

Ciencia Nicolaita 88

ISSN: 2007-7068



Universidad
Michoacana
de San Nicolás
de Hidalgo

Implementación de un espacio físico de tecnologías virtuales y digitales para la educación de ingenierías en una universidad privada mexicana

Implementation of a physical space of virtual and digital technologies for engineering education in a Mexican private university

Luis Cuautle-Gutiérrez,* José de Jesús Cordero-Guridi, Ricardo Iván Álvarez-Tamayo y Santiago Omar Caballero-Morales

Para citar este artículo: Cuautle-Gutiérrez Luis, Cordero-Guridi José de Jesús, Álvarez-Tamayo Ricardo Iván y Caballero-Morales Santiago Omar, 2023. Implementación de un espacio físico de tecnologías virtuales y digitales para la educación de ingenierías en una universidad privada mexicana. Ciencia Nicolaita no. 88, 154-164. DOI:

<https://doi.org/10.35830/cn.vi88.646>



Historial del artículo:

Recibido: 15 de mayo de 2022

Aceptado: 27 de octubre de 2022

Publicado en línea: agosto de 2023



Ver material suplementario



Correspondencia de autor: luis.cuautle@upaep.mx



Términos y condiciones de uso: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/privacy>



Envíe su manuscrito a esta revista: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/submissions>



Implementación de un espacio físico de tecnologías virtuales y digitales para la educación de ingenierías en una universidad privada mexicana

Implementation of a physical space of virtual and digital technologies for engineering education in a Mexican private university

Luis Cuautle-Gutiérrez,* José de Jesús Cordero-Guridi, Ricardo Iván Álvarez-Tamayo y Santiago Omar Caballero-Morales

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México.

Resumen

Los recientes acontecimientos globales como la pandemia del SARS-COV-2 y la implementación de la industria 4.0 como parte de la digitalización de la industria, presentan retos importantes en las academias de ingenierías para el desarrollo de nuevas tendencias e innovación estratégica para la enseñanza. El presente trabajo describe el desarrollo e implementación de un laboratorio con fines educativos basado en tecnologías de realidad virtual, realidad aumentada y conceptualización digital para estudiantes universitarios, tomando como referencia requerimientos de instalaciones para proyectos colaborativos. El objetivo en la implementación de un espacio con las características descritas, plantea la mejor satisfacción del usuario mediante la consideración del ambiente de interacción, seguridad e higiene, así como la verificación de las condiciones físicas y mentales de los participantes de los proyectos de realidad virtual, realidad aumentada y las tecnologías de digitalización. Por medio de diversas etapas de planeación y desarrollo del espacio físico, requerimientos para los usuarios, necesidades de hardware y software, al igual que de restricciones propias de la institución educativa, se presentan los resultados actuales del laboratorio y proyectos del área de ingeniería en una universidad privada mexicana. El aumento en la cantidad de los proyectos académicos, la vinculación con otras instituciones del sector educativo y la investigación aplicada del laboratorio, son parte de las actividades esperadas en el futuro.

Palabras clave: realidad virtual, realidad aumentada, ingenierías, educación, universidad

Abstract

Recent global events such as the SARS-COV-2 pandemic and the implementation of industry 4.0 as part of the digitalization of the industry, present important challenges in engineering academies

for the development of new trends and strategic innovation for teaching. This paper describes the development and implementation of a laboratory for educational purposes based on virtual reality, augmented reality and digital conceptualization technologies for university students, taking as a reference the requirements of facilities for collaborative projects. The objective in the implementation of a space with the described characteristics, raises the best user satisfaction through the consideration of the environment of interaction, safety and hygiene, as well as the verification of the physical and mental conditions of the participants of the projects of virtual reality, augmented reality and digitization technologies. Through various stages of planning and development of the physical space, requirements for users, hardware and software needs, and restrictions of the educational institution, the current results of the laboratory and the projects of the engineering area in a Mexican private university are presented. The increase in the number of academic projects, links with other institutions in the educational sector, as well as applied research in the laboratory are part of the activities expected in the future.

