

# LABORATORIO DE REALIDAD VIRTUAL DE MANUFACTURA ADITIVA E IMPRESIÓN 3D

## VR LAB OF ADDITIVE MANUFACTURING AND 3D PRINTING

**Rodríguez Mejía Jeovany Rafael**

Tecnológico Nacional de México/ Ciudad Juárez

<https://orcid.org/0000-0003-4154-0778>

[jeovany.rm@cdjuarez.tecnm.mx](mailto:jeovany.rm@cdjuarez.tecnm.mx)

**Moreno Mercado Héctor Javier**

Tecnológico Nacional de México/ Ciudad Juárez

<https://orcid.org/0009-0004-2627-8905>

[morenohector@gmail.com](mailto:morenohector@gmail.com)

**Quiroz Merino German**

Tecnológico Nacional de México/ Ciudad Juárez

<https://orcid.org/0000-0002-5303-8243>

[german.qm01@cdjuarez.tecnm.mx](mailto:german.qm01@cdjuarez.tecnm.mx)

**Zapata de Santiago Israel Emmanuel**

Tecnológico Nacional de México/ Ciudad Juárez

<https://orcid.org/0000-0001-5883-7231>

[israel.zd01@cdjuarez.tecnm.mx](mailto:israel.zd01@cdjuarez.tecnm.mx)

**García Morales Paula Verónica**

Tecnológico Nacional de México/ Ciudad Acuña

<https://orcid.org/0009-0003-7334-9668>

[pmorales@hotmail.com](mailto:pmorales@hotmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.61273/neyart.v1i2.140>

| Recibido: 13/09/2025 | Aceptado: 17/10/2025 | Publicado: 19/11/2025

Esta obra está bajo  
una licencia internacional  
Creative Commons Atribución 4.0.



**Resumen--** El artículo presenta el Laboratorio de Realidad Virtual de Manufactura Aditiva e Impresión 3D (VR Lab) desarrollado en Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez, y analiza su potencial para la educación y la industria de la manufactura. Su objetivo principal es explorar la viabilidad y el valor pedagógico y productivo de la virtualización de laboratorios de impresión 3D mediante realidad virtual, permitiendo la visualización y manipulación inmersiva de modelos tridimensionales, así como la simulación de procesos de manufactura aditiva y la evaluación de geometrías antes de la fabricación. Se describe la convergencia entre impresión 3D y VR como plataforma para aprendizaje interactivo, donde los estudiantes y profesionales pueden interactuar con objetos 3D, detectar fallos, optimizar diseños y comprender mejor las proporciones y parámetros del proceso en un entorno seguro y controlado. Entre los beneficios destacan la mejora de la comprensión teórica y de las habilidades prácticas, la reducción de riesgos y costos asociados al prototipado, y la posibilidad de facilitar la colaboración y el aprendizaje a distancia o en contextos donde la experimentación física es limitada. Se da importancia a sectores industriales claves como el automotriz y aeroespacial, así como en educación y capacitación, subrayando que la VR puede brindar una experiencia de aprendizaje más profunda, favorecer la iteración de diseños y apoyar decisiones de manufactura informadas. Concluye que la realidad virtual en laboratorios de manufactura aditiva tiene un alto potencial transformador para la educación y la innovación tecnológica.

**Palabras clave:** Impresión 3D, laboratorio virtual, Virtualización.

**Abstract:** This article presents the Virtual Reality Laboratory for Additive Manufacturing and 3D Printing (VR Lab), developed at the Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez, and examines its potential impact on education and the manufacturing industry. The primary objective is to explore the feasibility and pedagogical and productive value of virtualizing 3D printing laboratories through virtual reality (VR), enabling immersive visualization and manipulation of three-dimensional models, simulation of additive manufacturing processes, and evaluation of geometries prior to fabrication. The convergence of 3D printing and VR is described as a platform for interactive learning, where students and professionals can engage with 3D objects, identify design flaws, optimize models, and gain a deeper understanding of proportions and process parameters within a safe and controlled environment. Key benefits include enhanced theoretical comprehension and practical skills, reduced risks and costs associated with prototyping, and the facilitation of collaboration and remote learning—particularly in contexts where physical experimentation is limited.

Special emphasis is placed on critical industrial sectors such as automotive and aerospace, as well as on educational and training applications. The study highlights VR's capacity to deliver a more immersive learning experience, support iterative design processes, and inform manufacturing decisions. It concludes that virtual reality in additive manufacturing laboratories holds significant transformative potential for education and technological innovation.

**Keywords:** 3D Printing, Virtual laboratories, Virtualization.

## INTRODUCCIÓN

La manufactura aditiva ha revolucionado la industria al ofrecer soluciones innovadoras para la creación de piezas complejas con tiempos de producción reducidos y una muy alta capacidad de personalización. Los métodos de manufactura tradicionales parten de bloques de material que se van desbastando para crear el objeto el cual se denomina como sustractivo y con gran diferencia la manufactura aditiva construye las piezas capa por capa, permitiendo un control preciso sobre la geometría del producto final. (López, 2024), (Kumar, 20024).

La capacidad que ofrece la impresión 3D de fabricar estructuras complejas con mayor eficiencia y precisión ha logrado tener la atención de forma significativa de diversos sectores productivos. Existen tendencias cada vez más prometedoras que radican desde las nuevas posibilidades de innovación, personalización y sostenibilidad. La manufactura aditiva ha revolucionado los métodos de fabricación de productos en diversos sectores industriales, particularmente el automotriz, aeroespacial y aeronáutico. Esta tecnología innovadora permite la creación de objetos tridimensionales a partir de modelos digitales, construyendo capa por capa con precisión y detalle; y sobre todo tener una amplia capacidad de uso de materiales para la manufactura (Cardona, 2007).

Por otro lado, la realidad virtual (VR) ha emergido como una herramienta poderosa para simular entornos inmersivos, permitiendo a los usuarios interactuar con objetos tridimensionales de manera intuitiva (Abrar,2016), (Biocca,1992), (Gigante, 1993), (González,2013). Actualmente, la realidad virtual se ha implementado en procesos logísticos, procesos de enseñanza, procesos de capacitación, procesos industriales y de diseño para mejorar la visualización y el análisis de productos antes de su producción (Albahbah,2021), (Asaad, 2021), (Balsam, 2019), (Jerald, 2014).

