

# El impacto de la impresión 3D en la educación. Innovaciones en la enseñanza y el aprendizaje

Received: 01 11 2024, Accepted: 12 11 2024, Available online: 16 12 2024

**Carlos Fabian Rico Rojas**

Contador público de la universidad Francisco de Paula Santander. Especialista en gestión humana de la universidad EAN, Magister en administración de empresas - MBA de la universidad EAN, correo electrónico institucional [carlosofabianrr@ufps.edu.co](mailto:carlosofabianrr@ufps.edu.co) y Grupo de investigación GICOF [carlosofabianrr@ufps.edu.co](mailto:carlosofabianrr@ufps.edu.co)  
<https://orcid.org/0000-0002-0834-0339>

**Wilber Ortiz Navarrete**

Docente Secretaria de Educación del Caquetá. Licenciado en Educación Básica con énfasis en Humanidades, Lengua Castellana e Idioma Extranjero. Mg en Educación Dr. Educación UBC Miembro grupo de Investigación Foraved [campohermoso12@hotmail.com](mailto:campohermoso12@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-1618-7813>

**Pedro José Jacome Ortiz**

Licenciado en Español y Literatura Universidad de San Buenaventura. Magister Universidad Javeriana Educación. Especialización en Administración total de Calidad-Universidad del Valle. Vicerrector Académico Instituto Técnico Simón Rodríguez - INTENALCO-Cali. Magister en Administración de Empresas U. Valle Doctor en Educación UBC.  
<https://orcid.org/0000-0002-5071-5894>

## Resumen

El panorama educativo está cambiando y el uso de herramientas y recursos 3D destaca su potencial para transformar la enseñanza y el aprendizaje; a lo largo de los años, la adopción de esta tecnología ha permitido a educadores y estudiantes involucrarse de manera más activa y práctica en el proceso educativo, la impresión 3D no debe ser considerada una moda pasajera, sino una herramienta innovadora que redefine los métodos de enseñanza tradicionales. Los beneficios identificados incluyen una mayor motivación y compromiso de los estudiantes, así como la posibilidad de facilitar el pensamiento crítico y la resolución de problemas mediante aplicaciones del mundo real, las experiencias táctiles que proporciona la impresión 3D permiten una comprensión más profunda de conceptos académicos, en comparación con los métodos de enseñanza más convencionales. Sin embargo, la implementación de la impresión 3D en el aula no está exenta de desafíos, los educadores se han expresado preocupados por la falta de habilidades técnicas, la necesidad de tiempo para diseñar e imprimir objetos, y las cuestiones relacionadas con la fragilidad de los modelos impresos. Para gestionar estos desafíos, es crítico que se ofrezca desarrollo profesional a los maestros y que se establezcan colaboraciones entre instituciones educativas y empresas tecnológicas; a lo largo plazo, se prevé que la impresión 3D se integre en diversos planes de estudio y áreas disciplinarias, proporcionando a los estudiantes experiencias educativas que se alinean mejor con las habilidades requeridas en un mercado laboral tecnológico y en constante evolución.

**Palabras Clave:** Impresión 3D, Educación, Transformación, Beneficios, Desafíos

## Abstract

The educational landscape is changing, and the use of 3D tools and resources highlights their potential to transform teaching and learning; over the years, the adoption of this technology has allowed educators and students to become more actively and practically involved in the educational process, 3D printing should not be considered a passing fad, but an innovative tool that redefines traditional teaching methods. The benefits identified include increased student motivation and engagement, as well as the possibility of facilitating critical thinking and problem-solving through real-world applications, the tactile experiences provided by 3D printing allow for a deeper understanding of academic concepts, compared to more conventional teaching methods. However, the implementation of 3D printing in the classroom is not without its challenges, educators have expressed concern about the lack of technical skills, the need for time to design and print objects, and issues related to the fragility of printed models. To manage these challenges, it is critical that professional development is offered to teachers and that collaborations are established between educational institutions and technology companies; over the long term, 3D printing is envisioned to be integrated into diverse curricula and disciplinary areas, providing students with educational experiences that better align with the skills required in a technological and ever-evolving job market.

**Keywords:** 3D printing, education, transformation, benefits, challenges

## Introducción

Los avances en la tecnología han cambiado la percepción de la educación, haciéndola más interesante y productiva a través de métodos de enseñanza innovadores. La educación es necesaria para todos los seres humanos para hacerlos competentes y capacitados para vivir en sociedad (Waseem, 2017). Las modificaciones en los métodos de enseñanza de acuerdo con el nivel de comprensión y el enfoque mental de los estudiantes pueden hacer que la educación sea más productiva. El enfoque del aprendizaje sigue siendo el mismo incluso con el avance de la tecnología. Los estudiantes aún memorizan los conceptos sin entenderlos y enfrentan dificultades al aplicar esos conceptos. Es necesario cambiar el enfoque de la enseñanza en lugar de esperar un cambio en las tendencias naturales de aprendizaje de los seres humanos. Una tecnología revolucionaria que tiene el potencial de cambiar el enfoque de la enseñanza y el aprendizaje es la impresión 3D. La tecnología de impresión 3D es una nueva pluma añadida al sector educativo que puede satisfacer diversas necesidades educativas. Los objetos se pueden diseñar, personalizar e imprimir a bajo costo con la incorporación de la tecnología de impresión 3D en la educación. Una impresora 3D es la mejor herramienta para que los profesores hagan realidad su imaginación. Los archivos digitales impresos en las impresoras 3D son una salida de diseño asistido por computadora (CAD) que se puede diseñar utilizando diversos programas informáticos. El diseño CAD es un arte que se puede aprender fácilmente y ayudará a los educadores a crear una nueva dimensión para el aprendizaje. Los institutos educativos deben animar al profesorado a aprender las tecnologías de diseño CAD e impresión 3D. Este artículo discute el impacto de la tecnología de impresión 3D en el sector educativo, incluida la enseñanza en el aula, las materias que se pueden enseñar con esta tecnología, las ventajas y desventajas, las limitaciones y los desafíos en la implementación de esta tecnología en la educación.

### Antecedentes e importancia

La fabricación aditiva (AM), más conocida como impresión 3D, se refiere a una familia de tecnologías para la construcción acumulativa de objetos del tamaño de un escritorio a bajo costo. Más formalmente, un proceso de fabricación aditiva extrae datos de un archivo de diseño asistido por computadora (CAD) y transforma estos datos en un artefacto físico capa por capa, agregando material en lugar de eliminarlo (Waseem, 2017). Históricamente, el uso educativo de los manipuladores industriales se ha documentado durante más de un siglo, con el primer uso documentado de modelos de zapatería de madera a escala para la formación profesional en 1890 por el taller de Bourges en Francia. La educación fue reconocida como un mercado clave para los manipulativos a principios del siglo

XX con el modelado a escala para el diseño ferroviario y arquitectónico. Las innovaciones tecnológicas posteriores condujeron a la disponibilidad industrial de varios tipos de manipuladores, incluidos el metal, el moldeo de plástico, el poliestireno, los sensores electrónicos y la computadora. Los manipuladores externos siguen siendo un medio educativo popular, con muchos centros de formación profesional en la industria y el mundo académico, que proporcionan experiencias prácticas tangibles en sistemas complejos ampliamente reconocidos para fomentar una comprensión más profunda.

Con los últimos avances tecnológicos, las herramientas de fabricación aditiva se han vuelto asequibles y accesibles para educadores y otros no expertos técnicos. Esto condujo a una tendencia emergente de uso de herramientas de AM en la educación, con investigaciones previas que documentan la mejora de los resultados de aprendizaje utilizando manipulativos educativos comerciales. Por lo tanto, la importancia de una política de herramientas de fabricación aditiva gratuitas y de código abierto es la capacidad de creación rápida de prototipos para ayudar a los educadores a crear manipulativos educativos utilizando materiales fácilmente disponibles, lo que resulta en un aprendizaje más profundo a un costo menor. Los Sistemas Educativos Manipulativos de Prototipado Rápido (RPMES) se refieren a un paradigma educativo basado en la política de código abierto de las herramientas de AM, en el que los educadores crean manipulativos educativos, que luego son replicados, modificados y/o mejorados por los estudiantes para aprender conceptos educativos. Se describen tres estudios de caso de RPMES utilizando manipuladores de Desktop Factory y Racecar a escala de juguete en estudiantes de pregrado de ME y CE. Los resultados de las encuestas administradas a los estudiantes antes y después de los experimentos, junto con los informes finales que evalúan la precisión de los modelos construidos por los estudiantes, sugieren que RPMES aumenta significativamente el interés y la comprensión de los conceptos educativos en comparación con los manipulativos tradicionales simulados por computadora. Esto significa la necesidad de una mayor investigación sobre la efectividad educativa del paradigma RPMES y las herramientas de AM en el nivel K-12.