Keywords: virtual reality, augmented reality, engineering, education, university

Introducción

Durante los dos últimos años, los protocolos de convivencia social sufrieron muchos cambios marcados por la situación pandémica. En este sentido, la sociedad adoptó nuevas rutinas, formas de vida, de entretenimiento, de estrategias comerciales, e incluso nuevos métodos de enseñanza. La emergencia sanitaria afectó significativamente los métodos tradicionales de transferencia de conocimientos, lo que provocó la modificación de prácticas y estrategias educativas. Como consecuencia, se aceleró el desarrollo de tecnologías disponibles que satisfacen las necesidades de aislamiento humano y distancia saludable. Además, la fabricación y la producción de automóviles ya se encuentra en medio de dos cambios importantes: la definición de su perspectiva de la industria 4.0 (I4.0) y la automatización/simulación del diseño de vehículos.

Aunque es fácil pensar que estos cambios pueden satisfacerse aumentando los recursos tecnológicos dentro de la fábrica, de hecho, el alcance de ambos cambios es un nuevo enfoque con respecto a la forma de pensar sobre la tecnología y su lugar dentro del entorno de producción de la fábrica (University of Cincinnati, 2020). Asimismo, el cambio implica la redefinición de los procesos de producción y el uso de configuraciones alternativas en el vehículo, sin pasar por alto los requisitos de reducción de costos y la introducción anticipada en el mercado de nuevos productos a medida que aumenta la aparición de otros competidores.

La I4.0 se puede definir como la integración de diferentes tecnologías en una red ciber física con el objetivo de digitalizar y automatizar la producción requerida por las industrias. Las cuatro características principales que deben tenerse en cuenta al momento de diseñar y desarrollar tales fábricas, son: redes verticales de sistemas de producción; integración horizontal de redes de cadenas de valor global; ingeniería de punta a punta de la cadena de valor general; y el uso de tecnologías disruptivas de alto impacto.

Las tecnologías disruptivas abarcan la inteligencia artificial, la realidad aumentada, la impresión 3D, e incluyen un uso significativo de sistemas inteligentes; robótica colaborativa y especializada; así como micro y avanzados sensores y componentes de automatización para microprocesadores y microcontroladores. El uso de estas tecnologías ya ha dado lugar a avances en áreas importantes como internet de las cosas (IoT) y sistemas ciber físicos (CPS), big data y análisis e infraestructuras de comunicaciones (Elbestawi *et al.*, 2018).

Dentro de las características que presenta la I4.0, la interconexión de sistemas ciber físicos se presenta a diferentes niveles, representando a distintos actores en el proceso de producción y desarrollo de productos: humanos, hardware y software. Los componentes esenciales de este nuevo escenario industrial son las máquinas que trabajan con humanos; el propósito no es reemplazar personas por máquinas, sino trabajar de manera colaborativa interactuando entre sí, adaptándose a las necesidades específicas de la sociedad o

del cliente en cada momento. Encontraremos con frecuencia las instalaciones autónomas, así como la fusión entre lo virtual y lo real, esto significa que el producto es diseñado y probado virtualmente con el fin de prever posibles errores antes de fabricar el producto final (Hernández-Muñoz *et al.*, 2019). Además, hay una mejora tecnológica relacionada con la tendencia de virtualización de fábricas en el concepto de producción y de desarrollo digital.

Aquí, existe un creciente interés de fabricación en la interacción y convergencia entre los mundos físico y cibernético. Un ejemplo de tecnología de virtualización es un gemelo digital, que se basa en crear modelos virtuales y en digitalizar objetos físicos para simular su comportamiento. Los modelos virtuales son capaces de comprender el estado de las entidades físicas gracias a la detección de datos para predecir, estimar y analizar cambios dinámicos. Mientras que los objetos físicos responderían a los cambios de acuerdo con un esquema de simulación optimizado (Qi *et al.*, 2018).

Asimismo, muchas tendencias tecnológicas han apuntado a la digitalización de la producción con el objetivo de optimizar el diseño, el control y el seguimiento de las operaciones en la fábrica o en las etapas de producción. En cuanto a los gemelos digitales, el uso de la tecnología y la redefinición de procesos y operaciones, no solo están involucrados con una reducción en la interacción entre las personas, sino también con la implementación de un plan de automatización a un mayor nivel de complejidad con el objetivo de llevar a cabo un monitoreo remoto en tiempo real para la detección de cambios en la producción.