La capacidad de compartir el espacio virtual con un modelo 3D permite a los ingenieros detectar fallos, optimizar formas y comprender mejor las proporciones de los productos antes de fabricarlos. En la actualidad se observa que el uso de realidad virtual en la academia tiene el potencial de transformar la manera de aprendizaje de los alumnos, su capacidad de comprensión y aplicación de procesos complejos como la manufactura aditiva. Así mismo se concibe a la realidad virtual (VR) como una herramienta tecnológica poderosa para la educación, permitiendo a los estudiantes experimentar entornos y situaciones que de otro modo serían inaccesibles (Jaynes, 2003), (Kim, 2013), (Gausemeier, 2011). Desde laboratorios virtuales hasta simulaciones de campo, la realidad virtual ofrece una plataforma para el aprendizaje interactivo y práctico. Esta herramienta mejora la comprensión teórica, y también fomenta habilidades prácticas en un entorno seguro y controlado. La capacidad de sumergirse en un mundo virtual permite a los estudiantes enfrentarse a desafíos reales sin los riesgos asociados, facilitando una educación más completa y efectiva. (Haba, 2024), (McLellan, 1993), (Nagta, 2002), (Omran, 2024).

La industria manufacturera ha experimentado avances significativos en la actualidad, especialmente con la integración de tecnologías emergentes como la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR) en los procesos de producción y diseño. La integración de este tipo de tecnologías permite simular entornos y procesos de forma interactiva, optimizar la capacitación, el diseño y la ejecución de procesos industriales. Sin embargo, en el ámbito de la manufactura aditiva aún existen retos relacionados con la formación y el uso adecuado de estas tecnologías, especialmente en entornos educativos (Pawassar, 2021), (Roda-Segarra, 2022), (Samala, 2022), (Yunsik, 2022). A pesar de la creciente adopción de estas herramientas, no existe una capacitación eficiente que permita a los usuarios aprender de manera integral sobre el manejo de impresoras 3D y mucho menos dentro de un entorno virtual interactivo.

Con este proyecto, se busca contribuir al desarrollo de un ambiente virtual de capacitación que permita a los estudiantes aprender los fundamentos teóricos y prácticos de la manufactura aditiva mediante simulaciones interactivas, diseño CAD, imágenes tridimensionales e impresión 3D. Este proyecto tiene como objetivo la creación de un entorno virtual utilizando Unity y Oculus Quest 2, para simular el proceso de impresión 3D, brindando a los estudiantes del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Juárez una herramienta innovadora para su formación. Este entorno permitirá que los usuarios puedan interactuar y experimentar con los diferentes pasos del proceso de impresión 3D de forma segura y sin necesidad de acceso físico a la impresora.

### **Objetivo general**

Diseñar un ambiente virtual interactivo para la capacitación en el proceso de manufactura aditiva, que incluya las fases de diseño CAD y la impresión 3D, con el fin de mejorar la comprensión y habilidades prácticas.

### Objetivos específicos

- Realizar una revisión de literatura en función a la tecnología de realidad virtual e impresión 3d.
- Desarrollar un entorno virtual que simule el proceso de manufactura aditiva, donde se pueda interactuar paso a paso el proceso de trabajo de impresión 3D, desde el diseño CAD hasta la configuración de la impresión.
- Implementar una plataforma de realidad virtual que permita experimentar el proceso de manufactura aditiva sin necesidad de equipos físicos, asegurando una experiencia inmersiva.
- Realizar pruebas para validar la funcionalidad y la efectividad del entorno virtual.

### Justificación

En la actualidad, el uso de herramientas tecnológicas es esencial en la formación de profesionales. Entre estas tecnologías están, los entornos virtuales que han cobrado especial relevancia en sectores como la educación, la ingeniería y la manufactura, por permiten simular escenarios complejos de manera segura, económica y accesible. La Realidad Virtual, en particular, se ha consolidado como una herramienta eficiente para el aprendizaje y la capacitación, al ofrecer experiencias inmersivas que facilitan la comprensión de conceptos y el desarrollo de habilidades prácticas. En el contexto de la industria 4.0 y la educación, la implementación de ambientes virtuales para la capacitación en procesos de manufactura aditiva responde a una necesidad creciente de métodos que permitan experimentar, diseñar y evaluar sin depender exclusivamente de equipos físicos. Estos entornos permiten a los estudiantes visualizar prototipos, identificar errores en etapas tempranas del diseño y reducir significativamente el desperdicio de materiales y los costos asociados a la producción de piezas físicas defectuosas. Además, el acceso remoto a entornos de simulación amplía las posibilidades de formación, permitiendo que los estudiantes practiquen en cualquier momento, sin necesidad de equipos especializados.

El proyecto se basa en Realidad Virtual para introducir a los estudiantes en los principios del diseño y la manufactura aditiva, brindando una herramienta que permita explorar los procesos de impresión 3D desde una perspectiva inmersiva, favoreciendo la comprensión del proceso y una evaluación más eficiente de los prototipos.

## DESARROLLO

El tipo de investigación que se llevó a cabo es de enfoque exploratorio-descriptivo, se centra en detallar las características de un proceso nuevo de capacitación y aprendizaje mediante el uso de realidad virtual e impresión 3D. La técnica utilizada es observación directa y revisión documental, como investigadores nos favorece en la recopilación de información y en el uso de las herramientas fundamentales para la validación, el cual nos ayuda en la verificación, seguimiento y cumplimiento a nuestro objetivo.

El trabajo de investigación sobre el “Laboratorio de Realidad Virtual de Manufactura Aditiva e Impresión 3D”, se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, se diseñó, implementó y evaluó la interfaz gráfica del laboratorio VR con alumnos de educación superior.

Para llevar a cabo el proceso metodológico se partió de los objetivos específicos siendo el primer punto la revisión de la literatura en función de los conceptos de realidad virtual y la manufactura aditiva tomando como referencia artículos a no más de cinco años atrás.

