

Propuesta de implementación de Laboratorios Docentes Remotos Virtuales para la mejora de la Educación en Ingeniería de los Procesos de Fabricación

5

Paula González-Suárez^a
José Alejandro González-Medina^a
Pedro Manuel Hernández-Castellano^a
Roberto Elías Araña Suárez^a

Grupo de Innovación Educativa Ingeniería de Fabricación,
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria^a
paula.gonzalez131@alu.ulpgc.es; jose.gonzalez225@alu.ulpgc.es;
pedro.hernandez@ulpgc.es; roberto.arana@ulpgc.es

Resumen:

Hoy en día se observa un mayor desapego de los estudiantes con el sistema educativo tradicional, lo que provoca en muchos casos un abandono temprano de sus estudios. Esto, sumado a una era de continua transformación tecnológica debido a la revolución digital (Industria 4.0), ha afectado enormemente a la educación en ingeniería, viéndose en la necesidad de adaptarse a los nuevos tiempos. Es necesario actualizar las herramientas educativas que, de igual manera, atraigan a las nuevas generaciones y sean efectivas, formando a los alumnos en las TIC y adquiriendo competencias requeridas hoy en día en el mercado laboral. En esta situación, el empleo de laboratorios remotos, que flexibilizan la educación de contenidos técnicos prácticos, y gemelos digitales, que son capaces de recrear virtualmente sistemas físicos complejos, pueden ser de gran ayuda para mejorar la calidad educativa en el contexto de la ingeniería. Combinando estos conceptos, surge la idea de los laboratorios docentes remotos virtuales. Así, en el presente trabajo, se ha propuesto una metodología práctica para la implementación de un laboratorio docente remoto virtual, tomando como ejemplo para su desarrollo una máquina de corte y grabado láser. Con ello, se busca incentivar su empleo en contextos educativos reales, para así seguir investigando sus beneficios en la educación de los futuros ingenieros.

Palabras clave:

Laboratorios remotos, educación en ingeniería, gemelos digitales, Industria 4.0.

1. Introducción

El absentismo escolar y el abandono temprano de la educación es un tema muy investigado. Su relación directa con el fracaso escolar lo hace un asunto vital para un correcto desarrollo de las próximas generaciones, cada vez más envueltas en un mundo exigente para el cual las formas de desarrollo profesional anteriores no están sirviendo (Bayón-Calvo, Corrales-Herrero, y Olga Ogando 2017; González González 2014; Ribaya Mallada 2011; Vega-González 2013).

Así, se ha observado un aumento en la desconexión de los estudiantes con el sistema educativo convencional, generando dificultades en el proceso de enseñanza. A pesar de algunas mejoras con respecto a años anteriores, tanto España como la comunidad autónoma de Canarias no consiguen el objetivo de absentismo y abandono temprano fijado en el 9% (Ministerio-de-Educación-y-Formación-Profesional 2023a; Fernández-Mellizo 2022; Ministerio-de-Educación-y-Formación-Profesional 2023b). Como respuesta a esta situación, se han buscado modificaciones en las estrategias de enseñanza, con el objetivo de crear entornos de aprendizaje personalizados que fomenten la participación de los estudiantes.

En el ámbito específico de la Educación en Ingeniería, los laboratorios de prácticas son una parte fundamental que frecuentemente se enfrenta a limitaciones significativas (Pesa et al. 2014). En nuestro entorno actual, caracterizado por los cambios tecnológicos relacionados con la transformación digital, la importancia de esta faceta del aprendizaje y su alineación con el mundo laboral se vuelven aún más destacada. Estos laboratorios deben adaptarse al contexto de la denominada Industria 4.0, que se caracteriza por un mayor grado de flexibilidad e interconexión (Parrott y Warshaw 2017; Lee et al. 2018).

Ante estas condiciones, la exploración del potencial que brindan los laboratorios remotos podría ofrecer oportunidades para mejorar esta situación. Los laboratorios remotos son laboratorios físicos a los que se puede acceder de forma remota. Facilitan la creación de los mencionados entornos de aprendizaje personalizados, permitiendo a los estudiantes experimentar de manera interactiva y explorar conceptos científicos desde cualquier ubicación. Eliminan la necesidad de estar presentes físicamente en un laboratorio, lo que posibilita un enfoque sin restricciones de tiempo o recursos (Zamora Musa 2012; Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Nardi Da Silva et al. 2023).