Para esta tecnología, se han implementado la realidad virtual y la realidad aumentada (VR/AR, por sus siglas en inglés) como métodos de digitalización y control de variables en los procesos productivos. En VR/AR, el modelo virtual-digital es susceptible de ser controlado de la misma forma que lo sería el modelo físico, además de que este último debe responder a los cambios realizados en el modelo virtual.

De la misma forma, VR/AR es una experiencia interactiva de un entorno del mundo real donde los objetos que allí residen se mejoran con información perceptiva generada por computadora, a veces mediante múltiples modalidades sensoriales, incluyendo visual, auditiva, háptica, somatosensorial y olfativa. AR/VR se puede definir como un sistema que cumple con tres

características básicas: combinación de mundos reales y virtuales, interacción en tiempo real a través de plataformas en línea, y registro 3D preciso de objetos virtuales y reales (Ray, 2020).

Tecnologías digitales para la educación

La emergencia sanitaria provocó una revolución en los métodos de enseñanza, sin embargo, los requerimientos de la I4.0 habían obligado, previamente, a la reestructuración de los currículos universitarios de ingeniería para concebir nuevos elementos en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Como resultado, los nuevos planes de estudio debían garantizar una transmisión eficaz de los conocimientos de nueva generación a los estudiantes.

En los últimos años, la rápida evolución de las tecnologías de la comunicación y la ciencia de los sistemas informáticos, dio lugar a formatos multimedia innovadores adecuados para la educación a distancia y se alejó de la correspondencia. Al mismo tiempo, el desarrollo de la radiodifusión de audio/video, la teleconferencia, las instrucciones asistidas por computadora, el e-learning/aprendizaje en línea, el podcasting y las realidades virtuales/aumentadas/mixtas, se han convertido en elementos atractivos para ser incorporados a la generación de nuevas estrategias de enseñanza (Tao *et al.*, 2018).

En ingeniería, el concepto de desarrollo de productos digitales es fundamental para incrementar las habilidades técnicas de los estudiantes. Luego, el uso de tecnologías digitales emergentes para la formación en ingeniería, alineadas para cumplir con los requisitos de la I4.0, mejora las posibilidades de inserción exitosa de exalumnos en el sector industrial.

En la mayoría de los planes de estudio de licenciatura en ingeniería, el primer año cubre los principios fundamentales y las matemáticas de ingeniería; el segundo año abarca las operaciones con consideraciones de materiales y seguridad; el tercer año incluye temas como el desarrollo de productos, el diseño de procesos y las aplicaciones de ingeniería con más consideraciones de control, medio ambiente y seguridad; por último, en el cuarto año se tratan temas avanzados que amplían aplicaciones industriales específicas (Chong *et al.*, 2018).

En este sentido, las tecnologías digitales juegan un papel importante en el proceso de aprendizaje, no solo facilitando las técnicas de asimilación de diversas teorías y elementos de las respectivas áreas de ingeniería, sino también en la asimilación de conocimientos de nuevas técnicas para industrias específicas como la automotriz, la aeroespacial, la aeronáutica, entre otros. El estudiante de ingeniería debe perfilarse mediante el desarrollo de talentos en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), así como de las vocaciones científico-tecnológicas. Esto, mediante programas basados en la innovación en los métodos de enseñanza, donde instituciones y empresas interactúan para lograr competencias de innovación y creatividad que brinden a los ingenieros un futuro profesional y beneficien su empleabilidad (Hernández-Muñoz *et al.*, 2019). Algunos de estos talentos se pueden desarrollar en áreas de diseño asistido por computadora, manufactura e ingeniería (CAD / CAM / CAE), manufactura digital y en diferentes campos de especialización como simulación de procesos y fenómenos, por mencionar algunos.

Igualmente, la formación en dibujo 3D es útil, especialmente cuando se analizan situaciones más allá del diseño, como la simulación de flujo y la creación/prueba de prototipos de productos, ya que ofrece más precisión y control. Las habilidades de dibujo CAD en 3D, son útiles para los antiguos estudiantes empleados en sectores de consultoría y diseño de ingeniería.