Por otro lado, se da realce a la importancia que tiene la integración de interfaces hombre máquina entre los ambientes virtuales, los procesos de capacitación y formación continua en conjunto con las tecnologías vigentes de realidad virtual y aumentada, como recurso para el desarrollo de habilidades motoras y técnicas en los estudiantes aprendices. Por consiguiente, se logró tener información suficiente para validar la interacción del usuario con el desarrollo de laboratorio virtual.

Finalmente evaluar el impacto de la implementación del uso de la herramienta, el laboratorio virtual permite identificar el logro del objetivo general y las metas del proyecto de manera cuantificable y en comparación de características aplicadas, para darle continuidad a la investigación como se mostrará posteriormente.

Las Tecnologías Inmersivas se refiere a la experiencia creada al rodear de un entorno digital que sumerge en un mundo virtual, es decir, se replica una realidad totalmente diseñada a través de software, captando estímulos sensoriales para que el usuario pueda interactuar tal y como en una realidad física. Dentro de las tecnologías inmersivas hay cuatro categorías: Realidad virtual (VR): la cual es una experiencia en el que el usuario puede interactuar con un entorno virtual. Realidad aumentada (AR) es aquella tecnología que superpone información digital en el mundo real a través de un dispositivo como un celular inteligente o una tableta. Realidad mixta (MR) es aquella creación de un entorno híbrido en el que los objetos virtuales y los objetos reales pueden interactuar entre sí; y la Realidad extendida (XR) en donde todas las experiencias que combinan el mundo digital y el mundo real se integran. (Garcia, E, 2023).

La Realidad Virtual es una de las tecnologías clave del Prototipado Virtual y hace referencia a una tecnología que ha sido utilizada desde hace varios años como herramienta de apoyo en distintas áreas del conocimiento. Se trata de interfaces de usuario fáciles de entender en un espacio de diseño virtual que facilitan una exploración interactiva de la funcionalidad de un nuevo producto, una representación realista del aspecto y en ocasiones el mismo comportamiento del producto. (Gausemeier, 2011).

El Sensorama Heilig se considera uno de los primeros retos de la realidad virtual la cual se presentó por primera vez en 1962 por Morton Heilig. En este concepto el espectador podía dar un paseo en moto por Nueva York, con el viento, el ruido y los olores de la ciudad. El sistema de Heilig tenía todas las características de un sistema de realidad virtual, sin ser interactivo, tenía una ruta fija y pregrabada. (Gigante, 1993).

Unity 3D es un software que centraliza todo lo necesario para poder desarrollar videojuegos y se le conoce como motor de desarrollo; es una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y el funcionamiento de un entorno interactivo. Es una herramienta que te permite crear videojuegos para diversas plataformas mediante un editor visual y programación por scripting.

Por otro lado, la manufactura aditiva parte de un modelo digital en 3D se corta en cientos de capas finas mediante un software específico para exportarlo en formato de código G. Este formato de impresión 3D es un lenguaje que la impresora 3D identifica para saber con precisión cuándo y dónde depositar el material. Cada capa corresponde a la forma 2D exacta de una sección o rebanada del objeto. Las capas se imprimen consecutivamente en 3D de una en una hasta obtener el objeto completamente impreso. La impresión 3D ofrece un número considerable de ventajas, la más importante de las cuales es la capacidad de producir diseños muy complejos que serían imposibles de realizar de otro modo. Aunque la impresión 3D de un objeto puede llevar horas o incluso días enteros, sigue siendo mucho más rápida que los métodos de producción habituales, como el moldeo por inyección. La creación de prototipos que es uno de los usos profesionales más populares de la impresión 3D puede realizarse en la empresa con poco o ningún tiempo de espera, y las iteraciones del diseño pueden implementarse e imprimirse en el momento. Esta tecnología también ofrece muchas posibilidades de materiales de impresión en 3D.

## **DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Llegando a la última fase de la investigación se procede al desarrollo y validación del laboratorio virtual de impresión 3D. Para la realización adecuada de este proyecto se identificaron los métodos y materiales

correctos para el diseño y desarrollo de plataforma de realidad virtual para la capacitación del uso de impresoras 3D. Se consideró el uso de unas gafas de realidad virtual Oculus Quest 2 como se observa en la Figura 1, ya que este dispositivo permite la interacción con los modelos 3D y su excelente compatibilidad con las plataformas de VR. Las características principales son: panel de control que cuenta con dos paneles LCD internos para mejorar la calidad de imagen. Tiene una resolución 1832 x 1920 por ojo y una tasa de refresco de 90 Hz logrando una mayor fluidez. Tiene un procesador Snapdragon XR2 de Qualcomm y 6 GB de RAM; y conectividad Wifi 6 con Bluetooth 5.1 y tecnología 6 grados de libertad lo que permite captar los movimientos corporales sin necesidad de sensores.



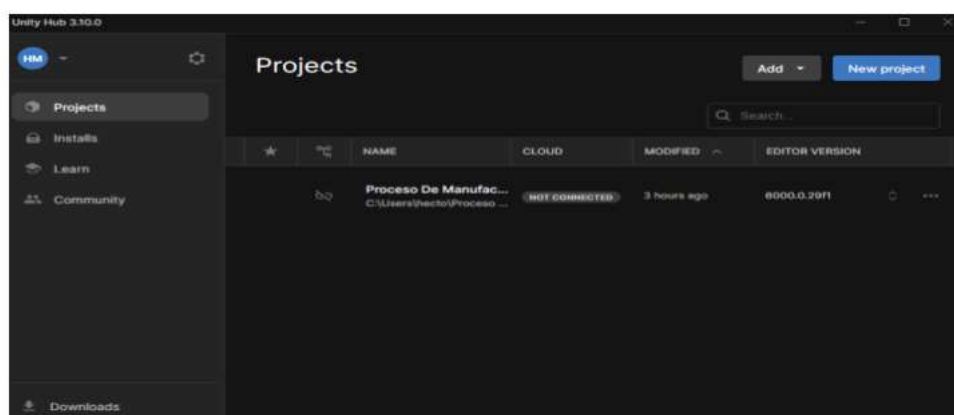
**Figura 1.** *Oculus Quest 2.*

La impresora 3D que se usa como base para la capacitación es una SUNLU T3 como se observa en la Figura 2, que tiene como características: la tecnología de impresión es Modelado por deposición fundida (FDM), con un área de impresión de 220×220×250 (mm), capacidad de imprimir materiales como el ABS, PLA, TPU y PETG. Además, cuenta con una alta velocidad de impresión 250 mm/s, detección de obstrucciones lo cual permite reanudar la impresión después de la obstrucción, se considera de impresión silenciosa y tiene una nivelación automática de cama 4\*4.