De esta manera, la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIC) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) ha propuesto un proyecto de innovación educativa. Este se coordina en tres grupos, cada uno centrado en una asignatura de un grado de ingeniería impartido en la escuela. El

artículo se enfoca en la labor a realizada por el grupo encargado de la asignatura “Tecnologías de Desarrollo de Productos”, que forma parte del plan de estudios del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos (GIDIDP). El objetivo es mejorar las metodologías de aprendizaje activo mediante el uso de laboratorios remotos para incrementar la responsabilidad y el compromiso de los estudiantes con su proceso de aprendizaje. Como primer paso, se ha comenzado a desarrollar un laboratorio docente remoto virtual (LDRV) centrado en el corte y grabado láser. El proyecto se desarrollará en dos años, siendo lo descrito en este artículo los avances iniciales realizados durante el primero, enfocándose en la metodología de la generación de los LDRV, quedando aún pendiente su implementación en el aula para generar un análisis de resultados. Lo conseguido en este tiempo es un prototipo conceptual del funcionamiento que tendría el gemelo digital de la máquina y una propuesta de implementación del LDRV mediante Realidad Aumentada (RA).

2. Marco Teórico

En la presente sección serán expuestos los conceptos básicos relacionados con el tema. En él, se hablarán de metodologías educativas actuales, de la conexión entre el campo del diseño con la educación a través del *Learning Experiences Design*, de la educación en la ingeniería y sus retos, de los laboratorios docentes remotos virtuales, de los gemelos digitales y las posibilidades de innovación educativa que nos ofrece en conjunto.

2.1. Metodologías educativas

Podemos decir que la educación está conformada por tres pilares: el aprendizaje, la evaluación y la enseñanza (Wankat y Oreovicz 2015). Esta última, es justamente la comunicación de los contenidos a aprender y evaluar (Rajagopalan 2019). La tarea del profesor es, al final, posibilitar el acceso al contenido al estudiante mediante distintos medios, seleccionando y adaptando el material, estimulando su interés, dándole la oportunidad de ejercer su capacidad de estudio y monitoreando su progresión (Aguirre 2016). Como vemos, esta es la relación de, otra vez, tres elementos principales: el profesor, el alumno y el contenido.

El planteamiento de la relación de estos tres nodos es lo que determina las diferentes metodologías educativas. El papel del profesor o la linealidad de la enseñanza son objeto de debate de diferentes visiones. Una de las más en boga hoy en día es el constructivismo, el cual propone un sistema dialéctico,

donde el docente es un guía y facilitador del aprendizaje del alumno, que actúa de forma crítica y activa. En esta visión, en la cual nos centraremos, el conocimiento del alumno se construye a partir de saberes previos, el contacto con el docente y la interacción con sus compañeros (Pange y Pange 2011; Boghossian 2013).

La enseñanza se puede transmitir mediante diferentes medios que sirven como conductores de la experiencia que genera el aprendizaje. Se pueden clasificar de la siguiente forma (Rivilla y Mata 2009):

- **Reales:** Objetos de experiencia directa para el alumno. Algunos ejemplos son: plantas, animales, objetos de uso cotidiano, instalaciones urbanas, agrícolas o de servicio.
- **Escolares:** Objetos propios del centro educativo cuyo propósito es facilitar la enseñanza. Algunos ejemplos son: laboratorios, aulas de informática, bibliotecas, mediatecas, hemerotecas, gimnasios, laboratorios de idiomas, globos terráqueos o pizarras.
- **Simbólicos:** Son objetos que aproximan la realidad al estudiante mediante símbolos o imágenes. Algunos ejemplos son: textos, libros o mapas. En los incluidos como medios digitales, se puede hacer una subclasificación de la siguiente forma:
 - **Icónicos:** diapositivas, retroproyección, etc.
 - **Sonoros:** radio, discos, grabaciones, etc.
 - **Audiovisuales:** cine, video, televisión, etc.
 - **Interactivos:** robótica, multimedia, videojuegos, etc.