Chong *et al.* (2018), reportaron estadísticas sobre el conocimiento de los estudiantes con respecto a áreas relacionadas con la I4.0, observándose que los módulos de fabricación, producción y desarrollo digital, están representadas de la siguiente manera: 75 % y 86 % de los estudiantes y profesores, respectivamente, oyeron hablar de la I4.0; mientras que el 63 % de los estudiantes se inscribieron en módulos de clase con impresión 3D/I4.0.

Estos módulos están relacionados, principalmente, con propiedades de materiales, diseño y fabricación, como proyectos de diseño, proyectos de mecatrónica aplicada, modelado de información de construcción, ingeniería eléctrica y electrónica aplicada y robótica. Además, tanto estudiantes como profesores, descubrieron que la impresión 3D/I4.0 ha ayudado a mejorar las habilidades de aprendizaje permanente de los

estudiantes con una mentalidad innovadora y con visión de futuro.

Hernández-Muñoz *et al.* (2019), establecieron nueve pilares tecnológicos para ser incluidos en el plan de estudios dentro de la educación superior en ingeniería vinculada a la I4.0: internet de las cosas, computación en la nube, robots autónomos, simulación, realidad virtual, realidad aumentada, fabricación aditiva, big data, seguridad informática e integración de sistemas horizontales y verticales. Asimismo, un estudio basado en datos estadísticos del Instituto Mexicano de Competitividad (IMCO), estimó que solo 7.5 % de los cursos sobre manufactura y procesos, están alineados con alguno de los nueve pilares.

A partir de los resultados, en 2017, los estudiantes mexicanos que cursan una licenciatura enfocada en la I4.0 pueden ser una muestra representativa de las importantes regiones industriales de LATAM. En este sentido, los estudiantes mexicanos cursan licenciaturas alineadas a la I4.0, donde un 26 % de ellos estudian en áreas de tecnologías de la información y comunicación, 25 % una ingeniería como industrial o electrónica y 20 % una ingeniería mecánica. Algunas regiones de LATAM altamente industriales como el estado de Nuevo León, en México, han desarrollado proyectos que favorecen el posicionamiento de las empresas locales a nivel internacional.

A través de la implementación de clústeres orientados a la I4.0, universidades públicas y privadas, sector privado y gobierno, integran varias empresas, trabajando en conjunto con universidades en el desarrollo de productos para la industria manufacturera, poniendo en práctica pilares de la I4.0, implementando realidad aumentada, realidad virtual, internet de las cosas, big data e inteligencia artificial (Hernández-Muñoz *et al.*, 2019).

Tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada en la educación en ingenierías

Para presentar adecuadamente a los estudiantes de ingeniería muchos elementos relevantes de la I4.0, la enseñanza y la capacitación deben estar orientados a temas como estudios de simulación sobre datos en tiempo real y optimización, educación de productividad mejorada en fabricación aditiva y avanzada, robótica, estudios de mantenimiento/logística mediante

realidad aumentada y estudios de evaluación sobre medio ambiente, sociedad y economía; al mismo tiempo que en tecnologías relacionadas con las fábricas inteligentes, como inteligencia artificial, big data y análisis (Chong *et al.*, 2018).

Dentro de estas tendencias tecnológicas, la realidad aumentada propone al usuario alcanzar la percepción del mundo real circundante mediante el uso de elementos virtuales superpuestos por medio de diversos dispositivos tecnológicos como teléfonos inteligentes, tabletas o dispositivos de realidad virtual (Cuautle y Cordero, 2019). La realidad virtual se define como el desarrollo de una experiencia simulada, similar a las situaciones en tiempo real (Singh *et al.*, 2020). En los años 70 se desarrollaron los primeros sistemas de este tipo con el primer software CAD (Zimmermann, 2008).

Cabe mencionar que el impacto tanto de la realidad aumentada como de la realidad virtual, se ha beneficiado en la última década con los avances de los sistemas informáticos, de allí que se han utilizado para el desarrollo de productos desde las primeras etapas, al igual que en la construcción y validación de prototipos (que desde las etapas de estilismo, el diseño es una herramienta valiosa para tener espacios libres e interacción remota) donde la información que se desarrolla y revisa en equipos de trabajo se comparte a través de medios digitales basados en la nube.