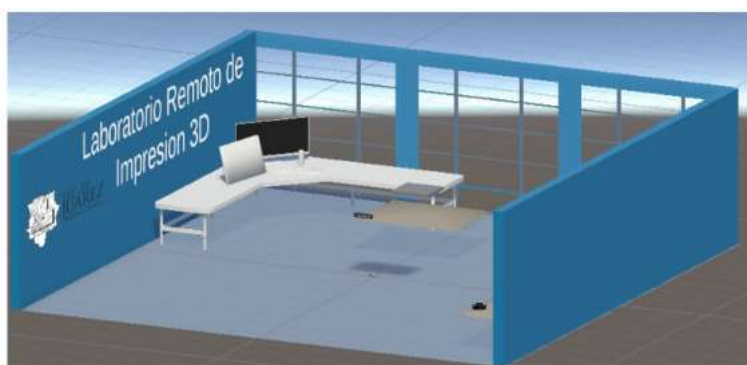
**Figura 2.** *Impresora 3D Sunlu T3.*

El software Unity es utilizado para crear la experiencia de realidad virtual interactiva, como se puede ver en la Figura 3. Se elige por su facilidad de integración con dispositivos de VR como las Oculus Quest 2 y su capacidad para crear interfaces de usuario interactivas y entornos realistas. Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies, está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, Mac OS, Linux. Unity puede usarse junto con Blender, 3ds Max, entre otros más y actualiza en automático los cambios realizados a los objetos creados. El motor gráfico utiliza OpenGL, Direct3D, OpenGL ES, e interfaces propietarias.



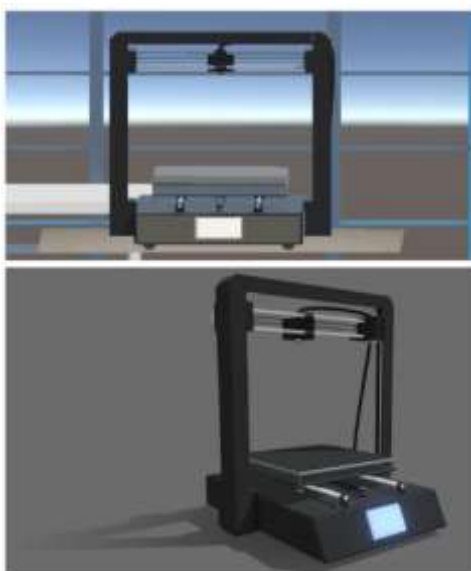
**Figura 3.** *Plataforma de Motor Unity.*

La aplicación para vinculación y carga de nuevas apps es el Meta Quest Link, es una plataforma que permite conectar las gafas a la computadora mediante wifi o con un cable USB-C y puedas realizar las pruebas de tu entorno. La construcción del entorno virtual del laboratorio de impresión 3d se llevó a cabo de la siguiente manera utilizando elementos de Sketchfab. Se agregaron tres paredes y un suelo para definir el espacio en el cual se podrá interactuar. Para hacerlo más visual, se incorporó equipo como un escritorio, una computadora y mesas de trabajo, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** *Laboratorio Remoto Impresión 3D.*

Una vez organizado el laboratorio, se diseñó la simulación en la que el usuario puede interactuar con la impresora y los modelos 3D dentro del entorno virtual. Se utilizó el modelo de impresora 3D Sunlu T3 que contara con los componentes básicos para el entendimiento del uso de la impresora. En la Figura 5 se observa esta impresora fue colocada sobre una mesa de trabajo dentro del entorno virtual.



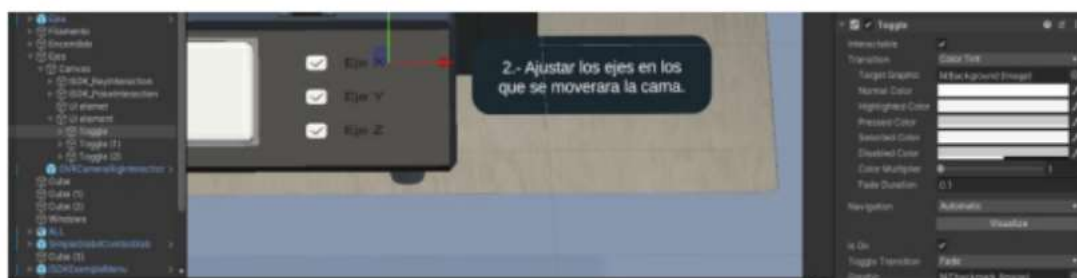
**Figura 5.** *Modelo Impresora 3D SunLu T3.*

Ya con la impresora en el entorno, se diseñaron los distintos paneles que muestran las instrucciones de la operación de configuración de la impresora. La simulación incluye los siguientes pasos. Encender / Apagar el equipo, Ajuste de movimiento de la cama (eje X, Y y Z), Cargar el tipo de filamento, Ajustar la temperatura de la cama y filamento, Cargar el modelo a imprimir. Estas instrucciones se realizaron utilizando los canvas de texto de Unity, los cuales permiten modificar el tipo y tamaño de letra, así como ajustar su posición según se desee, como se observa en la Figura 6.