De esta forma, en la metodología educativa se establece la estructura de la enseñanza, y por consiguiente el uso de estos medios como herramientas, técnicas y formas de evaluación. Que se pueda poner en marcha una determinada metodología depende de la adecuación de esta al conjunto de elementos que intervienen en el proceso de educación. Así, debe tener (Rivilla y Mata 2009):

- Adecuación a la finalidad
- Adecuación al alumno
- Adecuación al contenido
- Adecuación al contexto

Las metodologías educativas se pueden clasificar en dos grandes bloques, las metodologías tradicionales, las que normalmente se llevan a cabo en el aula, centrada en el docente, teniendo una estructura vertical, autoritaria, verbalista y basada en el intelectualismo (Calle-Suárez y Quichimbo-Rosas 2021), y las metodologías innovadoras, en las cuales profundizaremos:

- **Metodologías educativas innovadoras:** también conocidas como metodologías activas, aunque hay de muchos tipos, todas coinciden en que se basan en poner al alumno como el punto central de la enseñanza, siendo más participativo (siguiendo la línea constructivista) (Quiroz 2017). Algunas de las más conocidas y usadas son las siguientes:
 - **Aula invertida (flipped classroom):** En esta metodología los elementos que componen una lección tradicional se invierten, los alumnos estudian los materiales didácticos en casa y luego se trabajan en clase, siendo apoyados por el profesor (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez y Moya Martínez 2020; Quiroz 2017).
 - **Aprendizaje basado en proyectos:** Consiste en adquirir los conocimientos mediante proyectos que den solución a problemas de la vida real. Tiene un enfoque práctico, estimulando el pensamiento crítico, la comunicación, la resolución de problemas y la colaboración (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez y Moya Martínez 2020).
 - **Aprendizaje cooperativo:** Se basa en juntar a los estudiantes en grupos o equipos con objetivos educativos comunes. Busca mejorar aspectos como el respeto mutuo, el liderazgo compartido y el pensamiento crítico (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez y Moya Martínez 2020; Quiroz 2017).
 - **Gamificación:** Introduce las mecánicas y dinámicas de los juegos y videojuegos en un ambiente académico. Con ello, se busca conseguir los efectos del aprendizaje lúdico en el contenido formal (Contreras Espinosa y Eguía 2016).
 - **Aprendizaje basado en problemas:** En esta metodología el alumno genera su propio aprendizaje resolviendo problemas reales de su ambiente. Estos son problemas del entorno del estudiantes que requieren pensamiento crítico e investigación para ser resueltos (Navarrete Solórzano, Rodríguez Gámez, y Moya Martínez 2020; Quiroz 2017).
 - **Aprendizaje basado en pensamiento:** Intenta desarrollar en el alumno capacidades que vayan más allá de la memorización. Promueve que los estudiantes contextualicen, analicen, relacionen y ar-

gumenten. Con ello, no solo adquieren conocimientos, sino que desarrollan un pensamiento más eficaz (Swartz et al. 2008).

- **Aprendizaje servicio:** Consiste en combinar los procesos de aprendizaje con servicios a la comunidad en un proyecto bien articulado. Con ello, los alumnos aprenden a la vez que trabajan en las necesidades reales del entorno con la finalidad de mejorarlo (Quiroz 2017; Asociación-Centro-Promotor-de-Aprendizaje-Servicio 2019; Red-española-aprendizaje-servicio 2020).

2.2. Learning Experience Design (LXD)

El Diseño de Experiencias de Aprendizaje (*Learning Experience Design*, LXD o *LX design*) es la disciplina del diseño que se orienta en lograr experiencias de mayor calidad en el ámbito de la educación. Se diferencia de otras disciplinas en que sirve al único propósito del aprendizaje, desde una visión integral, completa y multidisciplinar. Busca asegurar que el viaje de aprendizaje sea agradable, atractivo, relevante e informativo. Este proceso creativo permite trabajar en situaciones con un alto nivel de incertidumbre inicial y lograr unos resultados finales claros y detallados. Tiene un enfoque centrado en la persona, en este caso el estudiante o aprendiz, y en las metas o resultados de su aprendizaje. Debe asegurarse de integrar la voz del estudiante e interactuar con él en un proceso de desarrollo compartido. Debe tener en cuenta las realidades, los comportamientos y preferencias de los estudiantes incluyendo el entorno donde ellos están aprendiendo (Tawfik et al. 2022; Schmidt y Huang 2022).

