

Incorporación de **HERRAMIENTAS DIGITALES** **EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR** **EN ARQUITECTURA:** **CASO DE ESTUDIO UAQ**

Incorporation of digital tools in Higher Education in Architecture: UAQ case study

Luz ANGÉLICA MONDRAGÓN-DEL ÁNGEL*, SANDRA LUZ CANCHOLA-MAGDALENO**

Fecha de recibido:
23 Agosto 2024
Fecha de aceptado:
22 Noviembre
2024

*Universidad
Autónoma del
Estado de México
luz.mondragon@
uaq.edu.mx

**Universidad
Autónoma del
Estado de México
sandra.canchola@
uaq.mx

RESUMEN. La enseñanza de la representación gráfica arquitectónica no se ha adaptado completamente a los avances tecnológicos actuales. En la Licenciatura de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Querétaro, México, se realizó un diagnóstico sobre la incorporación de herramientas digitales de representación gráfica por parte del profesorado, con el objetivo de proponer estrategias para integrar eficazmente estas tecnologías en la educación arquitectónica. Se utilizó el método mixto basado en el Diseño de Triangulación Concurrente. Se encontró que las principales herramientas digitales empleadas por los docentes incluyen plataformas educativas, medios de interacción social, videos, imágenes y software de diseño como AutoCAD, ArchiCAD, Revit y Sketchup. Los docentes valoran igualmente la representación gráfica digital y la manual, resaltando la necesidad de un equilibrio en la enseñanza de ambas técnicas. La incorporación de herramientas digitales debe ajustarse al nivel de conocimientos arquitectónicos y al dominio de estas herramientas por parte de los estudiantes. Se identificaron limitaciones en el uso de herramientas digitales para la exploración creativa. Como conclusión, destaca la importancia de equilibrar la enseñanza de técnicas manuales y digitales, y se recomienda la actualización de los planes de estudio para alinearlos con las necesidades de la práctica profesional arquitectónica.

Palabras clave: diseño, docentes, educación superior, incorporación, software.

ABSTRACT. The teaching of architectural graphic representation has not been fully adapted to current technological advances. In the Bachelor of Architecture program at the Autonomous University of Queretaro, Mexico, a diagnosis was made on the incorporation of digital tools of graphic representation by the teachers, with the aim of proposing strategies to effectively integrate these technologies in architectural education. The mixed method based on Concurrent Triangulation Design was used. It was found that the main digital tools employed by teachers include educational platforms, social interaction media, videos, images and design software such as AutoCAD, ArchiCAD, Revit and Sketchup. Teachers equally value digital and manual graphic representation, highlighting the need for a balance in the teaching of both techniques. The incorporation of digital tools should be adjusted to the level of architectural knowledge and the students' mastery of these tools. Limitations in the use of digital tools for creative exploration were identified. In conclusion, the importance of balancing the teaching of manual and digital techniques stands out, and it is recommended that curricula be updated to align them with the needs of professional architectural practice.

Key words: design, teachers, higher education, incorporation, software.

Durante los últimos años, la práctica arquitectónica ha evolucionado significativamente debido a la continua incorporación de nuevas herramientas digitales. Desde la introducción del *Computer Aided Design* (Diseño Asistido por Computadora, por sus siglas en inglés, *CAD*), la tecnología ha sido crucial para optimizar el tiempo en la generación de planos, representación y visualización de proyectos arquitectónicos y urbanísticos. Hoy en día, sería difícil concebir un proyecto arquitectónico sin la utilización de software de diseño como *AutoCAD*, *Sketchup* y *Revit*, entre otros.

Además del empleo de hardware y software especializado que permiten visualizaciones avanzadas y fotorrealistas, las técnicas de representación digital en arquitectura se han orientado hacia metodologías como el *Building Information Modeling* (Modelado de Información para la Construcción, por sus siglas en inglés, *BIM*), el cual no solo optimiza los procesos de diseño y construcción, sino que también mejora la precisión y eficiencia en la ejecución de proyectos arquitectónicos.

En la enseñanza de la arquitectura, las técnicas de representación manual son un componente esencial para la formación de un arquitecto. Esto se debe a que el dibujo a mano es una tarea que implica el pensamiento crítico y creativo. Dibujar a mano facilita el proceso creativo necesario para el diseño arquitectónico. Por ello, su enseñanza ha prevalecido en las facultades de arquitectura a nivel mundial. No obstante, se carece de un marco que sustente la adaptación de estas técnicas al contexto digital actual, que está en constante evolución (Castro-Revilla, 2018).