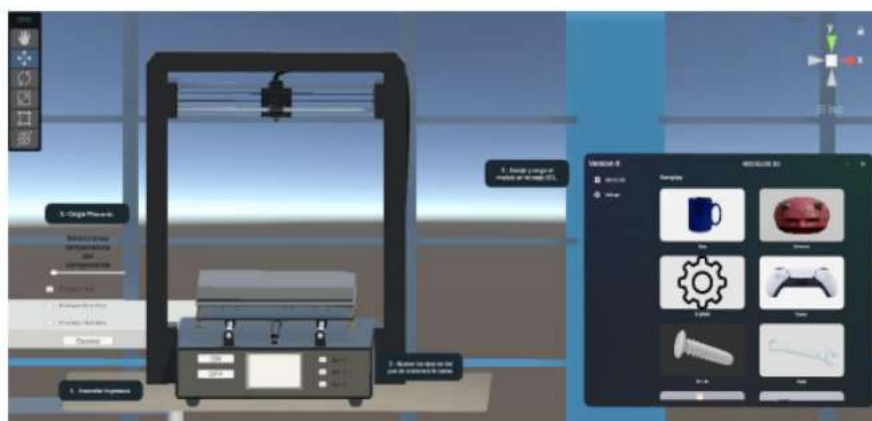
**Figura 6.** *Plataforma de desarrollo Unity uso de botones.*

También, se crearon paneles interactivos con los que el usuario puede configurar ciertos parámetros según sea necesario. Para los botones de encendido y apagado, se utilizaron dos canvases de botón, los cuales cambian de color dependiendo de la función, ya sea para encender o apagar la impresora, por ejemplo. Para los ajustes de los ejes de la cama, se utilizó un canvas con elementos tipo toggle, los cuales se pueden marcar o desmarcar según la configuración requerida, como se observa en la Figura 7.



**Figura 7.** Plataforma de desarrollo Unity uso de toggles.

Además, se desarrolló una interacción para el ajuste del filamento. Para ello, se utilizaron varios canvases: tres toggles para la selección de diferentes tipos de precalentamiento y un slider para simular el aumento y la disminución de la temperatura del filamento y de la cama, como se observa en la Fig. 8. Así mismo se construyó un menú con los distintos modelos disponibles para elegir. Este menú es interactivo y se diseñó para simular la selección del modelo a imprimir.



**Figura 8.** Plataforma de desarrollo Unity uso de sliders.

Por último, se colocaron objetos 3D con el fin de que puedan ser tomados con los controles y visualizados en detalle. Además, se diseñó la interacción de traslado a la impresora para simular cómo se imprimirán en la realidad. Estos modelos son básicos como una taza, una máscara, un engranaje, un tornillo y una llave. De igual forma fueron descargados de Sketch Fab en formato .fbx, ya que es compatible con Unity, pero pueden diseñarse a necesidad, como se observa en la Figura 9.



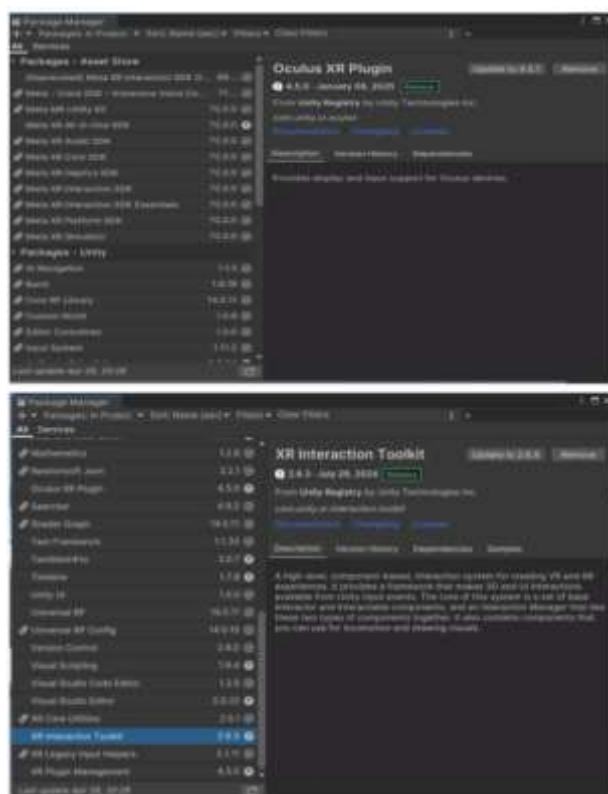
**Figura 9.** Plataforma de desarrollo Unity uso de modelos de Sketch Fab.

El siguiente paso fue configurar el entorno de Unity para que fuera compatible con el Oculus Quest 2. Se realizó un cambio de plataforma, se descargó un paquete de Android debido a que Oculus solo es compatible con este sistema y al iniciar el proyecto en Unity, la configuración predeterminada es para desarrollo en Windows. Unity es un software amigable para el desarrollo de simulaciones de realidad virtual y para lograr esto se tuvieron que instalar diferentes paquetes para poder utilizar las gafas y los controles de VR. Los paquetes principales fueron: Meta XR All-in-One SDK agrupa varios Meta SDK, que incluyen funciones que ofrecen renderizado avanzado, construcción social y comunitaria, y proporciona capacidades para construir experiencias inmersivas tanto en realidad virtual como en realidad mixta. XR Interaction Toolkit es un sistema de interacción de alto nivel basado en componentes para crear experiencias de realidad virtual y realidad aumentada. Proporciona un marco entre interacciones 3D y de interfaz de usuario estén disponibles a partir de eventos de entrada de Unity. XR Plugin Management es el paquete que proporciona una gestión sencilla de los plug-ins XR. Gestiona y ofrece ayuda con la carga, inicialización, configuración y soporte de compilación para plug-ins XR, en la Figura 10 se observa las características de la plataforma.



**Figura 10.** Plataforma de desarrollo Unity uso plugins.

Para lograr la interacción entre los objetos y canvas es necesario configurarlos mediante los controles, si no podrían ir al vacío al no estar configurados, como se observa en la Figura 11. Por lo tanto, a cada objeto se le tuvieron que agregar características para que se comportaran como elementos reales dentro del entorno y permitieran la interacción. En la Figura 12 se observan las características que se añadieron a cada modelo dentro del entorno fueron: Rigidbody, Mesh Renderer, Mesh collider, Script Grabbable, Script Hand Grab Interactable y Script Grab Interactable.