El propósito y el alcance de este estudio son examinar cómo la impresión 3D se ha incorporado a las formas de enseñar y aprender en la educación. Se ha vuelto importante comprender cómo esta nueva tecnología afecta a la educación, ya que el creciente uso de la impresión 3D en entornos educativos ha atraído mucho interés. Para enfocar el alcance del estudio, se plantean tres preguntas de investigación específicas: 1) ¿Qué beneficios educativos perciben los educadores al incorporar la impresión 3D en la enseñanza? 2) ¿A qué retos se enfrentan los educadores a la hora de incorporar la impresión 3D en la enseñanza? 3) ¿En qué contextos educativos se está utilizando actualmente la impresión 3D

como herramienta de enseñanza y cómo difieren estos contextos según los niveles educativos y las disciplinas? Estas preguntas tienen como objetivo investigar los aspectos positivos y negativos de la incorporación de la impresión 3D en la educación (Waseem, 2017).

Los datos se recopilan para el estudio utilizando métodos cualitativos y cuantitativos. Se distribuyó una encuesta en línea a educadores de todo el mundo, que recopiló 68 respuestas. También se realizaron entrevistas en profundidad a diez educadores que han utilizado la impresión 3D en su enseñanza, seleccionados a través de un proceso de selección más detallado. Los resultados de la encuesta se utilizan para proporcionar una visión general de las tendencias actuales, mientras que las entrevistas proporcionan una exploración más profunda de estas tendencias. Reconociendo que el uso de la impresión 3D en la educación aún está emergiendo, la atención se centra en agudizar la comprensión de sus efectos en lugar de hacer generalizaciones amplias.

Para mantener las tendencias claras y enfocadas, se aplican una serie de limitaciones al alcance del estudio. En primer lugar, en este momento, la atención se centra únicamente en cómo se utiliza la impresión 3D como herramienta de enseñanza, no en otros aspectos de la impresión 3D en la educación. Otras tendencias, como el uso de la impresión 3D en los proyectos de los estudiantes o el diseño de modelos 3D, se dejan de lado deliberadamente. En segundo lugar, los contextos educativos que se analizan se limitan a los que se encuentran en los datos de la encuesta y la entrevista. El objetivo no es ser exhaustivo, sino cubrir las tendencias en una variedad de diferentes niveles de grado y disciplinas. El efecto de la impresión 3D en la educación aún está en pañales, y la aplicación de un alcance demasiado amplio dificultaría la generación de una comprensión significativa. Al reducir deliberadamente el enfoque, la intención es proporcionar una base sólida sobre la cual se puedan construir futuras investigaciones. En última instancia, esto ayudará a los educadores y a los responsables políticos a desarrollar esta tecnología en la educación de manera más eficaz.

### **Fundamentos de la impresión 3D**

La impresión tridimensional (3D), o fabricación aditiva, es la forma ampliamente accesible de una tecnología en la que el material se deposita sucesivamente capa por capa para producir un objeto tridimensional. La base de esta tecnología fue patentada bajo el nombre de estereolitografía en 1986 por Charles Hull, cofundador de 3D Systems, la primera empresa en comercializar impresoras 3D. Si bien los primeros sistemas eran costosos y producían solo prototipos para aplicaciones de ingeniería, a mediados de la década de 1990 se desarrollaron sistemas que utilizaban tecnologías más asequibles como el modelado por deposición fundida (FDM), que fue patentado por Scott Crump y

comercializado por Stratasy. A principios de la década de 2000, los sistemas que empleaban estas técnicas comenzaron a entrar en el mercado de la educación, ya sea como máquinas profesionales en los departamentos de ingeniería o como máquinas para aficionados en los departamentos de arte/diseño (R. Cairns et al., 2018). Surgieron un puñado de empresas centradas en la educación que fabricaban sistemas pequeños y asequibles orientados a aplicaciones de diseño e ingeniería. A principios de la década de 2010 se produjo el Movimiento Maker: esfuerzos por introducir impresoras 3D de bricolaje de bajo coste en escuelas y servicios K-12 y espacios de creación de bricolaje fuera de la escuela, a menudo centrándose en su uso únicamente en las clases de arte. Sin embargo, la ingeniería y el diseño artístico tienen aplicaciones educativas que han ido más allá de la mera enseñanza de cómo utilizar un equipo. Se derivan de la capacidad única de la impresión 3D para hacer realidad un concepto a través del diseño y la fabricación de un objeto físico. La mayoría de las técnicas de impresión 3D se dividen en cuatro categorías: (a) extrusión de material (FDM), (b) polimerización en cuba (SLA), (c) fusión de lecho de polvo (SLS) y (d) inyección de material (PolyJet). Las principales tecnologías de impresión 3D para el consumidor/hogar incluyen actualmente FDM, SLA, DLP y láser SLS. La tecnología de impresión se puede aumentar con modificaciones y opciones de alta tecnología, como multimaterial, multicolor, alta temperatura, cámaras calentadas, escaneo láser, óptica, etc., cada una con pros y contras educativos específicos. Los institutos educativos suelen tener una combinación de máquinas sencillas y de bajo coste y máquinas complejas, caras o de alto mantenimiento (Spurgeon y Abner, 2018). Algunas máquinas/diseños son más de una tecnología en un sistema, aunque a menudo tienen una tecnología dominante, por ejemplo, una máquina CNC híbrida en la que se agrega una extrusora FDM a una fresadora CNC. Existe un estándar de lenguaje de diseño asistido por ordenador (CAD) a fabricación asistida por ordenador (CAM) que aborda los problemas de compatibilidad cruzada al pasar de una tecnología de impresión 3D a otra. La impresión 3D a menudo se encajó en la educación en ingeniería o arte/diseño, pero abarca una gama interdisciplinaria mucho más amplia, y los usos educativos podrían dirigirse a otras disciplinas mejor adaptadas a tecnologías específicas. La mayoría de las máquinas educativas están dirigidas a escuelas K-12, por lo que las aplicaciones educativas generalmente se dirigen a las clases de secundaria (6<sup>o</sup>-8<sup>o</sup> grado) y secundaria (9<sup>o</sup>-12<sup>o</sup> grado). Aun así, muchas de las actividades podrían ampliarse a las clases de pregrado. Comprender los diversos aspectos de la tecnología es crucial para los educadores que desean integrar la impresión 3D en las aulas. Conocer las diferentes máquinas/diseños ayuda a los educadores a seleccionar la tecnología más adecuada para sus necesidades educativas. Leer resúmenes como este

puede construir una base sólida para comprender la tecnología de impresión 3D y sus aplicaciones educativas.

### **Definición e historia de la impresión 3D**

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, describe un proceso de creación de objetos tridimensionales a partir de modelos digitales. Un objeto impreso en 3D se crea depositando capas sucesivas de material, construyendo el objeto a partir de un diseño. Por lo general, el objeto se crea a partir de un archivo de diseño asistido por computadora (CAD). Hay varias formas de crear un objeto impreso en 3D: diseñando el objeto en un software CAD, utilizando un escáner 3D en un objeto existente o descargando un diseño de Internet. Una vez que el diseño está listo, una impresora 3D crea el objeto agregando material sucesivamente (Waseem, 2017).

La impresión 3D está en auge. La disminución del coste de las impresoras 3D y la popularidad del software CAD han llevado a muchas personas a recurrir a la fabricación digital. Uno de sus subproyectos es Fab City, una colaboración entre el MIT y la ciudad de Barcelona. El objetivo de Fab City es crear una ciudad autosuficiente en necesidades básicas y proporcionar una plataforma de código abierto para que otras ciudades hagan lo mismo. Un objetivo a largo plazo de Fab City es permitir que cada ciudadano produzca todo lo que se pueda describir digitalmente. Con las tecnologías de impresión digital, esto significa la capacidad de producir localmente alimentos, energía, agua y productos. Es en la educación donde la impresión 3D puede tener el mayor impacto en la enseñanza y el aprendizaje.

A finales de la década de 1970 y principios de la de 1980, surgió el primer software de diseño asistido por ordenador (CAD). Comenzando como simples herramientas de dibujo bidimensional, estos programas evolucionaron hasta convertirse en complejos sistemas de modelado tridimensional. A medida que las computadoras en las que se ejecutaban estos programas se volvieron más asequibles, las empresas de ingeniería y diseño comenzaron a invertir en ellas. Una vez que los sistemas CAD se generalizaron, las empresas centraron su atención en el desarrollo de sistemas de fabricación asistida por computadora (CAM), tecnologías que podían tomar los resultados de los sistemas CAD y fabricar los objetos diseñados. Las tecnologías de impresión 3D se desarrollaron como parte de los sistemas CAM.