La representación gráfica arquitectónica, que es el lenguaje para la comunicación de ideas en arquitectura, no ha sufrido transformaciones relevantes en sus principios y conceptos desde mediados del siglo *xx*. La teoría predominante en la enseñanza de la gráfica manual tiene su origen en la era anterior a la informática y no se ha ajustado a los cambios recientes (Castro-Revilla, 2018). Esto significa que las bases teóricas

y metodológicas que sustentan la enseñanza del dibujo manual en arquitectura fueron desarrolladas antes de la introducción y popularización de las herramientas digitales. Con el avance de la tecnología y la integración de software de diseño, estas teorías no han evolucionado a la par, lo que genera un desajuste entre lo que se enseña y las herramientas y métodos que se utilizan en la práctica profesional.

Las técnicas manuales involucran la delineación con reglas, escuadras y cartabones, plantillas, compases y escalímetros, el cual es el procedimiento tradicional para elaborar planos y representaciones arquitectónicas. A pesar de la creciente digitalización del entorno, estas herramientas continúan desempeñando un papel significativo en el ámbito arquitectónico (Ching, 2016). El dibujo manual generalmente se imparte en los cursos iniciales de los planes de estudio, para luego ser sustituido por software de diseño (Sandoval *et al.*, 2021). Sin embargo, los estudiantes de Arquitectura de los primeros semestres se acercan cada vez más, de forma autodidacta, a las herramientas digitales de representación gráfica. Por lo que, la utilización de software de diseño supera el nivel de conocimiento formal que los estudiantes tienen sobre estos (Mondragón-del-Angel & Canchola-Magdaleno, 2023). No hay un consenso sobre cómo integrar lo digital con lo manual, lo que provoca que aparezcan en el currículo como técnicas independientes y que se utilicen los *softwares* de diseño de manera generalizada. En consecuencia, el alumnado puede no estar completamente preparado para integrar de manera efectiva las técnicas manuales con las herramientas digitales modernas, lo cual puede limitar su capacidad para aprovechar al máximo las tecnologías disponibles.

La facilidad de uso, la simplicidad y la rapidez que proporcionan los *softwares* de diseño a menudo llevan a una falta de aprecio por los procesos de aprendizaje manual, los cuales están relacionados con la materialización de ideas, la observación, la percepción visual y espacial, y el análisis de objetos y espacios (Sandoval *et al.*, 2021). El alumnado podría considerar las técnicas manuales como innecesarias y, por lo tanto, no dedicar suficiente tiempo al desarrollo de habilidades manuales.

Esto podría limitar su capacidad de análisis para conceptualizar, ya que “dibujar a mano alzada con lápiz o pluma sigue siendo el sistema más directo e intuitivo para registrar nuestras observaciones y experiencias, analizar las ideas y realizar esquemas de conceptos de diseño” (Ching, 2016: VI).

El principal desafío radica en guiar a los estudiantes de manera efectiva, mediante estrategias educativas que fomenten el uso adecuado de tecnologías cada vez más accesibles, las cuales tienen un impacto significativo en el desarrollo de su creatividad. Por ejemplo, las visualizaciones de realidad virtual (RV) de los componentes de un edificio, pueden facilitar una comprensión más profunda del contexto, al mismo tiempo que promueven nuevas soluciones a los problemas detectados, por lo que esta herramienta estimula la exploración y el comportamiento curioso (Gyldendahl, 2017). No obstante, el uso de herramientas digitales presenta ciertas limitaciones, y es que muchos *softwares* no satisfacen plenamente los requisitos del diseño debido a lo impredecible de este proceso. Por ello, los diseñadores deben adoptar una perspectiva que trascienda las capacidades de las herramientas tecnológicas y no permitir que estas condicionen o restrinjan su pensamiento creativo (Zarei, 2018).

La necesidad de un marco implica la comprensión del tema a nivel internacional, nacional y local en las instituciones de Educación Superior en Arquitectura y desde la perspectiva de los principales actores del proceso de enseñanza aprendizaje: docentes y estudiantes. La amplitud del tema requiere un análisis sustancial del cual esta investigación es parte a través de la realización de un diagnóstico sobre la incorporación de herramientas digitales por parte del profesorado, cuya finalidad es evaluar el estado actual de dicha integración en un contexto específico.