Las tecnologías AR/VR no solo son herramientas valiosas en las etapas de diseño, sino también en la capacitación de los operadores para los procesos de ensamblaje, permitiendo una interacción segura con el producto antes de la puesta en marcha o el ingreso a las áreas productivas. Debido a la implementación de tecnologías VR/AR para actividades industriales, es importante seguir pautas y regulaciones con respecto a su manejo, al manejo de dispositivos y al espacio de uso de dichas tecnologías.

Método

Propuestas de laboratorio virtual y digital

La propuesta del laboratorio de VR/AR se desarrolló en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Durante un par de años, la Facultad de Ingeniería Industrial y Diseño Automotriz, desarrolló modelos digitales y virtuales para diferentes proyectos automotrices, lo que generó la necesidad de un

laboratorio para VR/AR y tecnologías digitales, por lo cual se evaluaron diferentes propuestas para su diseño que incluyeron sitios e infraestructura de tecnología digital dedicados al aprendizaje y a la capacitación de VR/AR, elementos colaborativos en la I4.0 y en la fabricación aditiva para prototipos. En este sentido, Pirker *et al.* (2018) informaron del montaje de un área para actividades de realidad virtual para la educación STEM, mismo que se muestra en la **Figura 1**.



Figura 1. Propuesta de laboratorio de realidad virtual.

Por su parte, Hod (2017) presentó una propuesta de espacios colaborativos para favorecer lugares de aprendizaje escolar con contenidos educativos variados para áreas específicamente redistribuibles. En la **Figura 2** se muestra uno de los enfoques.



Figura 2. Sala de trabajo colaborativo sobre tecnologías digitales para la educación.

Con base en los conceptos analizados, se determinaron las características del laboratorio de tecnología digital y VR/AR para la educación de la ingeniería. La propuesta fue diseñada de acuerdo con los recursos financieros disponibles; posteriormente, se llevó a cabo la planificación para la adquisición de equipos centrales y adecuación de los recursos existentes, al tiempo que se planificó una estrategia de uso flexible de equipos e infraestructura para realizar trabajos y proyectos colaborativos desde la distribución de los espacios de trabajo. La **Figura 3** muestra las etapas del

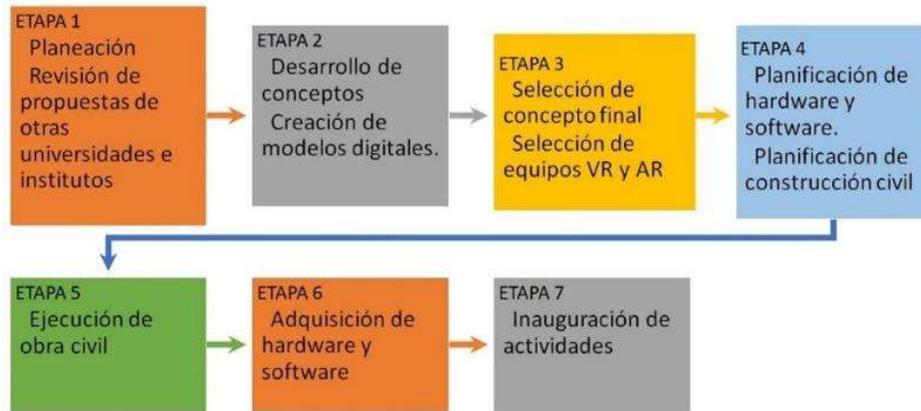


Figura 3. Proceso de planeación y ejecución del laboratorio.

proceso de planificación y ejecución para las tecnologías digitales y el laboratorio de VR/AR.

Desarrollo del laboratorio de tecnologías virtuales y digitales

Una vez considerada la información relacionada con otros laboratorios y enfoques de la formación en ingeniería, se planificó el espacio para el desarrollo del concepto del laboratorio, el cual dispone de unas dimensiones de 6 metros de ancho por 10 metros de largo. Este laboratorio, además de trabajar para actividades con modelos virtuales, también está considerado para actividades de trabajo colaborativo. La Figura 4 describe el diseño de la propuesta inicial.