**Figura 11.** Plataforma de desarrollo Unity uso de paquetería.



**Figura 12.** Plataforma de desarrollo Unity uso de modelos 3D.

Algunas características del objeto en el inspector, las cuales fueron útiles para que los objetos tuvieran el efecto de la gravedad, pudieran ser sujetados, movidos y observados de cerca, así como también para ser trasladados y colocados de distintas formas en la impresora 3D. Configuración de movimiento dentro del entorno Para garantizar una mayor seguridad al usuario, se optó por un entorno virtual estático, en el cual el usuario podrá interactuar desde una silla o de pie, utilizando únicamente los controles para el movimiento y las gafas para observar el entorno virtual. Esto se logró gracias a que los paquetes previamente instalados proporcionan algunos prefabricados ya configurados, que facilitan el manejo de los controles y las gafas, permitiendo así la interacción en el entorno virtual. Solo fue necesario modificar la altura para que el usuario pudiera interactuar tanto sentado como de pie, y garantizar que la vista fuera cómoda, como se observa en la Figura 13.



**Figura 13.** *Plataforma de desarrollo Unity uso de modelos y herramientas.*

Para compilar y realizar las pruebas, fue necesario conectar el Oculus a la computadora a través de Meta Quest Link tanto en la computadora como en un teléfono inteligente. Para garantizar que las aplicaciones Unity y Meta funcionaran correctamente. Una vez descargado el software, se creó una cuenta de desarrollador y se vinculó tanto en la aplicación del teléfono como en la computadora. Para conectar el Oculus a la computadora y poder observar lo realizado, existen dos formas de configuración: Configurar Link el cual permite conectar el visor a la computadora usando un cable Link y Configurar Air Link (wifi) el cual permite conectar el visor usando wifi. Finalmente se realizaron distintas pruebas para verificar si la simulación funcionaba adecuadamente. Estas fueron; Funcionamiento correcto de los botones de los controles, ayudas visuales correctamente posicionadas, posicionamiento adecuado de las ayudas visuales

y Movilidad óptima dentro del entorno. Una vez corregidos los errores y con la simulación funcionando, se procedió a descargar la escena en un archivo .APK para, posteriormente, abrirla directamente desde el visor de Oculus mediante SideQuest, sin necesidad de estar conectados a la computadora.

En la Figura 14 se observa el laboratorio virtual de impresión 3D en Unity donde se integraron paredes para delimitar la zona de trabajo, equipo de cómputo y un modelo 3D simulando una impresora 3D. Se programaron paneles interactivos que permiten al usuario realizar configuraciones básicas de la impresora 3D cómo encender/apagar, mover la cama, cargar filamento y ajustar temperatura. Se logró la integración completa de Oculus Quest 2 con el entorno de Unity Ver tabla 4, utilizando Meta XR SDK, XR Interaction Toolkit y XR Plugin Management. Se habilitaron las funciones de agarre y manipulación de objetos, así como también locomoción en el entorno virtual mediante los controles. Cada una de estas interacciones fueron valoradas y validadas mediante el uso de las plataformas, como se observa en la Figura 15.



**Figura 14.** Pruebas funcionales Remote Lab 3D.



**Figura 15.** Pruebas funcionales de botones en la impresora 3D.

Se realizaron pruebas de funcionalidad para verificar el accionar correcto de cada interacción desarrollada. En las Figuras 16 y 17 se observa primero fue con el encendido y apagado de la impresora virtual la cual funcionó adecuadamente mediante botones interactivos. Esta función se puede realizar a distancia del panel con el control o con el dedo índice de las manos sintéticas. En la Figura 18 se observa la simulación de elección del tipo de movimientos de la cama en los ejes X, Y, Z se ejecutó de buena manera. En la Figura 19 se observa la selección y carga de diferentes precalentados de filamento y cama se llevó a cabo mediante toggles y sliders, permitiendo configurar la temperatura adecuada tuvo buen funcionamiento. En la Figura 20 se observa la simulación de escoger el archivo de modelos 3D para "imprimir" funcionó correctamente y de igual manera funciona a distancia con los controles o arrastrando el dedo índice en el panel. Además, se pudo manipular los objetos dentro del entorno para una mejor visualización y acomodo a la hora de impresión, como se observa en la Figura 21. Para tomar los objetos se utiliza el dedo índice y el pulgar en los controles.



**Figura 16.** Pruebas funcionales encendido/apagado de impresora.



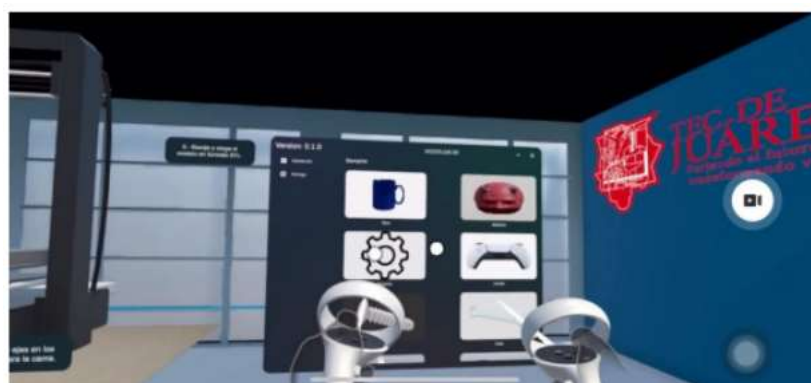
**Figura 17.** Pruebas funcionales de impresora 3D con visor.



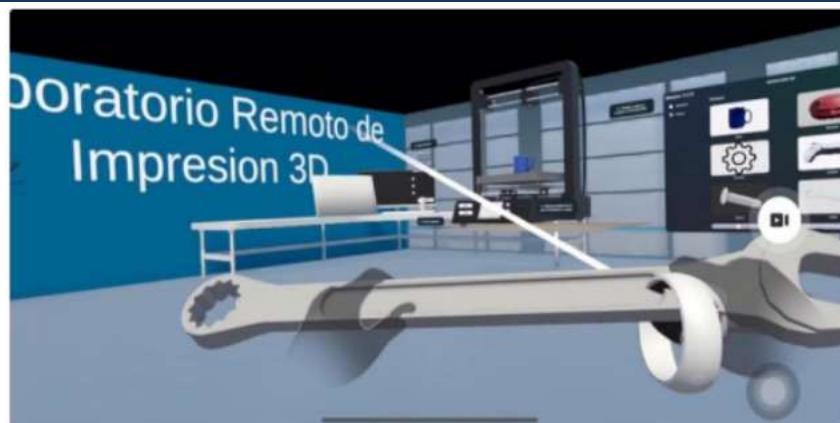
**Figura 18.** Pruebas funcionales elección de ejes x, y y z.