Por tal razón, esta investigación plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo incorporan los docentes las herramientas digitales de diseño en las clases dedicadas a la representación gráfica arquitectónica? Para responder esta pregunta, se ha tomado como contexto de estudio la Licenciatura en Arquitectura de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ),

México. El objetivo fue realizar un diagnóstico sobre la incorporación de herramientas digitales de representación gráfica por parte del profesorado para proponer estrategias que permitan abordar de manera eficaz las tecnologías en el campo de la educación arquitectónica.

METODOLOGÍA

Se utilizó un método de investigación mixto a través del Diseño de Triangulación Concurrente DITRIAC, el cual consiste en recolectar y analizar datos cuantitativos y cualitativos simultáneamente sobre el problema de investigación (Hernández *et al.*, 2014). Se realizó la cualificación de los datos cuantitativos, en la que los datos numéricos se analizaron mediante categorías. A su vez se realizó la cuantificación de los datos cualitativos y se efectuó un análisis descriptivo. En la triangulación de resultados, se compararon los datos cuantitativos con los datos cualitativos por medio de bases de datos.

Contexto educativo y población de estudio

Desde 1963, la Escuela de Ingeniería de la UAQ, ahora Facultad de Ingeniería, ha ofrecido estudios de licenciatura. En 2011, se aprobó la carrera de Arquitectura, y en 2012 ingresó la primera generación. En 2019, se reestructuró el programa para alinearse con el Modelo Educativo Universitario (MEU) de la UAQ, y con las evaluaciones de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) y de la Acreditadora Nacional de Programas de Arquitectura y Disciplinas del Espacio Habitable (ANPADEH). El MEU, propuesto en 2004, se basó en un enfoque humanista centrado en el aprendizaje multidisciplinario e interdisciplinario, con estructura flexible y compromiso social, integrando principios, valores, enfoque pedagógico e innovación educativa (UAQ, 2019).

El actual Plan de Estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAQ está estructurado con base en análisis regionales e históricos, incluye siete áreas de conocimiento esenciales, con un fuerte enfoque en el diseño y en la representación: 1. Diseño y proyectos, 2. Tecnología, 3. Teoría e historia, 4. Comunicación, 5. Urbano

ambiental, 6. Gestión y 7. Formación integral (UAQ, 2019). El eje disciplinar Formación integral es el de mayor carga de materias a lo largo de los 10 semestres que integran el currículo de la carrera. En segundo lugar, respecto a la carga de materias se encuentra el eje de Diseño y proyectos, y en tercer lugar el eje de Comunicación. Es en este eje donde las materias están enfocadas a la adquisición de habilidades, técnicas y conocimientos en representación gráfica arquitectónica.

Las materias del eje de Comunicación que se abordaron en la investigación fueron las materias de primer a tercer semestre. Los docentes participantes fueron los que impartieron las materias del periodo 2023-2 de: Geometría Descriptiva, Dibujo Técnico, Expresión Gráfica y Herramientas digitales para la Arquitectura I.

Investigación cuantitativa

Se llevó a cabo un estudio exploratorio descriptivo transversal. Esto implica que el enfoque de la investigación se centró en la recopilación y análisis de datos para describir las propiedades del objeto de estudio y, a partir de ello, lograr una comprensión más profunda de los criterios y condiciones del contexto actual de la incorporación de tecnologías en las materias del eje disciplinar de Comunicación del Plan de Estudios de la Licenciatura en Arquitectura de la UAQ.

Se diseñó un cuestionario con 26 preguntas, el cual fue validado mediante la evaluación de expertos y se llevó a cabo una prueba piloto con la aplicación del cuestionario a un docente de una de las materias del estudio, pero de otro campus. Se contactó a los docentes de forma presencial en las instalaciones de la UAQ y a cada uno se le dio a conocer el objetivo del estudio, invitándolos a participar en la investigación de manera voluntaria. Los cuestionarios se distribuyeron a los docentes durante los meses de octubre a diciembre de 2023, a través de un formulario de Google Forms.

Se realizó un análisis descriptivo de acuerdo con las categorías utilizadas en el diseño del instrumento: herramientas digitales, integración curricular, métodos y estrategias de enseñanza aprendizaje, evaluación e impacto, percepción y perspectivas y desarrollo profesional.