Figura 4. Layout global del laboratorio.

Lo siguiente fue el equipamiento a instalar en los tres espacios previstos en la disposición del laboratorio. Con base en esto, se consideraron equipos para realidad virtual, realidad aumentada y hardware con capacidades técnicas para realidad virtual, y también para el espacio colaborativo, pensando en el trabajo

de proyectos típicos con los estudiantes. Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrollaron varios conceptos digitales que contienen los equipos descritos. La Figura 5 muestra el primer concepto que consta de una sección de equipos para trabajar con aplicaciones digitales y una serie de salas para el trabajo colaborativo y con realidad virtual y realidad aumentada.

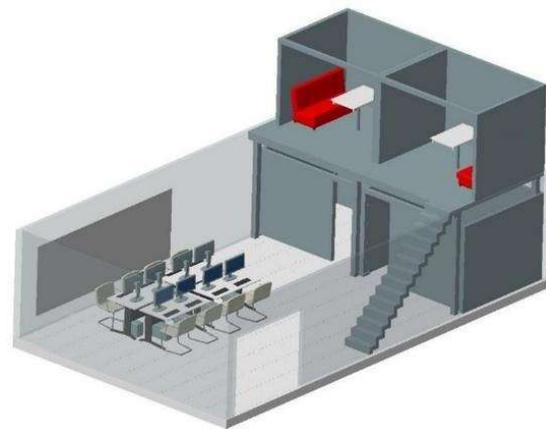


Figura 5. Primer concepto de laboratorio VR/AR.

Este concepto fue descartado, ya que no fue posible ocupar un espacio superior debido a las limitaciones del laboratorio, a lo que se le sumó el hecho de no tener suficiente espacio para actividades de realidad virtual y colaborativas, por lo que se configuró el segundo concepto (Figura 6), el cual contiene pantallas de proyección en posición fija y una serie de pizarrones móviles con el equipo informático ubicado en el centro del laboratorio.



Figura 6. Segundo concepto de laboratorio VR/AR.

Se consideró que las pantallas podrían ser requeridas en otros lugares con el objetivo de facilitar el trabajo colaborativo, además de poder intercambiar la posición de los equipos informáticos, por lo que en el tercer concepto se implementaron una serie de soportes móviles tanto en las pantallas de computadora, proyección, como en las tablas para el equipo de cómputo. La **Figura 7** presenta el tercer concepto en el que se muestra el espacio colaborativo, así como un vehículo “virtual” como representación del espacio destinado para trabajar la realidad virtual.



Figura 7. Tercer concepto del laboratorio VR/AR.

Siguiendo las pautas del tercer concepto, se consideró que podía implementarse. El equipo incluido para este enfoque se muestra en la **Tabla 1**.

Además de lo incluido, se propuso la instalación de iluminación adecuada para actividades y puntos de conexión ethernet para tener capacidad suficiente, incluida la instalación de los puntos adecuados para los sensores de presencia del sistema HTC VR. La **Figura 8** muestra la ubicación de estos componentes de información.

Tabla 1
Equipos y recursos para la propuesta del laboratorio de tecnologías digitales y virtuales.

| Equipo | Descripción |
|---------------------------------------|--|
| VR | VR Headset HTC VIVE Pro (x3) |
| AR | AR Headset Moverio BT-300 Developer Edition |
| Tecnologías digitales (CAD/CAM/CAE) | <ul style="list-style-type: none"> • HP Z6 G4 Workstation • HP ZBook 15 G5 • 3D Printer Markforged • 3D Printer Formlabs High Resolution |
| Proyectos y actividades colaborativas | <ul style="list-style-type: none"> • Samsung Flip 55" Touch Screen • Samsung 65 "Smart TV Ultra HD 4K (x2) • Kanto MTM65PL Mobile support for TV (x2) • Blackboard ALFRA 3213 Pintarrón Star (x4) • Tripie para cámaras Neewer Portable Aluminum Alloy • Puffs Pepper Sacks (x6) • Mesa móvil Global AL-1085. (x3) • Sillas COSMO AL-430 VERSA |