**Figura 19.** Pruebas funcionales de selección de filamento.



**Figura 20.** Pruebas funcionales de selección de modelos 3D.



**Figura 21.** *Pruebas funcionales de manipulación de modelos 3D.*

También se garantizó la estabilidad de la conexión entre el Oculus Quest 2 y el entorno de Unity, minimizando desconexiones o errores. La interpretación general de los resultados indica que el entorno virtual es funcional y cumple con los objetivos de ofrecer una capacitación inmersiva y efectiva en el proceso de manufactura aditiva. Al finalizar las pruebas de funcionalidad ya se puede compilar este archivo en formato .APK y es posible que se pueda compartir con otras gafas de oculus.

En términos del aprendizaje técnico mediante simulación inmersiva, los resultados de las pruebas demostraron que los usuarios pudieron ejecutar correctamente las tareas de configuración y operación de la impresora 3D dentro del entorno virtual. Esta experiencia coincide con lo reportado por (Villalobos López, 2024), quienes concluyen que los entornos de realidad virtual mejoran la retención de habilidades técnicas al permitir prácticas seguras, repetibles y sin riesgo de daño a equipos reales. En este proyecto, la secuencia de pasos simulados desde el encendido hasta la carga del modelo— refuerza el aprendizaje procedimental, alineándose con los principios del aprendizaje experiencial.

La interacción con objetos virtuales y desarrollo de habilidades motrices ha permitido la integración de objetos 3D manipulables con físicas realistas (Rigidbody, Collider, Grabbable) permitió a los usuarios experimentar la manipulación de piezas impresas, lo que favorece la comprensión espacial y la coordinación visomotriz. (Ferreira et al., 2021) destacan que este tipo de interacción en entornos virtuales mejora la preparación para tareas de ensamblaje y operación técnica. En las pruebas realizadas, los usuarios lograron sujetar, mover y posicionar objetos con precisión, lo que valida la efectividad del diseño interactivo implementado.

La portabilidad y accesibilidad de la capacitación técnica brinda la posibilidad de ejecutar la simulación directamente en el visor Oculus Quest 2, sin necesidad de conexión constante a una computadora,

representa una ventaja significativa en términos de accesibilidad. (Pinargote Castro et al., 2024) subrayan que los entornos de RV autónomos permiten ampliar el acceso a formación técnica en contextos con infraestructura limitada. En este caso, la exportación del entorno en formato .APK y su despliegue mediante SideQuest demuestran la viabilidad de implementar esta solución en instituciones educativas con recursos restringidos.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

La integración de entornos virtuales en el proceso de aprendizaje ha demostrado ser una estrategia eficaz para el desarrollo de habilidades técnicas, al tiempo que protege tanto la integridad física de los estudiantes como la del equipo de laboratorio. Esta implementación ha contribuido significativamente a la reducción de incidentes, como quemaduras o cortes con herramientas filosas, que suelen ocurrir durante prácticas como la impresión 3D.

El uso de simulaciones permite recrear condiciones operativas específicas en un entorno controlado y seguro, facilitando la exposición de los estudiantes a escenarios complejos sin riesgos reales. Entre las situaciones simuladas se incluyen incendios, fallas críticas en el equipo y otros eventos que requieren una respuesta inmediata. Esto no solo fortalece la capacidad de reacción de los alumnos ante emergencias, sino que también brinda a docentes y responsables de laboratorio la posibilidad de diseñar experiencias formativas alineadas con los desafíos que enfrentan los ingenieros en contextos industriales reales.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación sobre el tema:

La revisión de literatura permitió establecer un marco conceptual sólido sobre el uso de tecnologías de realidad virtual aplicadas a procesos de manufactura aditiva, identificando su potencial para mejorar la formación técnica en entornos educativos. A partir de este análisis, se desarrolló un entorno virtual interactivo que simula de manera detallada el proceso de impresión 3D, desde el diseño CAD hasta la configuración final del equipo, permitiendo a los usuarios recorrer cada etapa de forma guiada y segura. La implementación de la plataforma de realidad virtual demostró ser una alternativa eficaz para experimentar el proceso de manufactura aditiva sin requerir equipos físicos, ofreciendo una experiencia inmersiva que favorece el aprendizaje práctico. Las pruebas realizadas validaron la funcionalidad del entorno, evidenciando una mejora en la comprensión de los procedimientos técnicos y una significativa reducción en los riesgos asociados a la manipulación directa de maquinaria, como quemaduras o cortes.

En conjunto, los resultados confirman que el uso de entornos virtuales no solo optimiza el proceso de enseñanza-aprendizaje en ingeniería, sino que también contribuye a la formación de profesionales más preparados para enfrentar situaciones reales en condiciones seguras y controladas.

## TRABAJO A FUTURO

A partir de esta investigación se pretende que en un futuro próximo se fortalezca el tema con el diseño e implementación de estrategias que favorezcan el óptimo desarrollo de habilidades motrices, entre las que destacarán el juego principalmente, dada la edad y características de los estudiantes que se atienden.

Integración de diversos equipos y condiciones operativas para la construcción de un catálogo de fallos y escenarios específicos, destinado a fortalecer la formación académica de los alumnos mediante su exposición a situaciones reales propias de entornos industriales. Esta herramienta permitirá una capacitación más detallada, orientada al desarrollo de competencias técnicas y a la toma de decisiones en contextos complejos.