El diseño de experiencias de aprendizaje puede resultar un proceso impredecible, que además es inherente a cualquier tipo de aproximación creativa e innovadora. Se considera que este cambio metodológico es aplicable en cualquiera de las titulaciones que oferta la EIIC, y exportable y replicable a cualquiera de los centros de la ULPGC o de otras universidades en el ámbito nacional. Las principales fases a seguir en el LXD son (Schmidt et al. 2022; Glaser et al. 2022):

1. Cuestionar la necesidad del problema que se quiere resolver.
2. Investigar sobre las personas para las que quieres diseñar esa experiencia de aprendizaje y sobre el impacto que la misma tendrá en esas personas.
3. Diseñar la experiencia a partir de las ideas extraídas de un proceso de co-creación con múltiples perspectivas y adaptada al contexto en el que se quiere implantar.

4. Desarrollar la experiencia a nivel de prototipo que se adecuará al nivel de complejidad y escala que se considere conveniente.
5. Ensayar la experiencia de aprendizaje para determinar si el estudiante ha conseguido el objetivo de aprendizaje y se han logrado los resultados previstos.
6. Lanzar la experiencia de aprendizaje tras la revisión de los resultados y el rediseño de los aspectos a mejorar, si fuera necesario.

2.3. Educación en ingeniería

La Educación en la Ingeniería (*Engineering Education*) se define como la enseñanza de conocimientos, principios y habilidades relacionados con la práctica profesional de la ingeniería. Esta integra la investigación en ingeniería en su educación, para así acelerar la innovación tecnológica y educativa, mejorando la calidad y la diversidad de los futuros profesionales (Cheville 2014; López Álvarez 2019). Desde hace años, ha quedado patente que la planificación y la gestión estratégica de las carreras profesionales relacionadas con la investigación, el desarrollo y la ingeniería son fundamentales para el avance económico de un país de forma que este pueda competir con otros mercados (Hernández Medina, Báez Hernández y Carrasco Fuentes 2020). Esto hace que se cuestione si la manera actual de formar y motivar a estos estudiantes es la adecuada. Sin embargo, para que la intervención que se realice sea de calidad, es necesario realizar la misma desde la investigación.

En este contexto, surge un área emergente que es la Investigación en Educación en la Ingeniería (*Engineering Education Research*, EER), que se define como la investigación que aborda cómo los estudiantes y profesionales de todos los niveles de la ingeniería pueden adquirir las habilidades para ser profesionales exitosos. Permite aplicar el método científico para el análisis de la problemática asociada, para la definición de las propuestas de mejoras necesarias, y para la implementación y desarrollo de acciones que permitan alcanzar los objetivos que se establezcan (Barker, Brophy y Burrows 2006).

La educación en ingeniería busca y requiere desarrollar las competencias directamente relacionadas con la profesión y las necesarias para ejercer una ciudadanía activa y comprometida. Así, un ingeniero no solo debe aprender las nociones técnicas sino formarse éticamente, en el uso de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) y la promoción de la sostenibilidad. Esto hoy en día no es un complemento, sino algo necesario para desarrollar la actividad profesional adecuadamente. Es así como se han ido desarrollando

ideas que cuestionan la forma de la educación en ingeniería desarrollada hasta ahora en muchas escuelas (Vega-González 2013; Torres Soler 2013; Cordova-Wentling y Price 2007).

Parte de este cuestionamiento viene dado por el cambio en la cultura organizacional de las empresas en nuestros tiempos. A partir de los años noventa hasta ahora, se pasó de un modelo de cultura organizacional del servicio y recompensa a largo plazo de los empleados de una empresa, pudiendo adquirir un trabajo de por vida en ella, teniendo un sistema de promoción sistemático por tiempo y fidelidad, a una cultura de venta con recompensa inmediata, pero sin seguridad a largo plazo para el empleado. Esto se ha manifestado en todas las profesiones, haciendo que los estudiantes egresados que tienen que introducirse en el mercado laboral tengan que enfrentarse a un reto más complejo. En el caso de la ingeniería, y en las ramas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) en general, genera una gran frustración debido a que las empresas cada vez demandan perfiles profesionales más altos en puestos de entrada (Vega-González 2013; Gilbert y Cordey-Hayes 1996).