Investigación cualitativa

Se diseñó un guion de entrevista semiestructurada con referencia en las seis categorías antes mencionadas. La preparación e implementación siguió las etapas de la investigación cualitativa con entrevistas: organización temática, diseño, realización de las entrevistas, transcripción, análisis, verificación e informe (Kvale, 2007). Se contactó a cada participante para la realización de la entrevista, la cual se llevó a cabo en su lugar de trabajo, en las instalaciones de la institución educativa entre los meses de octubre a diciembre de 2023.

El análisis se basó en la Teoría Fundamentada, la cual incluye la organización y comprensión de los datos para interpretar la realidad (Hernández *et al.*, 2014). Se segmentaron los datos para identificar categorías y sus características durante la etapa de la codificación abierta. Posteriormente, en la etapa de codificación axial, se establecieron relaciones y comparaciones entre las categorías. Finalmente, en la etapa de codificación selectiva, se determinó una categoría central basada en su relación con otras, su frecuencia en los datos, su capacidad de inclusión y de vincularse a otras, sus implicaciones, su trascendencia, y su contribución y aplicación (Hernández *et al.*, 2014).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

Dentro de los resultados obtenidos mediante la aplicación de los cuestionarios se tienen algunas características demográficas relevantes. Entre ellas, 60% de los docentes encuestados son mujeres y 40% hombres, todos con el perfil académico de arquitectura. De acuerdo con los datos, 60% de los docentes tiene de 6 a 10 años de experiencia como docente de Arquitectura, 20% más de 20 años y 20% restante de 0 a 5 años, el rango de edad se encuentra entre los 27 a 55 años.

Herramientas digitales: Las herramientas digitales que los docentes utilizan en las clases que imparten de las materias de comunicación arquitectónica son mayormente *software* de diseño y herramientas educativas, y en menor medida herramientas de comunicación e

interacción. Las herramientas de análisis de datos como bases de datos o especializadas no fueron seleccionadas por alguno de los docentes. La mayoría de los docentes (80%) señaló haber tenido algún desafío al utilizar herramientas digitales en sus clases y algunas de las formas en que los superaron, fueron a través de capacitación, práctica y dedicación. Lo cual indica que estos desafíos se relacionan con el dominio o conocimiento sobre las herramientas digitales, sin embargo, también se mencionó como un desafío importante, que algunos estudiantes no cuentan con un equipo de cómputo personal que soporte los *softwares* requeridos para la clase, por lo que tienen que utilizar uno prestado o al que tienen acceso por parte de la institución.

Integración curricular: Tanto la representación gráfica manual como la representación gráfica digital resultaron de igual preferencia para los docentes, entre las razones se encuentran que la manual es necesaria para proporcionar métodos en la enseñanza, y la digital por la precisión y rapidez que proporciona. La elaboración de planos, la realización de modelos 3D y la realización de renders, son el tipo de trabajos en que los docentes incorporan con mayor frecuencia herramientas digitales de representación gráfica. Con la utilización de herramientas digitales, 60% de los docentes consideró que los estudiantes han mejorado la calidad y precisión de sus trabajos, 20% que tal vez y 20% que depende del trabajo que tengan que realizar.

Métodos y estrategias de enseñanza aprendizaje: Alrededor del 60% de los docentes cree que su programa académico no promueve de manera suficiente tanto el diseño a mano, como el uso de herramientas digitales y el resto señaló que no lo promueve. En este sentido, 60% de los docentes no ofrece oportunidades adicionales de formación a sus estudiantes para que adquieran habilidades en herramientas digitales para el curso que imparten, y 40% mencionó que sí lo hace. Por otro lado, los enfoques de enseñanza que utilizan los docentes para sus clases de las materias de comunicación arquitectónica son en primer lugar el Aprendizaje Basado en Proyectos, en segundo lugar, el Aprendizaje Basado en

Problemas y en tercer lugar el Aprendizaje experiencial.

Evaluación e impacto: Según los resultados, 60% de los docentes consideró que el dominio de herramientas digitales sí es esencial para una exitosa carrera en Arquitectura en la actualidad, mientras que 40% mencionó que tal vez. Pero todos afirmaron que dominar estas herramientas requiere un tiempo significativo de práctica.