## REFERENCIAS

- Abrar, T., & Ali, H. H. (2016). Integration of Oculus Rift based Virtual Reality with Unity 3D in a Driving Simulator. University of London, Londres, Informe tècnic, juny
- Albahbah, M., Kıvrak, S., & Arslan, G. (2021). Application areas of augmented reality and virtual reality in construction project management: A scoping review. *J. Constr. Eng. Manag. Innov*, 4, 151-172.
- Asaad, R. R. (2021). Virtual reality and augmented reality technologies: A closer look. *International Research Journal of Science, Technology, Education, & Management (IRJSTEM)*, 1(2).
- Balsam, P., Borodzicz, S., Malesa, K., Puchta, D., Tyimińska, A., Ozierański, K., ... & Opolski, G. (2019). OCULUS study: Virtual reality-based education in daily clinical practice. *Cardiology journal*, 26(3), 260-264.
- Biocca, F. (1992). Communication within virtual reality: Creating a space for research. *Journal of communication*, 42, 5-5.
- Cardona, J. D., Hidalgo, M. Á., Castán, H., Rojas, F., Borro, D., & Jaramillo, H. (2007). Realidad virtual y procesos de manufactura (1ª ed.). Gestión Editorial Dirección de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico. <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/7abe348a-1127-4e2b-9356-df2ff50866d4/>
- Gigante, M.A.: “Virtual Reality: definitions, history and applications” En: *Virtual Reality Systems*, ed. by Earnshaw, R.A., Gigante, M.A. y Jones, H. London: Academic Press, 1993.

- González Morcillo, C., D. Vallejo Fernández, et al. (2013). [e-Book] Realidad Aumentada. Un Enfoque Práctico con ARToolkit y Blender. Cáceres, Consorcio Identit, 2013.
- Haba, C. (2024, Julio 19). Realidad Virtual en la Formación: El Futuro de la Educación – Innoarea Projects. Innoarea Projects. <https://innoarea.com/noticias/realidad-virtual-formacion-construmadera>.
- Jaynes, C., Seales, W. B., Calvert, K., et al. (2003). The Metaverse: A Networked Collection of Inexpensive, Self-configuring, Immersive Environments. Proceedings of the Workshop on Virtual Environments 2003. EGVE '03, Association for Computing Machinery. 115–124. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/769953.769967>
- Jerald, J., Giokaris, P., Woodall, D., Hartholt, A., Chandak, A., & Kuntz, S. (2014, March). Developing virtual reality applications with Unity. In 2014 IEEE Virtual Reality (VR) (pp. 1-3). IEEE.
- Kim, M. J., Wang, X., Love, P. E., Li, H., & Kang, S. C. (2013). Virtual reality for the built environment: a critical review of recent advances. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 18(14), 279-305.
- Kumar, M. H., & Bal, S. (Eds.). (2024). A textbook on additive manufacturing technologies. Nova Science Publishers, Inc.
- López, O. E. (2024, Septiembre 4). Tendencias de la manufactura aditiva revolucionan la producción. Mms-Mexico.com; Modern Machine Shop México. <https://www.mms-mexico.com/columnas/tendencias-de-la-manufactura-aditivarevolucionan-la-produccion>
- Ma, D., Gausemeier, J., Fan, X., & Grafe, M. (2011). Virtual reality & augmented reality in industry. Shanghai Jiao Tong University Press; Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-17376-9>
- McLellan, H. (1993). Virtual reality goes to school. Computers in the Schools, 9(4), 5-12.
- Nagta, A., Sharma, B., & Sharma, A. (2022, December). Oculus: a new dimension to virtual reality. In 2022 International Conference on Automation, Computing and Renewable Systems (ICACRS) (pp. 1169-1172). IEEE.
- Omran, W., Ramos, R. F., & Casais, B. (2024). Virtual reality and augmented reality applications and their effect on tourist engagement: a hybrid review. Journal of Hospitality and Tourism Technology, 15(4), 497-518.
- Pawassar, C. M., & Tiberius, V. (2021). Virtual reality in health care: bibliometric analysis. JMIR Serious Games, 9(4), e32721.

Roda-Segarra, J., Mengual Andrés, S., & Martínez-Roig, R. (2022). Using Virtual Reality in Education: a bibliometric analysis.

Samala, A. D., Daineko, Y., Indarta, Y., Nando, Y. A., Anwar, M., & Jaya, P. (2023). Global Publication Trends in Augmented Reality and Virtual Reality for Learning: The Last Twenty-One Years. International Journal of Engineering Pedagogy, 13(2).

Todd, C. Game development in unity using oculus quest vr.

Yunsik, C. (2022). A study on the comparison of the virtual reality development environment in unity and unreal engine 4. Journal of the Korea Computer Graphics Society, 28(5), 1-11.

#### TABLA TRABAJO COLABORATIVO

| Rol                                           | Autor (es)                                                                               |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conceptualización                             | Rodríguez Mejía Jeovany Rafael, Moreno Mercado Héctor Javier                             |
| Metodología                                   | Rodríguez Mejía Jeovany Rafael, Quiroz Merino German                                     |
| Software                                      | Moreno Mercado Héctor Javier, García Morales Paula Verónica                              |
| Validación                                    | Zapata de Santiago Israel Emmanuel, Moreno Mercado Héctor Javier                         |
| Análisis Formal                               | Rodríguez Mejía Jeovany Rafael, Quiroz Merino German                                     |
| Investigación                                 | Rodríguez Mejía Jeovany Rafael, Quiroz Merino German, Zapata de Santiago Israel Emmanuel |
| Recursos                                      | García Morales Paula Verónica                                                            |
| Curación de datos                             | Quiroz Merino German, García Morales Paula Verónica                                      |
| Escritura - Preparación del borrador original | Rodríguez Mejía Jeovany Rafael                                                           |
| Escritura - Revisión y edición                | Quiroz Merino German, Zapata de Santiago Israel Emmanuel                                 |
| Visualización                                 | García Morales Paula Verónica                                                            |
| Supervisión                                   | García Morales Paula Verónica                                                            |
| Administración de Proyectos                   | Quiroz Merino German, Moreno Mercado Hector Javier                                       |
| Adquisición de fondos                         | Rodriguez Mejia Jeovany Rafael                                                           |