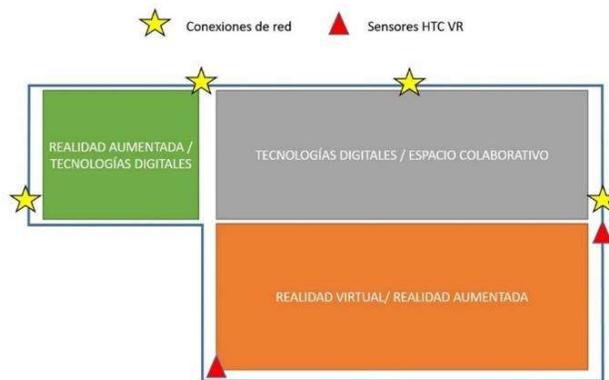


Figura 8. Ubicación de conexiones de red y sensores VR en el layout del laboratorio.

Resultados

El laboratorio y su equipo, desde su desarrollo e incluso desde sus primeros esfuerzos, han obtenido diversos resultados, los cuales se han dirigido principalmente al área de las ingenierías. Uno de los proyectos vinculados con una compañía automotriz local, tuvo como resultado el desarrollo de la inspección virtual de un modelo digital y la interacción del usuario en un

entorno inmersivo para accionar y manipular elementos de los interiores y de pantallas touch en el mismo (la **Figura 9** muestra un modelo global). Estos resultados fueron expuestos en un foro especializado de la industria automotriz.



Figura 9. Modelo digital de vehículo completo en entorno inmersivo.

Otro proyecto que se ha visto beneficiado con las capacidades del laboratorio son los proyectos de la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE, por sus siglas en inglés). El primero de ellos es Fórmula SAE, donde el equipo universitario de la facultad ha podido validar dimensiones, espacio, posicionamiento de componentes del vehículo, ergonomía del piloto, etc., elementos que fueron expuestos en un evento inter-universitario. En la **Figura 10** se puede observar el desarrollo digital del vehículo y la exposición, usando herramientas virtuales en el evento.



Figura 10. Validación digital y virtual del Proyecto Fórmula SAE, UPAEP.

La implementación de las tecnologías del laboratorio VR/AR, permitieron conducir la aplicación hacia el avance de otros proyectos universitarios, para lo cual se desarrolló una experiencia virtual inmersiva de un vehículo todo terreno (**Figura 11**) (Cuautle *et al.*,

2022), cuyos resultados fueron presentados en un congreso internacional y posteriormente publicados.



Figura 11. Experiencia virtual inmersiva en proyectos automotrices.

De la misma forma, para el evento de BAJA SAE se validó, mediante el uso de realidad aumentada, el espacio que usaría la nueva transmisión para la competencia interuniversitaria (**Figura 12**). El resultado y análisis de esta validación (Cuautle y Cordero, 2019), también fue expuesta en foros internacionales.

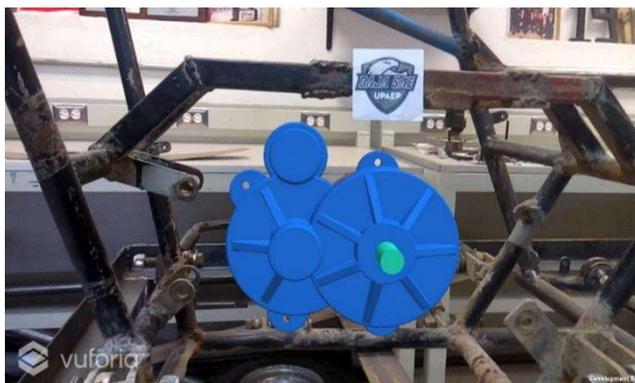


Figura 12. Validación espacial de transmisión para el Proyecto BAJA SAE, UPAEP.

Una de las actividades principales del laboratorio está basada en la difusión e implementación de las tecnologías VR/AR, para lo cual se han llevado a cabo en diversos cursos y en talleres externos a las clases, experiencias que aumenten los conocimientos de los alumnos de ingeniería. La **Figura 13** muestra el espacio desarrollado para los diferentes talleres.



Figura 13. Espacio para talleres de tecnologías virtuales y digitales.