Percepción y perspectivas: Dentro de las herramientas digitales para arquitectura que los docentes señalaron como sus favoritas para utilizar en las clases que imparten y en su práctica profesional se encuentran: 1. *AutoCAD*, 2. *ArchiCAD* y 3. *Revit* y *Sketchup*. Puesto que estas herramientas son más aplicables a sus clases, se acoplan a la disciplina arquitectónica constructiva, cuentan con accesibilidad a las licencias y por su facilidad. Todos los encuestados coincidieron que como dispositivo digital favorito para utilizar en las clases que imparten, y en su práctica profesional es la Laptop porque la pantalla es grande, es más completa que dispositivos como una Tablet o un Smartphone, además aseguraron que es fácil de usar, de transportar, y facilita la organización de todas las clases que imparten.

Todos los docentes consideraron que podrían incorporar herramientas digitales de RV en sus clases. El 80% consideró que podría incorporar herramientas de Realidad Aumentada (RA) y 20% que tal vez. En cuanto a si podrían incorporar herramientas digitales de BIM, 40% dijo que tal vez, 20% que ya lo hacen, 20% que sí podrían incorporar y 20% que no. A su vez 40% afirmó ser usuario de algún *software* de RV, RA O BIM en sus clases y práctica profesional, 40% que no, y 20% no está seguro de si el software que utiliza pertenece a este tipo de tecnologías. *AutoCAD*, *ArchiCAD*, *Revit* y *Neodata* fueron los *softwares* que especificaron utilizar.

El 40% de los docentes afirmó que los estudiantes sí deberían aprender a utilizar alguna aplicación de RV, RA O BIM, 40% consideró que tal vez y 20% que no. De esta manera, todos afirmaron que a mediano plazo los estudiantes serán usuarios de estas tecnologías, y al 40% le gustaría incluirlas en su programa.

Desarrollo profesional: Los docentes reciben capacitación o formación continua para mantener actualizadas sus habilidades en herramientas digitales por cuenta propia (60%), por parte de la institución y por cuenta propia (20%) y no reciben capacitación (20%).

Los docentes comentaron que la introducción de herramientas digitales de representación gráfica debe tener sustento en el uso de técnicas previas manuales, y que hay materias en las que se promueve prioritariamente el dibujo a mano alzada, por lo que la utilización de herramientas digitales se limita solo a herramientas educativas. En este sentido, argumentaron que los estudiantes no adquieren el desarrollo de su capacidad creativa si reducen o limitan su

entorno de trabajo a una pantalla digital. También mencionaron la importancia de integrar más herramientas digitales a los programas académicos, ya que los avances tecnológicos están en constante evolución. Tecnologías como BIM requieren una comprensión profunda desde el ámbito constructivo, ya que hay poco conocimiento de su verdadero potencial.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA

Se obtuvieron 164 minutos de grabaciones de audio de entrevistas, las cuales fueron transcritas

TABLA 1. CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE LA CODIFICACIÓN ABIERTA

1. Aprendizaje Autodidacta Aprendizaje empírico Dificultad para aprender nuevas tecnologías	2. Redes sociales Medios de aprendizaje
3. Consideraciones de etapa de incorporación Facilidad didáctica Integración gradual Limitaciones didácticas Necesidad de incorporación Nivelación de conocimientos <i>Softwares</i> de diseño para complementar Sentimiento de no necesitarlo en el presente Visión de necesidad a futuro Visualización	4. Desarrollo profesional Actualización Adaptabilidad a las tecnologías Campo laboral Capacitación docente Competitividad mundial Necesidad de mejora Solución de problemas Tutoriales, cursos en línea
5. Enseñanza Competitividad académica Comprensión de la herramienta Estrategias de enseñanza aprendizaje (e-a) Herramientas digitales para la enseñanza Identificación de aprendizaje autodidacta Identificación de estilos de aprendizaje Intermodalidad educativa Internet como herramienta de apoyo Limitaciones de las herramientas digitales Metodología didáctica Métodos prácticos y visuales Necesidades de los estudiantes	6. Comunicación digital Accesibilidad Aplicaciones móviles Classroom Edición de documentos Moodle Necesidad por pandemia <i>Software</i> de diseño Saber utilizar <i>WhatsApp</i>
7. <i>Softwares</i> de diseño Comparación de <i>softwares</i> Control del dibujo Criterios de elección Eficiencia Mayores posibilidades de elaboración Mejor comprensión Modelado 3D Necesidad de conocimientos Practicidad Precisión Preferencia por uno u otro Visualización de proyectos diseño	8. Inteligencia artificial Cambio en el futuro Facilitar tareas Pérdida de la creatividad 9. Comparación entre universidades 10. Comparativa manual vs digital 11. Creatividad 12. Desarrollo de habilidades manuales 13. Dominio de habilidades digitales y manuales 14. Falta de conocimiento 15. Independencia tecnológica 16. Preocupaciones sobre la tecnología