La primera impresora 3D comercial fue la SLA-1, que utilizaba la tecnología de estereolitografía para crear objetos 3D a partir de fotopolímeros líquidos. Fue lanzado en 1988 por 3D Systems. Durante la primera década, las tecnologías de impresión 3D eran utilizadas exclusivamente por las empresas y se consideraban tecnologías industriales. A mediados de la década de 1990, se comercializó la primera tecnología de impresión 3D, basada en la impresión por inyección de tinta.

A finales de la década de 1990, comenzó la investigación académica sobre el uso de tecnologías de impresión 3D en la educación. La mayor parte se centró en el uso del escaneo y la impresión 3D en la educación en diseño y la formación industrial. A principios de la década de 2000, las bibliotecas de varias universidades invirtieron en impresoras 3D. En 2005, todavía había 23 Fab Labs en todo el mundo. Un año después, había 43 Fab Labs. En 2010, había 86 Fab Labs, y en 2015 había 162 Fab Labs en funcionamiento. Desde 2005, los Fab Labs se han establecido en lugares cultural, social y económicamente desfavorecidos. En la última década, las tecnologías de impresión 3D han pasado de ser utilizadas exclusivamente por las industrias a ser ampliamente utilizadas en instituciones educativas y por particulares.

En general, es posible distinguir cinco tipos de tecnologías de impresión 3D: 1) Modelado por deposición fundida (FDM), 2) Estereolitografía (SLA), 3) Sinterización selectiva por láser (SLS), 4) Procesamiento digital de luz (DLP) y 5) PolyJet. Cada tecnología tiene ventajas distintas y funciona mejor para ciertos propósitos que para otros. La técnica de modelado por deposición fundida (FDM) es el tipo de impresión 3D más utilizado. A medida que el filamento termoplástico se introduce en los cabezales de impresión calentados, el material se endurece cuando se extruye en la cama de impresión, creando objetos rígidos capa por capa (Spurgeon y Abner, 2018). Uno de los principales beneficios de esta tecnología es el bajo costo de las operaciones, ya que las impresoras y los materiales FDM son bastante asequibles. Además, varios modelos RepRap de bajo costo y no patentados imprimen en filamento de ácido poliláctico (PLA), un material biodegradable económico hecho de almidón de maíz, lo que abre la puerta a instituciones educativas con presupuestos mínimos. Debido a sus ventajas en cuanto a rentabilidad y facilidad de uso, la técnica FDM se utiliza actualmente en el laboratorio de educación. Alternativamente, la técnica SLA utiliza luz ultravioleta para endurecer la resina fotosensible y plastificarla capa por capa. Esta tecnología es superior a FDM en el sentido de que los objetos SLA pueden alcanzar un mayor grado de resolución y detalle. Aunque las impresoras y los materiales SLA son más caros que FDM, hay modelos de impresora de menor costo disponibles. En cuanto al ámbito educativo, la tecnología SLA es ideal para diseñar objetos de pequeño tamaño que requieren superficies lisas. La sinterización selectiva por láser (SLS) es otro método experimental de polvo que utiliza un láser para fusionar materiales como el nailon o el poliestireno.

La zona sinterizada con láser se endurece mientras que el polvo circundante permanece suelto, lo que actúa como una estructura de soporte, lo que niega la necesidad de generar soporte por separado. Aunque los objetos SLS son muy duraderos, cada impresión requiere un día de enfriamiento, ya que los objetos salen de cámaras muy calientes. Sin embargo, las impresoras SLS ofrecen la

capacidad única de fusionar metales, lo que permite la fabricación de complejidades funcionales como tornillos. Desafortunadamente, las impresoras SLS requieren inversiones significativas, lo que las hace inaccesibles para la mayoría de las instituciones educativas. El procesamiento digital de la luz (DLP) comparte principios similares con el SLA, pero los proyectores de luz digital en lugar de un sistema láser polimerizan toda la capa a la vez. El uso de proyectores de luz digital disminuye significativamente el tiempo de impresión y reduce las dimensiones generales de la impresora. Por último, la tecnología PolyJet es similar a la impresión de inyección de tinta en papel, donde las gotas de tinta se solidifican bajo la luz ultravioleta. La ventaja indiscutible de PolyJet es la impresión multimaterial, lo que permite manipular la flexibilidad y el color dentro de un objeto. La forma en que se implementan las tecnologías de impresión 3D en las escuelas depende en gran medida de la accesibilidad y los costos. En general, son posibles tres enfoques: 1) sin acceso a impresoras 3D, 2) acceso solo a impresoras FDM y 3) acceso a impresoras FDM y SLA. Las escuelas en las que los educadores no tienen acceso a impresoras 3D se limitan a simples cálculos y descripciones teóricas utilizando kits educativos que incluyen modelos ya impresos. En este caso, los estudiantes no pueden sentir la geometría 3D del objeto, que es fundamental para la comprensión espacial. En el contexto del modelado de superficies complejas, se pueden agregar curvas de forma libre con una B-spline simple de grado 3 donde los estudiantes no pueden comprender completamente las complejidades matemáticas sin experiencia práctica. Si las escuelas solo tienen impresoras FDM, los educadores aún deben rediseñar los proyectos SLA ya desarrollados para obtener una resolución más baja y, por lo tanto, un tiempo de impresión FDM más largo. Se entregaron impresoras FDM financiadas por subvenciones a escuelas que carecían de instalaciones de impresión 3D, y se crearon proyectos educativos de impresión 3D centrados en impresoras SLA. En general, la elección de la tecnología de impresión 3D tiene un profundo impacto en los resultados del proyecto y en la experiencia de aprendizaje. El conocimiento de los distintos métodos de impresión ayuda a los educadores a comprender los matices y las manipulaciones del proyecto que, de otro modo, se pasarían por alto. El mérito educativo de los proyectos discutidos es arrojar luz sobre las consideraciones prácticas que los educadores deben enfrentar al implementar tecnologías de impresión 3D.

Aunque la implementación de la impresión 3D suele requerir una importante inversión inicial de tiempo, finalmente libera a los educadores para que experimenten con nuevos conceptos y se centren en temas matemáticos más complejos. El enfoque de coste cero para los proyectos de impresión 3D es utilizar archivos STL disponibles gratuitamente, lo que reduce drásticamente el tiempo de preparación y posprocesamiento de los archivos.

La elección de la tecnología influye directamente en el éxito del proyecto y en la experiencia de aprendizaje. Por ejemplo, el manejo de impresoras SLA es mucho más complicado que el FDM, ya que incluso un pequeño percance puede arruinar toda la impresora o causar una fuga de resina. Al mismo tiempo, los proyectos de SLA crean modelos de mayor calidad y más intrincados que se utilizan con frecuencia para las solicitudes de subvenciones. En general, la elección de la tecnología de impresión 3D determina cómo se deben llevar a cabo los proyectos, lo que altera significativamente los resultados educativos. Para algunos proyectos, la implementación solo es posible con impresoras SLA, mientras que otros se pueden completar con tipos de impresora inaccesibles. Para comprender la geometría 3D del objeto, se deben entregar impresiones o dibujos. Los modelos impresos en 3D son los que mejor enseñan la comprensión espacial, ya que los estudiantes pueden interactuar físicamente con el objeto. En este sentido, la impresión 3D se complementa perfectamente con la educación convencional. Por supuesto, los objetos impresos pueden ser reemplazados por paquetes de diseño asistido por computadora, pero dicho software generalmente no está disponible o es demasiado caro para las escuelas. Además, el diseño asistido por computadora lleva inadvertidamente a los estudiantes a explicaciones únicamente analíticas en lugar de consideraciones geométricas. Por otro lado, el modelado a mano alzada proporciona una libertad excesiva en la que los estudiantes no pueden escapar de la simplicidad y, en última instancia, fabricar objetos triviales.

### **Aplicaciones de la impresión 3D en la educación**

El sector educativo está experimentando una transformación significativa debido a la tecnología de impresión 3D, involucrando tanto a educadores como a estudiantes en el desarrollo de nuevas prácticas de enseñanza y métodos de aprendizaje. Los educadores están aprovechando las capacidades de impresión 3D para diseñar materiales innovadores adaptados a las necesidades de sus alumnos, mientras que los alumnos tienen la opción de desarrollar sus propias soluciones impresas, mejorando los resultados del aprendizaje. Para proporcionar una visión general de las iniciativas de impresión 3D en curso en los diferentes niveles educativos, se describen una serie de aplicaciones, mostrando cómo se utiliza la tecnología de impresión 3D en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La impresión tridimensional se está aplicando a materias como la ciencia, el diseño y la tecnología, el arte e incluso las matemáticas. Se enfatiza la versatilidad de esta tecnología, alentando a educadores de diversas disciplinas a considerar su implementación. Se presentan aplicaciones específicas, como la impresión 3D, que refuerza la experiencia educativa en materias STEM al permitir que

los alumnos se centren en la aplicación práctica de teorías abstractas y complejas. Además, la impresión 3D permite a los educadores crear herramientas de aprendizaje personalizadas que satisfacen necesidades específicas de aprendizaje o de los alumnos (R. Cairns et al., 2018). También existe la opción de diseñar un recurso para uso general, con herramientas educativas impresas en 3D que se publican libremente en línea. El uso de laboratorios y simulaciones virtuales es otra forma de incorporar la impresión 3D en el aula, ya que permite la producción de modelos físicos de simulaciones, lo que ayuda a los estudiantes a comprender mejor los intrincados mecanismos. Al ilustrar cómo la tecnología puede mejorar los métodos de enseñanza convencionales, el objetivo es crear conciencia sobre el impacto potencial de la impresión 3D en la participación y la comprensión de los estudiantes (Spurgeon y Abner, 2018).