Conclusiones

En el presente trabajo se describió el proceso de desarrollo, conceptualización y ejecución de instalaciones, equipo y materiales para un laboratorio de tecnologías digitales, realidad virtual y realidad aumentada. Dentro de los retos enfrentados, se presentaron problemáticas tecnológicas y humanas. En cuanto a las problemáticas tecnológicas, en la selección de los dispositivos, hardware y software, se identificaron diversas experiencias y similitudes con otras instituciones y compañías industriales. En relación con las problemáticas humanas, se observó una falta de orientación sobre cómo funcionan las tecnologías, especialmente los pilares de la I4.0.

El presupuesto insuficiente es uno de los principales problemas que dificulta el establecimiento de instalaciones necesarias para la enseñanza y el aprendizaje. Por otra parte, las dificultades para introducir nuevos contenidos y habilidades en los programas educativos, así como la renuencia a cambiar la pedagogía tradicional, también son preocupaciones importantes (Chong et al., 2018).

Dentro de los planteamientos futuros, el laboratorio aumentará su especialización en proyectos académicos y su participación en proyectos industriales para que los alumnos puedan participar en aplicaciones de la industria. Además, se considera la adquisición y renovación de tecnología digital, realidad virtual, realidad aumentada y también la implementación de tecnologías de la I4.0 que se requieran. Igual-

mente, se espera el aumento en la publicación y difusión de los resultados de los diferentes proyectos e investigaciones que se generen como parte de los trabajos de los alumnos y profesores.

Referencias

- Chong, S., Pan, G., Chin, J., Show, P., Yang, T., Huang, C., 2018, Integration of 3D printing and Industry 4.0 into engineering teaching. *Sustainability*, 10(11), 3960. <https://doi.org/10.3390/su10113960>
- Cuautle, L., Cordero, J., 2019, Reducción de transmisión para vehículo todo terreno con realidad aumentada e ingeniería asistida por computadora. *Revista Politécnica*, 15(30), 32-40. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a4>
- Cuautle, L., Cordero, J., Carrillo, J., Lebaro, E., 2022, Simulation of an All-Terrain Vehicle Driving Experience Using Virtual Reality. In *Smart Trends in Computing and Communications* (pp. 51-60). Springer, Singapore.
- Elbestawi, M., Centea, D., Singh, I., Wanyama, T., 2018, SEPT learning factory for industry 4.0 education and applied research. *Procedia Manufacturing*, 23, 249-254. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.025>
- Hernández-Muñoz G.M., Habib-Mireles L., García-Castillo F.A., Montemayor-Ibarra F., 2019, Industry 4.0 and Engineering Education: An Analysis of Nine Technological Pillars Inclusion in Higher Educational Curriculum. In: García Alcaraz J., Rivera Cadavid L., González-Ramírez R., Leal Jamil G., Chong M. (eds) *Best Practices in Manufacturing Processes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99190-0_24
- Hod, Y., 2017, Future learning spaces in schools: Concepts and designs from the learning sciences. *Journal of Formative Design in Learning*, 1(2), 99-109.
- Pirker, J., Lesjak, I., Parger, M. Gütl, C., 2018, An educational physics laboratory in mobile versus room scale virtual reality-a comparative study. In *Online engineering & internet of things* (pp. 1029-1043). Springer, Cham.
- Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y., Zhao, D., 2018, Digital twin service towards smart manufacturing, *Procedia CIRP*, 72, 237-242. ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.103>
- Ray, A., 2020, E-learning: the new normal in the post-covid world. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 2(9), 866-876.

- Singh, R., Javaid, M, Kataria, R., Tyagi, M., Haleem, A., Suman, R., 2020, Significant applications of virtual reality for COVID-19 pandemic, *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(4), 661-664, <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.05.011>
- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., Sui, F., 2018, Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 3563–3576, <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- University of Cincinnati, 2020, Industry 4.0 and the Future of Engineering Education. 17 de febrero de 2022, de University of Cincinnati Sitio web: https://www.engineering.com/ResourceMain.aspx?resid=1123&e_src=relres-ecom
- Zimmermann P., 2008, Virtual Reality Aided Design. A survey of the use of VR in automotive industry. In: Talaba D., Amditis A. (eds) *Product Engineering*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8200-9_13