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

literalmente a través de un procesador de texto. Luego, las transcripciones fueron analizadas en el *software* de análisis cualitativo ATLAS.ti, de acuerdo con la técnica de codificación de Teoría Fundamentada. En este análisis se obtuvieron 16 categorías y 57 subcategorías (tabla 1). Los códigos y categorías se organizaron y analizaron para identificar similitudes, diferencias

y relaciones entre ellos hasta que no surgieron nuevos códigos ni categorías. La codificación abierta fue seguida por la codificación axial (tabla 2), dicha etapa consistió en una lectura profunda y crítica enfocada en identificar patrones mediante la comparación y análisis detallado de cada texto, lo que permitió reducir las categorías.

TABLA 2. EXTRACTO DE LA MATRIZ DE LA CODIFICACIÓN AXIAL

Categoría	Se relaciona con
Aprendizaje	
¿Cómo aprenden los docentes?: Los docentes reconocieron que tienen ciertas dificultades para aprender nuevas tecnologías <i>“Por mi historia generacional, pues es un poco complicado aprender nuevas tecnologías, más no imposible”</i> . Y mencionaron lo opuesto en el caso de los estudiantes y jóvenes en general <i>“la verdad es que desde secundaria saben más que uno en cuestión de herramientas digitales, tecnología”, “esta generación es más de medios electrónicos y digitales, y lo entienden más fácil que a lo mejor nosotros”</i> .	Falta de conocimiento Enseñanza: Necesidades de los estudiantes Dominio de habilidades digitales y manuales Desarrollo profesional: Adaptabilidad a las tecnologías Comunicación digital Comunicación digital: Saber utilizar Enseñanza Desarrollo profesional Enseñanza: Intermodalidad educativa Desarrollo profesional: Tutoriales, cursos en línea
Aprendizaje de los estudiantes según los docentes: En cuanto al aprendizaje que consideran deben tener los estudiantes, mencionaron la importancia de tener en la carrera de arquitectura, la enseñanza a través de técnicas manuales tradicionales como el dibujo a lápiz <i>“Me parece que al igual que como aprendemos a leer y a escribir o como aprendemos un idioma, primero tiene que ser de manera empírica y luego le metemos las reglas”</i> .	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Una vez que se completó la codificación axial, se llevó a cabo la codificación selectiva, la cual permitió reducir el número inicial de categorías identificadas, para enfocarse en la categoría central. Esta categoría es el código principal que proporciona una comprensión integral de los datos y sus conexiones, permitiendo explicar la mayor parte de la variabilidad en el comportamiento social que se estudia (Carrero *et al.*, 2012). A partir de la codificación selectiva se encontraron las siguientes categorías principales: 1. Aprendizaje, 2. Enseñanza, 3. Técnicas manuales, 4. *Softwares* de diseño, 5. Preocupaciones de la incorporación de las tecnologías y como categoría emergente se determinó 6. Herramientas digitales como herramientas de apoyo (figura 1). La percepción del profesorado sobre la incorporación de tecnologías de representa-

ción gráfica está estrechamente relacionada con el hecho de que los estudiantes adquieran conocimientos iniciales mediante técnicas manuales. Esto les proporciona una base sólida de conocimientos, que luego les permite utilizar herramientas digitales en arquitectura. Se identificaron dos factores importantes que determinan cómo los docentes pueden implementar una herramienta digital o *software* de diseño, y también influyen en la manera en que los estudiantes aprenden o utilizan esas herramientas:

1. El nivel de conocimientos que tienen los estudiantes en construcción y representación gráfica arquitectónica.
2. El nivel de experiencia que los estudiantes tienen en la utilización de herramientas digitales para la arquitectura.

digitales es esencial para una exitosa carrera en arquitectura y dominar estas herramientas requiere de tiempo significativo de práctica. Debe existir un equilibrio en la enseñanza con técnicas manuales y herramientas digitales. Además, la forma de incorporación de una herramienta digital depende del nivel de conocimientos arquitectónicos y el nivel de dominio de la herramienta por parte de los estudiantes.