Este cambio también se ha visto influenciado por la gran progresión tecnológica que estamos viviendo. Las industrias deben afrontar la digitalización, los tiempos de producción cada vez más cortos y la demanda de innovación en métodos y tecnologías para ser capaz de ser competitivos (Arinez et al. 2020; Kim et al. 2018; Rajesh, Prabhuswamy y Krishnasamy 2022; Terkowsky, Frye y May 2019). De esta manera, surge el concepto de Industria 4.0, una forma de denominar lo que algunos creen como la cuarta revolución industrial. Esta se caracteriza por nuevas tecnologías como los sistemas ciber-físicos, la ciberseguridad o el internet de las cosas (Mypati et al. 2023; Arinez et al. 2020). Si cambia la industria, los ingenieros que ejercerán su profesión en un futuro en ella también deben ser formados de otro modo.

Así, debemos ver cómo se está desarrollando la formación en ingeniería hoy en día. A nivel formativo, en una titulación en ingeniería se inicia impartiendo conocimientos generales de ciencias básicas o disciplinas fundamentales relacionadas con los conocimientos teóricos necesarios para comprender ideas más avanzadas que se dan posteriormente. Esto suele durar cuatro semestres. Tras esto, el alumno comienza a recibir una formación relacionada con las diferentes disciplinas de la ingeniería relacionadas con el grado estudiado, las cuales serán la columna vertebral de su educación como ingeniero. Esto también suele durar de dos a cuatro semestres. De seguido, cursará una serie de asignaturas obligatorias de ingeniería aplicada que orienta al alumno a nivel profesional. Del mismo modo, a lo largo de su formación, puede cursar

una serie de asignaturas optativas que dan una formación complementaria a asignaturas principales o que tratan temas tangenciales relacionadas con la titulación. Como último paso, se desarrollan prácticas profesionales que dan una experiencia laboral al alumno y el desarrollo, presentación y defensa de una tesina o proyecto (Trabajo de Fin de Grado) con el objetivo de demostrar las habilidades desarrolladas en la carrera. En algunos casos, también ha de hacerse un examen general de conocimientos (Vega-González 2013).

Esta formación resumida, se ha intentado adaptar a los nuevos tiempos, no solo dando conocimientos científicos y técnicos al alumno, sino intentando formarlo en las llamadas habilidades blandas y darle un mayor grado de experiencia práctica con la que poder desarrollar su currículo. Estos conocimientos se relacionan sobre todo con habilidades de comportamiento humano (Vega-González 2013; Cordova-Wentling y Price 2007): comunicación, trabajo en equipo, ética y autonomía moral, aprendizaje continuo, habilidades gerenciales.

En el estudio referenciado en esta última parte, “La educación en ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI” (Vega-González 2013), se proponen ideas básicas para una nueva propuesta de aproximación a estas características a seguir implantando en la educación en la ingeniería (Vega-González 2013):

- Los proyectos a desarrollar deben enfocarse en satisfacer las demandas de las organizaciones y clientes, es decir, es crucial aplicar los conceptos en un entorno del mundo real.
- Es fundamental fomentar la implicación de los estudiantes en las clases, lo que a su vez posibilita alcanzar un amplio espectro de resultados mensurables para trabajar.
- También es necesario obtener una comprensión completa del problema que el cliente desea abordar dentro del contexto económico y tecnológico de su empresa, así como entender los diversos aspectos y metas que busca al financiar el proyecto.