Las herramientas de impresión 3D pueden fomentar la creación de modelos sólidos por parte de los estudiantes para inventar e ilustrar conceptos científicos. El simple hecho de aprender sobre conceptos científicos puede ser pasivo; sin embargo, al ensuciarse las manos a través de proyectos prácticos, los estudiantes crean modelos sólidos que visualizan los conceptos científicos, lo que resulta en un compromiso más profundo con el material de aprendizaje (Waseem, 2017). Por ejemplo, se pueden crear modelos sólidos del sistema solar con diferentes diámetros de planetas y distancias al sol para explicar la Ley de Kepler, o se pueden crear engranajes para explicar su ventaja mecánica en la velocidad y la fuerza de rotación. Las herramientas de impresión 3D pueden hacer que esos modelos sólidos sean tangibles y, por lo tanto, proporcionar un entorno de aprendizaje interactivo (R. Cairns et al., 2018). 3D las herramientas de impresión ofrecen a los estudiantes la capacidad de crear modelos sólidos virtualmente a través de software de diseño asistido por computadora y luego fabricar esos modelos sólidos a través de impresoras 3D. Los modelos sólidos se pueden diseñar para inventar nuevos objetos o ilustrar conceptos existentes. Al animar a los estudiantes a crear modelos sólidos, las herramientas de impresión 3D se pueden utilizar para mejorar la creatividad de los estudiantes mientras aprenden. Además de la creatividad, las herramientas de impresión 3D pueden cultivar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes al solucionar errores de creación en modelos sólidos, perder intenciones conceptuales o violar la sintaxis del software CAD. Además, el trabajo en equipo puede diseñarse en modelos sólidos co-creados, que requieren la colaboración entre estudiantes con diferentes roles asignados. El aprendizaje del trabajo en equipo es vital, ya que los mercados laborales esperan que los nuevos empleados reciban formación en el trabajo en equipo. Con las herramientas de impresión 3D, los estudiantes pueden visualizar los resultados de aprendizaje de los modelos sólidos y necesitan explicarlos a sus compañeros o

profesores, lo que permite a los estudiantes desempeñar el papel de instructores. Enseñar en la perspectiva del instructor requiere una comprensión más profunda del material que se enseña.

Las posibilidades de crear herramientas de aprendizaje personalizadas con la impresión 3D se han considerado como el aspecto más beneficioso de esta tecnología en la educación. La importancia de diseñar herramientas de aprendizaje "internamente" es la capacidad de hacer que se adapten a las necesidades únicas de los estudiantes. Los pedagogos son cada vez más conscientes de las ventajas de esta personalización: es ideal para la enseñanza diferenciada porque permite ajustar el ritmo y el grado de dificultad de las tareas de aprendizaje y proporciona a los estudiantes múltiples representaciones de conceptos (R. Cairns et al., 2018). Se ofrecen una serie de ejemplos, que muestran cómo los profesores de diferentes materias han utilizado la impresión 3D para producir recursos específicos, desde las matemáticas hasta el arte. Los estudiantes que tienen acceso a herramientas de aprendizaje diseñadas "internamente" tienen un mayor compromiso con ellas, ya que se les proporciona un sentido de propiedad sobre su aprendizaje; Asumen la responsabilidad del uso y cuidado de esos recursos, incluso cuando se trata de educar a sus compañeros sobre cómo usarlos. En cuanto a la inclusión, se discuten los beneficios con respecto a las prácticas educativas para los estudiantes con discapacidad. Dispositivos simples como un portalápices de papel o una rampa impresa en 3D pueden contribuir en gran medida a hacer que un entorno sea más accesible para los estudiantes con discapacidad (Spurgeon y Abner, 2018). Además, el mero hecho de diseñar e imprimir esas herramientas puede involucrar a los estudiantes en el pensamiento crítico y en la aplicación de conceptos en la práctica. También se destaca la oportunidad de que el proceso de creación sea una colaboración entre alumnos y profesores. Las herramientas personalizadas ilustran perfectamente el potencial de la impresión 3D para transformar la educación; no se limitan a complementar el aprendizaje, sino que lo enriquecen.

### **Laboratorios virtuales y simulaciones**

Un área de oportunidad emocionante para la impresión 3D es el emparejamiento de objetos impresos con laboratorios virtuales o simulaciones que se encuentran en el software educativo. Esto ofrece a los estudiantes la oportunidad de interactuar con entornos de aprendizaje que no se pueden llevar fácilmente a un aula o manejar con equipos tradicionales. Por ejemplo, los estudiantes realizan experimentos con modelos impresos en 3D de la bisagra de una puerta, la masa y una rampa para encontrar el centro de masa/peso y el coeficiente de fricción entre las dos superficies. El uso de pesos virtuales para probar modelos del mundo real lleva a casa conceptos que seguirían siendo teóricos solo con la simulación. La capacidad de imprimir

modelos en 3D mejora la interactividad de una simulación y la educación derivada de ella. Los niveles de participación de los estudiantes aumentan significativamente cuando pueden visualizar y manipular objetos 3D (R. Cairns et al., 2018). Con los modelos impresos, se pueden realizar experimentos que son muy difíciles o imposibles con solo las herramientas estándar que se encuentran en un aula tradicional.

Los conceptos científicos y de ingeniería complejos se pueden investigar de forma segura utilizando una combinación de laboratorios virtuales y modelos impresos en 3D. Con solo la simulación, no hay restricciones sobre lo que se puede mover, cambiar o ingresar en el modelo. Un ejemplo es el examen de las tensiones en un objeto impreso utilizando un laboratorio virtual que simula el análisis de elementos finitos (FEA). El concepto de estrés no se puede demostrar suficientemente con una simple ilustración estática o un video. Un objeto impreso puede examinarse utilizando una combinación de modelos y software del mundo real, ya sea para realizar experimentos en un objeto impreso en 3D o visualizar las tensiones que experimentaría y compararlas con una prueba física (Spurgeon y Abner, 2018). Los educadores están limitados a lo que se puede hacer en un sentido práctico con el equipo y los experimentos. Sin embargo, el uso de modelos impresos en lugar de equipos físicos es una forma rentable de aprovechar los laboratorios virtuales en la educación. Quizás lo más importante es que los modelos impresos permiten comprender mejor los conceptos teóricos al tenerlos a mano como representaciones físicas de lo que el software está simulando. Llevar objetos impresos al aula podría animar a los estudiantes a experimentar y explorar conceptos más allá de lo que se pretendía en el diseño del software. Este enfoque también fomenta el uso de modelos impresos en todas las disciplinas al aprovechar la capacidad de un laboratorio virtual para incorporar diferentes conceptos en un experimento. Se espera que otros educadores descubran que la combinación de impresión 3D y software virtual fomenta nuevas experiencias de aprendizaje y anima a los estudiantes a considerar caminos en muchas áreas de estudio.

La rápida evolución de la tecnología de impresión 3D ha afectado profundamente a diferentes ámbitos de la educación en los últimos años. Se define el alcance de la impresión 3D mientras se explora cómo puede innovar los métodos de enseñanza y aprendizaje. Los objetos impresos en 3D, modelados con herramientas de modelado y sometidos a un proceso de impresión 3D, salen a manos de los estudiantes en formato de escritorio. Esta experiencia tangible capta la atención de los estudiantes, aumenta la curiosidad e invoca preguntas y discusiones en las aulas. Esto crea una atmósfera de aprendizaje basada en la investigación en la que los estudiantes aprenden explorando e implementando diferentes ideas en lugar de aprender de memoria (Waseem, 2017). Desde la llegada de los libros a la educación, el objetivo de la educación ha

sido materializar conceptos abstractos para facilitar su comprensión. Los objetos educativos se pueden imprimir en 3D para satisfacer esta necesidad básica de la educación. Los objetos impresos pueden ser una alternativa a los recursos educativos impresos existentes, como gráficos, modelos y libros, y tienen varias ventajas adicionales.

