaga, J., & Guevara Guevara, O. (2020). *Tendencias del Programa de Arquitectura*. <https://doi.org/10.21892/9789588557724.03>
- Hossain, S. T., & Bin Zaman, K. M. U. A. (2022). Introducing BIM in Outcome Based Curriculum in undergraduate program of architecture: Based on students perception and lecture-lab combination. *Social Sciences & Humanities Open*, 6(1), 100301. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100301>
- Kharvari, F., & Kaiser, L. E. (2022). Impact of extended reality on architectural education and the design process. *Automation in Construction*, 141, 104393. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104393>
- Koutsoumpos, L. (2021). Stop Motion: Being Precise About the Uncertainty of the Design Process in Architectural Education. En D. S. P. Gedera & A. Zalipour (Eds.), *Video Pedagogy: Theory and Practice* (pp. 83–102). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4009-1_5
- Latapie, I. (2007). Acercamiento al aprendizaje multimedia. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, 6, 7.
- Mahmoud Ali, S. (2020). The Role of Visualization Software in Architectural. *Revista de Arquitectura, Artes y Humanidades*, 5(24), 26–43. <https://doi.org/10.21608/mjaf.2020.23435.1496>
- Mahmoud Saleh, M., Abdelkader, M., & Sadek Hosny, S. (2022). Architectural education challenges and opportunities in a post-pandemic digital age. *Ain Shams Engineering Journal*, 102027. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102027>
- Martínez García, C., Castro Escalante, C., & Nieto Mendoza, I. (2021). Educación y tecnología: Actitud, conocimiento y el uso de las TIC en universitarios barranquilleros de la Facultad de Arquitectura. *Dictamen Libre*, 28, 49–60. <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.28.7292>
- Martínez Osorio, P. A. (2013). El proyecto arquitectónico como un problema de investigación. *Revista de Arquitectura*, 15(1), 54–61. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2013.15.1.6>
- Pelletier, K., McCormack, M., Reeves, J., Robert, J., & Arbino, N. (2022). *2022 EDUCAUSE Horizon Report, Teaching and Learning Edition*.
- Rengifo Espinosa, C. A., Torres Cuadrado, E. M., Anaya González, J. R., Rocha Álvarez, D. E., Machado Penso, M., & Navas de la Cruz, O. A. (2021). Aplicativo de realidad virtual inmersiva para el aprendizaje de la composición volumétrica en el diseño arquitectónico. *ACE: Architecture, City and Environment*, 16(46). <https://doi.org/10.5821/ace.16.46.9633>
-

- Roco, M., & Barberà, E. (2022). ePortfolio to promote networked learning: An experience in the Latin American context. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00336-8>
- Singery, M. (2023). The Missing Link in Architectural Pedagogy: Net Zero Energy Building (NZEB). En A. Sayigh (Ed.), *Towards Net Zero Carbon Emissions in the Building Industry* (pp. 283–291). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15218-4_14
- Soliman, S., Taha, D., & El Sayad, Z. (2019). Architectural education in the digital age: Computer applications: Between academia and practice. *Alexandria Engineering Journal*, 58(2), 809–818. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.05.016>
- Solórzano Chaca, E. (2021). Competencias digitales de estudiantes y profesores universitarios: Una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), Article 6. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1348
- Tobón, S., Gonzalez, L., Salvador Nambo, J., & Vazquez Antonio, J. M. (2015). La Socioformación: Un Estudio Conceptual. *Paradigma*, 36(1), 7–29.
- Tobon, S., Martínez, J. E., Rojo, E. V., & Quiriz, T. (2018). Prácticas pedagógicas: Análisis mediante la cartografía conceptual. *Revista Espacios*, 39(53). <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-31.pdf>
- Zarei, Y. (2018). When Practice Dictates Change: A New Framework for Architectural Education. En Q. M. Zaman & I. Troiani (Eds.), *Transdisciplinary Urbanism and Culture: From Pedagogy to Praxis* (pp. 41–51). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55855-4_5
-