Recientemente ha surgido una nueva disciplina académica denominada Ingeniería para el Aprendizaje (*Learning Engineering*) que se orienta hacia una aplicación práctica de las ciencias del aprendizaje. Emplea metodologías de ingeniería de diseño centradas en la persona, para una toma de decisiones basada en evidencias fiables con el fin de apoyar al estudiante y a su desarrollo personal. Además del diseño y aplicación de experiencias de aprendizaje, la ingeniería del aprendizaje puede abordar otros problemas fuera de ese ámbito como descubrir las raíces de los problemas que afectan a los estudiantes. El

análisis de las condiciones externas a la propia experiencia de aprendizaje como las necesidades básicas, mentalidad del estudiante, entorno y contexto social que impacta en el aprendizaje, son también objeto de trabajo de esta disciplina. La tecnología no es lo esencial en la Ingeniería del Aprendizaje, pero sí se aprovechará esta para hacer una aplicación más eficiente y efectiva de las experiencias de aprendizaje. Éstas deben ser novedosas, flexibles, adaptativas e incluso personalizadas, que permitan crear un ecosistema de aprendizaje efectivo, enriquecedor y sostenible (ICICLE 2024).

2.4. Laboratorios docentes remotos virtuales (LDRV)

Los laboratorios han sido siempre esenciales en la educación de la ingeniería. Los ensayos, las investigaciones y el control de calidad fueron los precursores del desarrollo de numerosas tecnologías a lo largo de la historia. Su uso ha cambiado con el tiempo, y como muchos otros aspectos del desarrollo humano, la aparición de los ordenadores, y la revolución informática que los acompañó, ha transformado la experiencia ofrecida por los laboratorios y otros espacios de experimentación y exploración, como los talleres. La inclusión de las tecnologías que se han desarrollado a principios del siglo XXI, pilares de la Industria 4.0 (como la automatización, los sistemas ciber físicos y el internet de las cosas), ha permitido la aparición de un nuevo modelo de laboratorio: el laboratorio remoto (Tuttle 2021).

Los laboratorios remotos son laboratorios físicos a los cuales se puede acceder a distancia. Estos se basan en una dinámica servidor-cliente donde un usuario pide acceso a unos servicios determinados o contacta con un servidor a través de una red. Esencialmente, el laboratorio físico y el usuario del laboratorio están separados, pero los recursos que da el laboratorio son accesibles desde internet (Zamora Musa 2012; Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Nardi Da Silva et al. 2023). Los laboratorios remotos dan respuesta a la necesidad de los investigadores y estudiantes de acceder a instalaciones y recursos de calidad (Tuttle 2021; Nardi Da Silva et al. 2023).

La principal ventaja de esta nueva variante de laboratorio es la capacidad de hacer pruebas y experimentos, consiguiendo así conocimientos y resultados de investigación, sin tener la necesidad de estar emplazado físicamente en el sitio donde se dan esas posibilidades (Zamora Musa 2012; Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Nardi Da Silva et al. 2023). A parte de que, como veremos, ofrece unas grandes posibilidades formativas desde el punto de vista de la educación.

Los componentes de un laboratorio remoto son un cliente, un servidor, una red de conexión y una prueba o experimento a realizar (Aoudi 2001). A parte, debe presentar una serie de características de usabilidad que le permita ser efectivo. Algunas de estas pueden ser las siguientes:

- Disponibilidad: los laboratorios remotos deben estar disponibles en periodos de tiempo realistas y con conveniencia.
- Accesibilidad: deben poder ser accedidos desde todas partes del mundo.
- Actualidad: la tecnología usada debe estar actualizada dado que de lo contrario puede ocasionar problemas en su uso.

Un laboratorio remoto debe contar con muchas otras características, aunque estas suelen depender de la aplicación y objetivo de dicho laboratorio. Además, el formato de laboratorio también dependerá de su rango de actuación. Algunos de ellos hacen uso de la Realidad Virtual (RV), Realidad Extendida (RE) o la Realidad Aumentada (RA) para permitir la interacción de los usuarios con el equipamiento del laboratorio (Nardi Da Silva et al. 2023). No existe una única manera de implementar un laboratorio remoto, ya que debe siempre adaptarse a las necesidades y recursos más adecuados. Sin embargo, es importante tener un buen desarrollo del diseño UI/UX, contar con una buena herramienta de desarrollo de interacción virtual y realizar un correcto estudio ergonómico.