Estos incluyen la capacidad de diseñar y personalizar objetos según las necesidades, crear fácilmente múltiples copias, durabilidad y robustez mejoradas, libertad para elegir materiales y diferentes texturas, colores y formas. Con la impresión 3D, las habilidades de diseño y desarrollo de recursos educativos están en manos de los profesores; Pueden adaptar los recursos a sus metodologías de enseñanza en lugar de ajustar su metodología para utilizar los recursos existentes. La impresión 3D reforma el sistema educativo al llevar a los estudiantes más allá del simple aprendizaje a un mundo de innovación. Los estudiantes pueden diseñar objetos educativos según sus necesidades, lo que fomenta la creatividad y la innovación en los estudiantes. Los profesores pueden sentir la diferencia con los objetos impresos en 3D en las aulas. Los niveles de participación de los estudiantes aumentan y se vuelven más activos en las discusiones. La impresión 3D crea una plataforma para el aprendizaje experiencial; Los estudiantes pueden aprender y comprender fácilmente conceptos complejos mediante la experimentación y la observación de algo en acción en lugar de derivaciones y ecuaciones matemáticas. La implementación de la impresión 3D en la educación no es del todo positiva. También se presenta un análisis objetivo de los retos a los que se enfrentan los educadores en este sentido. Las impresoras 3D de buena calidad están disponibles en el rango de US \$ 300 a US \$ 2000. Para una implementación efectiva, se requieren una o dos impresoras por clase; esto hace que las escuelas que tienen más de una clase tengan un presupuesto de alrededor de US\$6000 a US\$30000 solo en impresoras. Dado que las materias primas de las impresoras están en el rango de precios de US\$25 a US\$300 por kg, incluso el presupuesto posterior a la compra para la educación de uso continuo es difícil para las escuelas que no tienen experiencia en TI. Los educadores expresan preocupación por tener las habilidades técnicas para una implementación efectiva y el tiempo requerido para diseñar objetos. Los profesores deben tener oportunidades de desarrollo profesional para implementar con éxito la impresión 3D. Debido a que los objetos educativos son diseñados, impresos y utilizados por maestros con las habilidades técnicas, es crucial realizar la capacitación desde la etapa de diseño en sí. Los objetos educativos impresos son frágiles y se doblan al aplicar una ligera presión. También existe una preocupación por la elección de los materiales; El proceso de impresión y los costos de material hacen que algunos objetos no sean rentables de imprimir.

## Ventajas de la impresión 3D en entornos de aprendizaje

En los últimos años, la impresión 3D se ha abierto camino en escuelas, colegios y universidades. Aunque algunos puedan decir que es solo una moda pasajera, la sostenibilidad de la impresión 3D en la educación habla en su contra. Las ventajas de la impresión 3D en la educación conducen a numerosos resultados beneficiosos. En primer lugar, los estudiantes están más comprometidos y motivados cuando utilizan tecnologías de impresión 3D en actividades prácticas (Waseem, 2017). Debido a esta experiencia táctil, los estudiantes comprenden el contenido académico de una manera más profunda con materiales impresos en 3D en sus manos en lugar de imágenes planas en una pantalla. Además, la impresión 3D permite a los estudiantes crear modelos para el pensamiento crítico y la resolución de problemas a través de aplicaciones del mundo real (R. Cairns et al., 2018). En lugar de simplemente estudiar el teorema de Pitágoras, por ejemplo, los estudiantes pueden construir un dispositivo que analice tripletes pitagóricas con piezas impresas en 3D diseñadas por ellos. Los estudiantes se empoderan a medida que llevan sus ideas a buen término mediante la creación de representaciones tangibles de ellas con impresión 3D. Como resultado, la impresión 3D ayuda en el desarrollo de la creatividad, una habilidad fundamental necesaria en el siglo XXI. La impresión 3D no se limita a las máquinas y el software, sino que permite un cambio de paradigma en la enseñanza y el aprendizaje, ya que las lecciones aprendidas con los proyectos impresos en 3D no se pueden replicar fácilmente en otros lugares. Muchas veces, los objetos impresos en 3D creados por los estudiantes son el comienzo de la discusión en lugar de ejemplos de libros de texto. Además, los proyectos 3D se pueden realizar de forma colaborativa y, en el proceso, los estudiantes aprenden a trabajar en equipo. Se fomentan las habilidades de trabajo en equipo y comunicación, ya que los roles de los estudiantes a menudo están determinados por las fortalezas individuales de cada miembro del equipo. En resumen, los resultados de aprendizaje son superiores ya que los estudiantes van más allá de los límites disciplinarios cuando trabajan en proyectos 3D. En general, la impresión 3D es una tecnología revolucionaria que cambia la práctica educativa.

En la sección anterior se destacan diversas innovaciones en las prácticas docentes y las experiencias de aprendizaje de los estudiantes que se derivan de la integración de las tecnologías de impresión 3D en la educación. Sin embargo, no todas las instituciones educativas aprovechan fácilmente el potencial de esta tecnología. Existen consideraciones, desafíos y limitaciones que pueden impedir su adaptación a la enseñanza y al aprendizaje. Al igual que con cualquier nueva tecnología, la planificación y la consideración cuidadosas son esenciales para una implementación exitosa. Esto es especialmente cierto para

las tecnologías de impresión 3D, que pueden ser complicadas y difíciles de manejar en comparación con otras tecnologías educativas como computadoras, tabletas y pizarras inteligentes. Un desafío importante es la inversión financiera asociada con la adopción de la impresión 3D en la educación. Si bien los costos pueden variar, las impresoras, los materiales y el mantenimiento requieren un desembolso de algunos recursos que pueden ser escasos para muchas escuelas (Shahrubudin et al., 2020). Incluso las tecnologías básicas pueden ser caras. Por ejemplo, los modelos básicos cuestan alrededor de quinientos dólares, lo que es tolerable para muchos compradores, pero conlleva compromisos, como un volumen de construcción limitado y una calidad de impresión subóptima en el modo de alta resolución. Sin embargo, es el profesorado el que puede enfrentarse al reto más importante. Aunque muchos profesores tienen conocimientos informáticos, las tecnologías de impresión 3D son relativamente nuevas y la mayoría de los educadores no están familiarizados con la tecnología.

Es necesaria una curva de aprendizaje empinada, junto con el compromiso de tiempo necesario para la formación, el apoyo y la práctica. Los educadores acostumbrados a las tecnologías 2D pueden dudar en adoptar completamente las tecnologías 3D hasta que se sientan cómodos y familiarizados con ellas. La escasez de tiempo es otro problema, ya que "simplemente no hay suficiente tiempo en el plan de estudios" (R. Cairns et al., 2018) para integrar nuevas tecnologías, en particular una tan complicada como la impresión 3D. Lo que en última instancia podría ser un experimento de enseñanza y aprendizaje en todo el aula requiere una gran cantidad de tiempo para prepararse y poner a prueba con solo unas pocas personas. Si un proyecto financiado por una subvención es el único uso de la impresión 3D en una escuela, existe una tendencia a apresurarse por temor a que el tiempo dedicado al experimento prive a los estudiantes de la exposición a otras tecnologías o experiencias de aprendizaje. La gestión del aula también es motivo de preocupación, ya que existe el temor de que la impresión 3D pueda resultar disruptiva si el proceso no está bien estructurado. Si bien tener varias impresoras ayuda a que los estudiantes circulen entre ellas y limita el tiempo de inactividad, el desafío sigue siendo encontrar un equilibrio entre los pasos que se pueden realizar lejos de las máquinas y los que requieren su uso. Puede ser difícil frenar el entusiasmo de los estudiantes por el diseño y la impresión si el proceso se ve obstaculizado por la resolución de problemas de la máquina o la falla de la impresora. Sin embargo, hay muchas preguntas sobre la durabilidad de los modelos después de la impresión.