Algunos docentes incorporan BIM en sus clases y también consideraron que podrían incorporar RV y RA. Existen limitaciones con la utilización de herramientas digitales en cuanto a la exploración creativa, principalmente porque hay una falta de conocimiento del software, lo que tiene como consecuencia que haya un menor aprovechamiento del potencial que ofrecen las herramientas digitales. Es importante la integración de más herramientas digitales en el Plan de Estudios, esto podría ser mediante una incorporación temprana introductoria de manera gradual, para una integración eficiente entre técnicas manuales y digitales.

La incorporación de las herramientas digitales para la arquitectura debe tener sustento en el uso previo de técnicas manuales, debido al desarrollo de la capacidad creativa. De esta manera, el aprendizaje a través de técnicas manuales sentará las bases para la implementación eficiente de las herramientas digitales. El desarrollo de las habilidades manuales es esencial para una adecuada transición a la representación digital.

Los enfoques y estrategias de enseñanza que utilizan los docentes para sus clases son el Aprendizaje Basado en Problemas, el Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje experiencial, Aprendizaje colaborativo, Aprendizaje significativo, Aprendizaje ubicuo, Interacción estudiante-estudiante, estudiante-docente, Gamificación, sesiones de crítica, portafolio digital y la identificación de estilos de aprendizaje.

Algunos desafíos a los que se enfrentan los docentes son la dificultad para aprender nuevas tecnologías y la necesidad de mejora en cuanto a herramientas pedagógicas. Lo han resuelto a través de capacitación y actualización, mediante cursos diversos. Los principales desafíos identificados en cuanto a la utilización

de herramientas digitales para la enseñanza son la accesibilidad a internet, al equipo de cómputo requerido y a la herramienta digital, *software* o aplicación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el primer año del Plan de Estudios, los estudiantes carecen de conocimientos previos en representación gráfica arquitectónica y herramientas digitales para la arquitectura. Por esta razón, se da preferencia al aprendizaje mediante técnicas manuales. A partir del segundo año, se introduce el uso de herramientas digitales para la representación arquitectónica. Esto garantiza que los estudiantes hayan desarrollado su capacidad de análisis, pensamiento crítico y creatividad a través de medios versátiles, como el dibujo a mano.

Se reconoce que la incorporación de herramientas digitales en la enseñanza de la arquitectura atrae más a los estudiantes. Sin embargo, enseñar a diseñar exclusivamente en un software no es la mejor opción, especialmente si los estudiantes carecen de experiencia previa en su uso. Hasta el momento han sido pocos los intentos de utilizar la computación como el motor principal de la metodología del diseño principalmente por la naturaleza compleja del mismo (Zarei, 2018). De este modo, es crucial que los estudiantes primero adquieran una comprensión sólida de los fundamentos del diseño a través de técnicas manuales. Ya que diseñar directamente en un software, sin esta base, puede limitar su comprensión y capacidad para explorar soluciones innovadoras en la arquitectura, de ahí las preocupaciones expresadas por los docentes.

Además, se prevé que la industria arquitectónica y el sistema educativo experimenten cambios significativos debido a las herramientas de Inteligencia Artificial (IA). Esta tecnología se está incorporando en el diseño arquitectónico mediante algoritmos de diseño generativo, herramientas de RV basadas en IA y algoritmos de aprendizaje automático. Estas herramientas permiten a los arquitectos explorar diversas opciones de diseño, optimizar proyectos para mejorar la eficiencia energética y la integridad

estructural, y analizar grandes volúmenes de datos para tomar decisiones informadas. La IA puede revolucionar la educación en diseño arquitectónico (Almaz *et al.*, 2024). Esta herramienta puede ser un apoyo educativo para desarrollar las capacidades de visualización y diseño, agilizar los flujos de trabajo, predecir decisiones de diseño, fomentar la creatividad y proporcionar nuevas perspectivas (Tovar, 2023). De esta forma, se requerirán regulaciones y orientación sobre su utilización para el logro del aprendizaje, así como sentar las bases en la formación universitaria por medio del desarrollo del pensamiento crítico que podrá permitir a los estudiantes discernir entre lo ofrecido a través de los medios digitales e IA, y por ende se puede encaminar a una utilización responsable de estas herramientas.