Si al concepto de laboratorio remoto le sumamos la idea del laboratorio docente, se abre un abanico de posibilidades educativas muy interesantes. Los laboratorios docentes son aulas acondicionadas con el propósito de realizar prácticas, pruebas y experimentos relacionados con la enseñanza. La aplicación de la Industria 4.0. no solo se limita a los laboratorios y talleres orientados a la investigación, fabricación o manufactura, sino también a aquellos con aplicación didácticas. Surge así el concepto Educación 4.0 donde se integran nuevas tecnologías en la búsqueda de un aprendizaje más eficaz mediante el fomento de la interacción entre todos los agentes del proceso de enseñanza y aprendizaje. La transformación y cambio de las condiciones industriales actuales tiene una repercusión directa en la formación recibida por los estudiantes de ingeniería, que deben enfrentarse a los desafíos presentes en la actualidad (Terkowsky, Frye y May 2019).

El ritmo en el que surgen estos avances tecnológicos dificulta que los contenidos formativos puedan adaptarse adecuadamente. Por lo tanto, unir el concepto del laboratorio docente con el de laboratorio remoto, creando el labora-

torio docente remoto, ofrece nuevas oportunidades de acercar al estudiantado las nuevas tecnologías y métodos empleados en la industria, junto con la capacidad de mejorar su educación y hacerla más atractiva. Adicionalmente, factores externos, como la pandemia COVID-19, forzaron a las instituciones a tener que adoptar estrategias de educación online que no acabaron de ser adecuadamente implementadas debido a la falta de tiempo, recursos y capacidad de adaptación (Nardi Da Silva et al. 2023). Tener una gama de recursos para poder garantizar la continuidad y calidad de la educación es una prioridad.

A esta serie de ideas se le ha de sumar que, particularmente en ingeniería, la educación práctica es estrictamente necesaria. Tener contacto de primera mano con maquinaria, materiales y hardware es esencial para ofrecer una educación completa (Rassudov and Korunets 2022; Tuttle 2021). Además, no es raro que las universidades se vean obligadas a enfrentarse a una gran falta de personal, tiempo y recursos para poder atender adecuadamente a estas necesidades educativas (Rassudov y Korunets 2022). De la misma forma, la realización de prácticas debe contemplar la seguridad de los estudiantes, la disponibilidad de los recursos físicos y del espacio disponible para realizarlo. La mala gestión y coordinación de las prácticas puede provocar que muchos estudiantes no terminan de asentar los conocimientos que se pretenden impartir en el laboratorio.

Ante todo esto, las TIC nos dan un camino donde apoyarnos para poder empezar a solventar esta serie de problemas. Como se comentó en el apartado anterior, ofrecen características que son positivas para la implantación en la enseñanza. Y, particularmente para los laboratorios remotos, dan la capacidad para su implementación de forma efectiva. Así, podemos decir que hemos llegado al concepto de laboratorio docente remoto virtual, siendo este llevado a cabo mediante las nuevas herramientas dadas por la Industria 4.0 y la interacción virtual.

Según los estudios mostrados en (Tuttle 2021), los resultados empíricos nos dicen que los laboratorios remotos tienen o superan los resultados educativos conseguidos con laboratorios puramente físicos. Esto no quiere decir que los laboratorios remotos puedan ser una sustitución completa de los laboratorios físicos, sino que estos deben trabajar conjuntamente, combinando el uso de ambos para que los estudiantes estén mejor preparados y comprendan más ampliamente la tecnología que va a ser impartida en la práctica de laboratorio (Argota Vega y Bron Fonseca 2019).

Entre las ventajas que puede ofrecer un laboratorio remoto virtual se encuentran las siguientes:

- Permite marcar a los estudiantes su propio ritmo de aprendizaje (Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Rassudov y Korunets 2022)
- Da la capacidad de tener sesiones de aprendizaje más largas, y por lo cual, poder asentar mejor los conocimientos (Rassudov y Korunets 2022)
- Aporta flexibilidad al laboratorio y ahorro de recursos (Tuttle 2021)
- Permite la interacción del estudiante con equipamiento de investigación y máquinas complejas de forma segura (Argota Vega y Bron Fonseca 2019; Rassudov y Korunets 2022)
- Da libertad para la exploración y la experimentación (Argota Vega and Bron Fonseca 2019; Rassudov y Korunets 2022)

Los LDRV permiten a los estudiantes experimentar con libertad y sin miedo, aprendiendo el manejo del equipamiento del laboratorio y creando su propio ritmo de aprendizaje. La implementación de este tipo de tecnología en las aulas universitarias puede llegar a ser un gran avance que permite a la educación superior ponerse en la vanguardia de la innovación educativa y la impartición de educación de calidad.