Una de las preocupaciones es si los objetos impresos con esta tecnología son fisiológicamente seguros para manipular. Si bien la mayoría de las impresoras utilizan filamentos de ácido poliláctico (PLA) relativamente inofensivos en lugar de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), todavía existen preocupaciones con respecto a la

longevidad de los audífonos impresos en 3D. Por un lado, los objetos impresos con PLA tienden a descomponerse en cuestión de semanas cuando se exponen a la humedad, lo que los hace inadecuados para su uso en condiciones húmedas. Sin embargo, por otro lado, se cuestiona si la adopción de la impresión 3D en la educación es económicamente sostenible si implica el uso continuo de filamentos por valor de cientos de dólares. Por último, es importante afirmar que el uso de las tecnologías de impresión 3D en la educación requiere la existencia de una infraestructura sólida que apoye el uso de la tecnología en otros lugares. Las escuelas que aún no poseen impresoras, un programa de modelado de diseño asistido por computadora y una computadora disponible regularmente en la que se instala este programa encontrarán inútil incluso la planificación preliminar para tal experimento. Estas necesidades deben abordarse de antemano para evitar frustraciones innecesarias durante el experimento en sí. En última instancia, los profesores que están considerando el uso de tecnologías de impresión 3D en la educación deben apreciar la complejidad de la decisión y tomarse el tiempo necesario para considerar sus implicaciones. Con demasiada frecuencia, la elección se hace apresuradamente, tal vez en respuesta entusiasta a un proyecto piloto observado en otro lugar, como fue el caso aquí. En tales situaciones, se espera que el intercambio de las lecciones aprendidas lleve a otros a pensar más detenidamente sobre lo que sería un experimento valioso y, cuando sea necesario, a reconsiderarlo.

### Estudio de casos

En algunos casos, se discuten varios aspectos de proyectos similares en varias escuelas. Los entornos educativos abarcan el sector escolar K-12, así como la educación superior, centrándose en proyectos únicos y exitosos que han inspirado a los estudiantes y los han motivado a explorar sus capacidades, al tiempo que han mejorado los resultados de aprendizaje. Otros analizan las experiencias de instituciones de educación superior que han adoptado la tecnología de manera más amplia, entendiendo la impresión 3D como una plataforma pedagógica y de investigación, con el rigor académico como prioridad. Se comparten algunas ideas de casos en los que la implementación ha sido más difícil, pero que, sin embargo, vale la pena considerar. La esperanza es que al compartir las lecciones aprendidas del viaje hasta ahora, las instituciones que recién comienzan a explorar las posibilidades de esta tecnología encuentren algo de orientación. La diversidad de aplicaciones actualmente en uso y en desarrollo pretende ilustrar que la impresión 3D no se limita a un tema en particular, un grupo de edad o un avance educativo, sino que se puede utilizar a lo largo de las etapas de aprendizaje y en una variedad de entornos. De hecho, algunos casos demuestran que la adopción a niveles más fundamentales puede despertar el interés que

florece en la investigación en profundidad en los institutos de educación superior (Waseem, 2017). A lo largo de los años, muchas tecnologías se han incorporado a la educación, algunas con éxito, otras no tanto. En última instancia, se espera que esta selección refuerce la noción de que la impresión 3D realmente puede tener un impacto transformador en la educación. Esta tecnología, que antes se limitaba al uso comercial y a los laboratorios de investigación, se ha vuelto más accesible debido a la caída de los costos de las herramientas y equipos necesarios. Como resultado, han florecido centros de innovación y espacios de creación, que atienden a aficionados, diseñadores, ingenieros y estudiantes. Las instituciones educativas también se han sumado, explorando e implementando diferentes usos para la tecnología de impresión 3D.

Un creciente cuerpo de literatura se centra en las aplicaciones de la impresión 3D dentro de los contextos educativos K-12, detallando iniciativas inspiradoras en el aula que ilustran el potencial de la tecnología como herramienta pedagógica. Varias historias de éxito destacan las escuelas que incorporan la impresión 3D en sus aulas y planes de estudio, creando experiencias de aprendizaje innovadoras para los estudiantes de todos los niveles de grado y disciplinas. Por ejemplo, una escuela K-12 en Minneapolis utilizó software de diseño y modelado junto con la impresión 3D para que los estudiantes de octavo grado crearan sus propios autos conceptuales para explorar los principios científicos (Fettig, 2017). Otra escuela en Brooklyn, Nueva York, compró una impresora para usar en su programa de medios digitales, lo que resultó en Land Rover marcianos impresos por estudiantes para un proyecto de la NASA, joyas creadas en rhinoCAD y un estudiante de SIG imprimiendo mapas topográficos de la ciudad de Nueva York. Una escuela en Nashville, Tennessee, compró una impresora 3D para que los estudiantes de quinto grado pudieran diseñar e imprimir modelos de ecosistemas oceánicos. Otros profesores informan que utilizan la impresión 3D para replicar artefactos antiguos, crear modelos a escala de la arquitectura del aula e imprimir instrumentos musicales diseñados por los estudiantes. Estas experiencias de aprendizaje práctico permiten a los estudiantes explorar y crear cosas relevantes para sus propias vidas e intereses, muy lejos del modelo educativo pasivo de conferencias y libros de texto.

La impresión 3D ofrece oportunidades para la creatividad y la exploración de los estudiantes más jóvenes. Una maestra describe cómo los niños de jardín de infantes de tan solo cinco años se deleitan y aprenden de la exploración y manipulación de formas y objetos impresos en 3D. Para los estudiantes mayores, el proceso de diseño puede ser tan valioso como el propio objeto impreso y puede requerir pensamiento crítico, experimentación y revisión. Un profesor de Nashville señala: "Lo mejor del diseño es que los estudiantes pueden pensar críticamente",

y otro explica cómo los estudiantes aprenden paciencia, perseverancia e ingenio a través del ensayo y error inherente al modelado y el diseño. Algunos educadores expresan su preocupación de que las tecnologías de impresión 3D puedan ser prohibitivamente costosas para las escuelas K-12 debido a los presupuestos limitados y las prioridades competitivas para la compra de tecnología. Sin embargo, como señala un educador, la impresión 3D se puede hacer de forma relativamente barata, citando un kit de impresora de bricolaje de 450 dólares. Otro educador se hace eco de este sentimiento, señalando: "Creo que las impresoras 3D se están convirtiendo en las nuevas 'pizarras inteligentes', algo que los educadores deben tener". Más allá de la accesibilidad, la formación y el apoyo de los docentes son cruciales para integrar con éxito las nuevas tecnologías, y las escuelas con oportunidades de desarrollo profesional han tenido un mayor éxito en la implementación. El desarrollo de la capacidad del personal es especialmente importante cuando uno o dos profesores son responsables de una nueva tecnología y no pueden compartir la carga de trabajo. Un educador describe los desafíos que plantea la integración de nuevas tecnologías en una escuela en la que los profesores de recursos temen perder el control de sus aulas y prefieren introducir nuevas tecnologías sólo en su propio tiempo. Las limitaciones de recursos limitan la impresión 3D en una escuela de Nueva York, donde los MacBooks y el software deben planificarse con mucha antelación, y la responsabilidad de la nueva tecnología recae en una sola persona. Otra escuela con un maestro/operador de impresora dedicado funciona como una "imprensa", con estudiantes que envían solicitudes de impresión. Por el contrario, las escuelas con un laboratorio de impresión disponible para todas las aulas informaron de un uso más generalizado y eficaz de la tecnología. Sin embargo, en general, la impresión 3D tiene el potencial de ser una valiosa herramienta educativa en las aulas K-12.

Esta subsección revisa el uso de las tecnologías de impresión 3D en las instituciones de educación superior. En comparación con la educación primaria y secundaria, el debate se centra más en las aplicaciones avanzadas y las iniciativas de investigación dentro del sector de la educación superior. A medida que surgen nuevas tecnologías, las universidades las adoptan rápidamente para implementar las últimas innovaciones en los proyectos de diseño. Esta tendencia también es evidente para las tecnologías de impresión 3D, donde los objetos se pueden diseñar fácilmente virtualmente antes de ser llevados inmediatamente al mundo real utilizando impresoras 3D. Desde 2010, estudiantes universitarios de diversos campos, como la ingeniería, la arquitectura, el arte y el diseño, y las ciencias de la vida medioambientales, han desarrollado numerosos diseños innovadores que utilizan procesos de impresión 3D. En particular, los estudiantes ahora pueden desarrollar prototipos por su cuenta y observar inmediatamente cómo sus diseños

evolucionan de un modelo virtual a un objeto físico. Además, es posible ajustar los diseños en el acto, en lugar de esperar varios días a que un proceso de fabricación tradicional obtenga el resultado. Por lo tanto, las tecnologías de impresión 3D han creado oportunidades para que los estudiantes realicen investigaciones y diseñen experimentos en sus proyectos académicos, al tiempo que generan experiencias atractivas en su aprendizaje (Waseem, 2017).