De esta manera, la enseñanza de *software* de diseño y herramientas digitales es esencial para que los estudiantes sean competitivos a nivel nacional e internacional. Por lo tanto, los Planes de Estudio deberían actualizarse conforme a los requerimientos de la práctica profesional arquitectónica contemporánea. Es necesaria una introducción a las herramientas digitales desde los primeros semestres, pero de manera complementaria, para apoyar el aprendizaje de los estudiantes. Actualmente, en el Plan de Estudios del contexto estudiado, las materias de herramientas digitales para la arquitectura se imparten en solo algunos semestres, lo cual impide una integración eficaz de estas herramientas en el currículo.

Se requiere llegar a un equilibrio entre la enseñanza aprendizaje de técnicas manuales y herramientas digitales. Este equilibrio permitirá que el nivel de experiencia en un *software* genere un mejor entendimiento de los conocimientos en los conceptos constructivos y arquitectónicos, y a su vez el nivel de estos conocimientos pueda ser transmitido de la mejor manera a través de los medios digitales. Es decir, a medida que los estudiantes se familiarizan y se vuelven competentes en el uso de herramientas digitales, su capacidad para entender y aplicar los principios de construcción y diseño arquitectónico también podría mejorar.

Agradecimientos

La primera autora agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y al Doctorado en Tecnología Educativa, Universidad Autónoma de Querétaro por su apoyo y patrocinio para la realización de este trabajo.

FUENTES DE CONSULTA

Almaz, A. F., El-Agouz, E. A. E., Abdelfatah, M. T. & Mohamed, I. R. (2024), "The Future Role of Artificial Intelligence (AI) Design's Integration into Architectural and Interior Design Education is to Improve Efficiency, Sustainability, and Creativity", *Civil Engineering and Architecture*, 12(3), 17491772. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.120336>.

Carrero, V., Soriano Miras, R. M. & Trinidad Requena, A. (2012), *Teoría fundamentada "Grounded Theory": el desarrollo de teoría desde la generalización conceptual*, 2a ed., CIS - Centro de Investigaciones Sociológicas, España.

Castro-Revilla, H. M. (2018), "El futuro de la enseñanza de las técnicas manuales de representación gráfica arquitectónica", *Cátedra Villarreal*, 6(1), 52-58. <https://doi.org/10.24039/cv201861254>.

Ching, F. D. K. (2016), *Manual de dibujo arquitectónico* (5ta ed.). Gustavo Gili.

Gyldendahl Jensen, C. (2017), "Collaboration and Dialogue in Virtual Reality", *Journal of problem based learning in higher education*, 5(1). <https://doi.org/10.5278/ojs.jpblhe.voio.1542>.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. del P. (2014), *Metodología de la investigación*, 6a ed., McGraw Hill Interamericana Editores, México.

Kvale, S. (2007), *Doing Interviews*, SAGE Publications, Gran Bretaña.

Mondragón-del-Ángel, L. A. & Canchola-Magdaleno, S. L. (2023), "Competencias tecnológicas de estudiantes de arquitectura de Querétaro, México = Technological competences of students of architecture from Queretaro, Mexico", *Advances in Building Education*, 7(1), 9-20. <https://doi.org/10.20868/abe.2023.1.5084>.

Tovar, E. (2023), "Impulsando la creatividad: el rol de la inteligencia artificial en las herramientas de visualización y diseño arquitectónico", *ArchDaily México*. Disponible en <https://www.archdaily.mx/mx/1010823/impulsando-la-creatividad-el-rol-de-la-inteligencia-artificial-en-las-herramientas-de-visualizacion-y-diseño-arquitectónico> > ISSN 0719-8914, consultado el 18 de julio de 2024.

Sandoval, H. V. G., Curiel, A. A., Gill, L. R. V. & Luna, F. A. M. (2021), "El aprendizaje del dibujo técnico: En el contexto de la revolución tecnológica", *Revista Arista-Crítica*, 1(1), 180-191. <https://doi.org/10.18041/2745-1453/rac.2021.v1n1.7570>.

Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) (2019), *Reestructuración y cambio de nomenclatura de la Licenciatura en Arquitectura*, [Archivo 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*. Cham: Springer International Publishing (The Urban Book Series), pp. 41-51. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55855-4_5.