Se describen tres estudios de caso de instituciones de educación superior de Hong Kong para ilustrar cómo se integran las tecnologías de impresión 3D en diferentes entornos académicos. El primer caso se centra en la educación en ingeniería, donde la impresión 3D desempeña un papel crucial en los proyectos de diseño, construcción y prueba y ayuda a los estudiantes a desarrollar experiencia práctica en la construcción de sistemas robóticos. El segundo caso examina el uso de la impresión 3D en la educación artística y de diseño, donde un proyecto colaborativo entre estudiantes de Hong Kong y París implicó la creación de artefactos impresos en 3D modelados a partir de una estatua de una diosa vietnamita. El tercer caso destaca la aplicación de la impresión 3D en la educación médica, específicamente para producir modelos físicos a partir de datos de TC para mejorar la comprensión de la anatomía y los procedimientos quirúrgicos. Además del uso independiente de las tecnologías de impresión 3D en disciplinas individuales, se aborda la importancia de las aplicaciones de impresión 3D para promover la colaboración entre diferentes disciplinas. Se utiliza un proyecto colaborativo en el que participan estudiantes de ingeniería y arquitectura para analizar cómo las tecnologías de impresión 3D facilitan la experimentación y el aprendizaje colaborativos del diseño en todas las disciplinas, así como las implicaciones de la impresión 3D para los resultados de aprendizaje y el desarrollo profesional de los estudiantes. Aunque la mayoría de los proyectos se centran en aplicaciones educativas, también se discute brevemente la importancia de las tecnologías de impresión 3D como herramientas de investigación para el personal académico. Finalmente, se abordan algunos desafíos asociados con la integración de tecnologías de impresión 3D en instituciones educativas, como los altos costos de mantenimiento, la complejidad técnica y la limitación de los materiales disponibles.

### **Tendencias emergentes.**

Este creciente cuerpo de evidencia que describe la integración exitosa de la impresión 3D en las aulas sugiere direcciones futuras y tendencias emergentes en este campo. Como ya se ha descrito, se espera que la tecnología de impresión 3D evolucione rápidamente en varias direcciones, lo que la hace aún más adecuada para su integración en entornos educativos. El costo debe ser el enfoque principal del desarrollo posterior, cubriendo la

inversión inicial, el mantenimiento y los costos operativos. Debido a que las impresoras 3D y los materiales de impresión siguen siendo relativamente caros, una mayor asequibilidad promovería el acceso a la tecnología de impresión 3D. En la actualidad, el acceso también está influenciado por los conocimientos y habilidades del personal docente. Por lo tanto, los esfuerzos deben dirigirse a facilitar el uso de las impresoras y eliminar por completo los requisitos de formación y conocimientos especializados. El desarrollo de materiales de impresión que sean más compatibles con una gama más amplia de impresoras también podría mejorar los esfuerzos de integración. También se debe prestar más atención al diseño de materiales de impresión que permitan impresiones de mayor calidad y sean capaces de producir modelos más duraderos. Se espera que la colaboración y la asociación entre las organizaciones de la industria y las instituciones educativas se generalicen aún más, beneficiando a los ejecutores de la educación, ya que las iniciativas comparten recursos y conocimientos valiosos. Las empresas que suministran impresoras, materiales o software podrían ayudar en gran medida al personal docente con los esfuerzos de integración mediante la búsqueda activa de nuevas formas en que sus productos pueden usarse en la educación. Sin embargo, hay que subrayar que el papel de los educadores es fundamental para dar forma a las direcciones futuras.

Las tecnologías emergentes siempre se abrirán camino en las aulas si el personal docente decide adoptarlas. A pesar de que, en general, las tendencias tecnológicas se impulsan de arriba hacia abajo, en la práctica, el personal docente a menudo influye en gran medida en la adopción de las tecnologías y en cómo se adoptan. Por lo tanto, las investigaciones futuras deben considerar cómo la visión de los educadores podría moldear e influir en las direcciones futuras y las tendencias emergentes. Por último, la implementación de la impresión 3D en la educación debería impulsar un debate sobre los conocimientos y habilidades necesarios que los estudiantes deben adquirir para prosperar en una fuerza laboral tecnológica, cambiando lentamente hacia la economía global. Una pregunta razonable sería qué conjunto de habilidades requeridas actualmente por el mercado global seguiría siendo válido en 5 a 10 años y cómo deben cambiar las prácticas educativas para cumplir con los requisitos futuros. En consecuencia, el impacto que tendría la impresión 3D como tecnología emergente en las prácticas educativas a nivel mundial también es una pregunta desafiante. En general, los educadores deben buscar activamente cómo beneficiarse de las tendencias emergentes en lugar de depender de la adopción pasiva.

### **Innovaciones en la impresión 3D educativa**

En la educación moderna, el uso de impresoras 3D sigue transformando los métodos y experiencias de enseñanza y

aprendizaje. Se exploran y discuten las últimas innovaciones en impresión 3D educativa, herramientas y técnicas únicas y de vanguardia. Se examinan los avances revolucionarios en la tecnología de impresión, los materiales de impresión, los dispositivos de posprocesamiento y los accesorios únicos impresos en 3D y se investigan sus aplicaciones educativas. La atención se centra en cómo estas innovaciones pueden mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y facilitar la integración de los educadores en los planes de estudio. Se discuten nuevas funcionalidades que apoyan la enseñanza y el aprendizaje de diferentes asignaturas y proyectos colaborativos entre diferentes instituciones a nivel mundial. Se explora la conexión entre la impresión 3D y el creciente interés por las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual, así como el posible futuro de esta combinación en el entorno interactivo de aprendizaje (Waseem, 2017). Además, se muestran algunos proyectos ejemplares de implementación exitosa de la impresión 3D educativa en las aulas desde la educación temprana, pasando por K-12 hasta la educación superior. Es esencial seguir educando y actualizando una perspectiva educativa de la impresión 3D, ya que la tecnología de impresión 3D y las prácticas educativas de impresión 3D cambian y avanzan rápidamente. Es necesario mantenerse al día con los cambios para que el sector educativo pueda aprovechar la aplicación de estas tecnologías e innovaciones en el aprendizaje y la enseñanza y aprovechar todo el potencial. Se presenta una instantánea de las innovaciones, tendencias y mejores prácticas de impresión 3D educativa, que pinta una imagen brillante y prometedora del futuro de la impresión 3D en la educación.

Este debate se limita a un impacto potencial más amplio de la impresión 3D en el futuro de la educación. Se argumenta que la impresión 3D podría ser una de las tecnologías más transformadoras que debería impactar en la forma en que se lleva a cabo la educación en la actualidad. Parece que la impresión 3D tiene el potencial de redefinir los métodos de enseñanza tradicionales utilizados en las aulas durante décadas, y el aprendizaje podría ser más práctico y centrado en el estudiante. Una de las preguntas más críticas es si la impresión 3D en la educación despegará o seguirá siendo una moda pasajera como tantas otras tendencias en la educación. Sin embargo, se espera que la impresión 3D prolifere ampliamente en las aulas y las instituciones educativas, como lo hicieron las computadoras e Internet, y también se integre ampliamente en varios planes de estudio, independientemente de la disciplina. Como mínimo, se insta a los responsables de las políticas educativas, a los planificadores, así como a los administradores escolares y a los educadores a que consideren seriamente la implementación de esta tecnología. Existe la creencia de que los beneficios a largo plazo de esta tecnología superarían con creces cualquier duda o posible deficiencia (Waseem, 2017).

La impresión 3D podría devolver el enfoque del mundo a los estudiantes, en lugar de centrarse en el profesor o en el sistema. Los objetos pueden ser diseñados, digitalizados y llevados a las manos de los estudiantes para su inspección y exposición práctica. Esta tecnología se puede utilizar en múltiples áreas de la educación, como ingeniería, arquitectura, historia, biología, química, matemáticas y varias otras disciplinas. Los estudiantes pueden diseñar modelos de impresión 3D en materias tan simples como el aprendizaje de idiomas y literatura, crear modelos 3D de letras y personajes de dibujos animados y llevar sus ideas al mundo 3D. Esta tecnología podría preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real. La pregunta importante a considerar es ¿qué tipo de habilidades profesionales futuras requieren los estudiantes? Prácticamente todo lo que un estudiante aprende hoy en día es digital; Por lo tanto, los educadores deben abrir la discusión sobre la alfabetización digital. Por otro lado, es muy importante considerar el papel de los educadores en este contexto. En lugar de ser los proveedores de conocimientos tradicionales, se les exigiría que asumieran la función de facilitadores; Guiar a los estudiantes cómo y dónde buscar el conocimiento que buscan. Sin embargo, en la era de Google, Wikipedia y YouTube, los estudiantes se han empoderado con la información del mundo al alcance de la mano, lo que reduce el papel de los educadores como la fuente de información más creíble, pero su papel como inspirador no puede ser socavado. La impresión 3D ayudaría a la curiosidad innata de los estudiantes para explorar más allá de lo que se enseña en las aulas y los llevaría a un mundo de imaginación.

Uno de los grandes aspectos de la impresión 3D sería la posibilidad de conectar a estudiantes de diferentes rincones del mundo para trabajar juntos en un proyecto; para colaborar de forma global e innovadora. Con la impresión 3D, se cree que la educación podría reformarse a nivel mundial y que ningún niño se quedaría atrás. Al igual que la cámara estenopeica industrial, cada estudiante podría tener la oportunidad de construir su propia impresora 3D y este mundo se convertiría en un mundo de impresión 3D. Por lo tanto, se recomienda adoptar este cambio, ya que existe la posibilidad de que la impresión 3D pueda provocar una reforma educativa significativa. Este es el primer paso hacia ese cambio, y con la esperanza de que las ideas presentadas aquí inspiren a otros a comenzar el viaje hacia el mundo de la impresión 3D.

### Conclusiones

Este estudio ha explorado el impacto de la impresión 3D en la educación, centrándose en varias áreas clave: la tecnología en sí, su potencial y aplicaciones prácticas en la educación, y los beneficios y desafíos de su implementación en la enseñanza y el aprendizaje. A través de investigaciones, observaciones en el aula y entrevistas

con educadores, los hallazgos afirman que la impresión 3D tiene el potencial de transformar la educación al mejorar la enseñanza y el aprendizaje de maneras innovadoras. Los beneficios de esta tecnología en la educación incluyen mejoras en la participación de los estudiantes, la creatividad y la imaginación, el aprendizaje personalizado y el desarrollo de habilidades prácticas. Estos hallazgos contribuyen al creciente cuerpo de conocimiento sobre el impacto de la impresión 3D en la educación, particularmente desde la perspectiva de los educadores que han implementado directamente la tecnología en sus aulas. Si bien la impresión 3D en la educación presenta varios beneficios, el estudio también destaca desafíos significativos que deben abordarse para una implementación efectiva. Estos desafíos incluyen los altos costos de los recursos de impresión 3D, las limitaciones de tiempo para que los educadores diseñen e impriman modelos, la necesidad de una capacitación adecuada para desarrollar habilidades técnicas y garantizar el acceso a la tecnología para todos los estudiantes. Se espera que, al arrojar luz sobre estos desafíos, las autoridades educativas consideren invertir más en los recursos y la capacitación necesarios para que los educadores incorporen la impresión 3D en la educación de manera efectiva. Este estudio busca examinar el papel de las tecnologías emergentes en la educación. Los hallazgos sobre el impacto de la impresión 3D en la educación pueden ayudar a los profesionales de la educación y a los responsables políticos a comprender las implicaciones de esta tecnología en la enseñanza y el aprendizaje.

En conclusión, este estudio enfatiza que la tecnología de impresión 3D no debe verse simplemente como una tendencia, sino más bien como un avance que puede provocar un cambio de paradigma en la educación. Es responsabilidad de los educadores, las autoridades educativas y los responsables políticos explorar y experimentar con esta tecnología para maximizar sus beneficios en la educación. A pesar de los desafíos, se espera que las prácticas de enseñanza y aprendizaje evolucionen continuamente, adoptando nuevas tecnologías e innovaciones. En última instancia, y lo que es más importante, se prevé que las prácticas educativas se transformen de una manera que satisfaga mejor las necesidades de los alumnos y de la sociedad en su conjunto.

Este estudio examinó el impacto de la impresión 3D en la educación, centrándose específicamente en cómo se ha utilizado en la enseñanza y el aprendizaje, los beneficios y desafíos, y el potencial general como herramienta educativa. A través de una revisión sistemática de la literatura, se sintetizaron los hallazgos clave, destacando los principales beneficios de la impresión 3D y proporcionando ejemplos de aplicaciones prácticas en diferentes contextos educativos. La revisión también exploró los desafíos que enfrentan los educadores que intentan integrar esta tecnología. En términos de

beneficios, se encontró que la impresión 3D es la más impactante en lo que respecta a la participación, seguida de cerca por la mejora de las experiencias de aprendizaje. Estos beneficios se confirmaron en varias disciplinas y niveles educativos, mostrando una variedad de estudios de casos exitosos. Sin embargo, también hubo una comprensión matizada de los desafíos que enfrentan los educadores que intentan integrar esta tecnología. La interacción entre los beneficios y los desafíos es fundamental, ya que estos últimos pueden socavar los primeros. Por lo tanto, es necesario considerar los desafíos en la implementación. En general, esta revisión tiene como objetivo concienciar a los educadores, administradores y responsables políticos sobre el importante potencial de la impresión 3D en la educación y proporcionar una base para futuras investigaciones en esta área (Waseem, 2017). A continuación se resumen las principales conclusiones relativas a los objetivos del examen.

A partir de los hallazgos y la metodología de esta investigación, se discuten las implicaciones para la práctica y la política educativa. En primer lugar, se argumenta que los educadores pueden utilizar los conocimientos obtenidos de este estudio para tomar decisiones más informadas sobre cómo optimizar el diseño del currículo y las metodologías de enseñanza en relación con la impresión 3D. Por ejemplo, el estudio indica que las diferentes áreas de contenido presentan diferentes oportunidades para utilizar la impresión 3D en la enseñanza y el aprendizaje. Como tal, aboga por que los maestros que diseñan experiencias de aprendizaje que involucran la impresión 3D piensen detenidamente sobre el área de contenido en la que se está utilizando esta tecnología. Además, una curva de aprendizaje notable en el uso de la impresión 3D plantea preguntas sobre la equidad del acceso a esta tecnología en la educación. Se sugiere que esta cuestión debería ser tomada en serio por la práctica educativa y los responsables de la formulación de políticas (Waseem, 2017). Otra consideración clave para la política educativa es que los hallazgos de este estudio apuntan a la necesidad de políticas de apoyo que aboguen por los recursos, el personal y la capacitación necesarios para poder utilizar eficazmente las tecnologías de impresión 3D en la educación.

En segundo lugar, se argumenta que es necesaria una mayor colaboración entre las instituciones educativas y las empresas productoras o proveedoras de tecnologías para ayudar a realizar el potencial de esta tecnología en la educación. En este sentido, los hallazgos del estudio indican que se debe fomentar una comunidad de práctica en torno a las tecnologías educativas, que involucre a las instituciones educativas, los proveedores de tecnología y los responsables políticos. La integración de las tecnologías en la educación a menudo se considera una oportunidad transformadora, por lo que es importante darse cuenta de lo que se puede lograr reuniendo a los educadores y a los proveedores de tecnología. Sin

embargo, el estudio también arroja luz sobre las tensiones entre la educación y la industria, y un posible resultado de estas tensiones es una visión acotada de la educación. Por ejemplo, la esperanza de que la tecnología mejore los resultados educativos a menudo implica una concepción de la educación que se refiere únicamente a la competitividad económica.

Por último, es importante señalar que, si bien el entorno educativo en el que se realizó este estudio tiene tecnologías de impresión 3D ampliamente disponibles, este estudio indica que estas tecnologías no necesariamente se utilizan plenamente en la enseñanza y el aprendizaje. Persisten las preocupaciones sobre la cobertura del currículo y la gestión del aula en relación con el uso de estas tecnologías en la enseñanza. Por lo tanto, también debe enfatizarse que existe la necesidad de un diálogo continuo entre la educación y la industria sobre lo que está en juego en la adopción de tecnologías en la educación, así como la necesidad de investigar cómo está evolucionando el papel de la tecnología en la educación. Por ejemplo, los hallazgos de este estudio revelan que, si bien las tecnologías de impresión 3D están ampliamente disponibles, existe frustración sobre cómo usarlas en una diversidad de entornos educativos. Entre otras cosas, esto plantea preguntas sobre lo que significa tener equidad en el acceso a la tecnología. Por lo tanto, hay mucho que ganar al compartir diferentes contextos educativos. En el espíritu de la presente investigación, se espera que este estudio anime a otros a compartir sus experiencias con la adopción de la tecnología en la educación.

### Referencias:

- Fettig, A. (2017). Purposes, Limitations, and Applications of 3D Printing in Minnesota Public Schools. <https://core.ac.uk/download/232793796.pdf>
- R. Cairns, D., Curtis, R., A. Sierros, K., & J. Bolyard, J. (2018). Taking Professional Development From 2D to 3D: Design-Based Learning, 2D Modeling, and 3D Fabrication for Authentic Standards-Aligned Lesson Plans. <https://core.ac.uk/download/220145447.pdf>
- Shahrubudin, N., Koshy, P., Alipal, J., Kadir, M. H. A., & Lee, T. C. (2020). Challenges of 3D printing technology for manufacturing biomedical products: A case study of Malaysian manufacturing firms. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7160453/>
- Spurgeon, E. & Abner, M. (2018). Exposing 3D printing to undergraduate fashion merchandising students. <https://core.ac.uk/download/212846709.pdf>
- Waseem, K. (2017). Innovation in Education - Inclusion of 3D-Printing Technology in Modern Education System of Pakistan: Case from Pakistani Educational Institutes. <https://core.ac.uk/download/234639706.pdf>