2.5. Gemelos digitales

En el contexto de la Industria 4.0, la educación y los laboratorios remotos, resulta imperativo hablar de los gemelos digitales. Este concepto hace referencia a un modelo de un espacio virtual que replica y predice el comportamiento de un sistema físico real (Parrott y Warshaw 2017; Chambers y Schwarz 2021; Wu et al. 2020; Tao et al. 2022). Los gemelos digitales son mucho más que simples modelos o prototipos virtuales, ya que recrean la funcionalidad, geometría, proceso de mantenimiento y comportamiento del sistema, permitiendo la simulación en tiempo real de tecnologías y procesos de fabricación (Parrott y Warshaw 2017; Wu et al. 2020).

El gemelo digital surge de un contexto donde aparecen nuevas necesidades, como una mayor competitividad comercial y la integración de los sistemas ciberfísicos, que ha propiciado el desarrollo de la Industria 4.0. Erróneamente, se suele confundir los términos de gemelo virtual y simulación. Las diferencias entre ambos residen fundamentalmente en la escala. Una simulación hace una predicción concreta de un proceso particular, mientras que un gemelo virtual consiste en una serie de conexiones, relaciones y limitaciones asociadas a un sistema, compuesta por muchos procesos y elementos.

Para poder construir un gemelo digital, se ha de empezar por el modelado del sistema. El modelado es el comienzo de la digitalización, y su propósito es representar el sistema físico de referencia. En su construcción geométrica, se determina su forma, estructura, tamaño, posición e interfaz de ensamblado. Por supuesto, para poder realizar esto es necesario primero hacer un estudio del sistema real para poder conocer todas sus partes y relaciones y saber sus limitaciones. Sin embargo, no es necesario hacer una réplica exacta del sistema de referencia, ya que el propósito del gemelo digital es la de replicar el comportamiento del sistema, no su aspecto. Por lo tanto, deberán incluirse todos aquellos elementos que influyan de forma inequívoca en el comportamiento que se desea replicar, intentando prescindir de elementos innecesarios con el objetivo de reducir el consumo computacional y optimizar los tiempos de carga y la transferencia de datos (Dassault Systemes 2020; Tao et al. 2022; Wu et al. 2020).

El ambiente en el que se desenvuelve el sistema físico también es de importancia, ya que la variación en sus condiciones puede afectar a su comportamiento. De no tener estas variables en cuenta y únicamente replicar o sintetizar el comportamiento del sistema, el gemelo digital puede llegar a hacer predicciones inexactas. Esto puede evitarse, tal y como se mencionó anteriormente, con un correcto análisis sistémico (Tao et al. 2022).

La aplicación de los gemelos digitales a los laboratorios remotos puede ser de gran utilidad, ya que permiten la interacción del usuario con el equipamiento del laboratorio a través de un modelo virtual y el acceso en diferido al mismo. Esto hace que el laboratorio docente remoto virtual sea aún más flexible si cabe, solucionando en parte las dificultades para mantener una conexión continua con este.

3. Propuesta Metodológica

La propuesta metodológica describe la implementación de un laboratorio docente remoto virtual en el contexto de la titulación “Grado en ingeniería en diseño industrial y desarrollo de productos”, vinculado a la asignatura “Tecnologías de desarrollo de productos”. Este se plantea como un laboratorio docente remoto virtual en diferido, haciendo uso de un gemelo digital que opera en un entorno similar a un juego.

3.1. Definición de objetivos

El objetivo principal del proyecto es mejorar las metodologías de aprendizaje activo mediante la introducción de un LDRV, teniendo el propósito de aumentar la implicación y compromiso de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje.

Es dentro del contexto de estas últimas metodologías donde se pretende innovar, ofreciendo un medio alternativo interactivo, el LDRV, donde poder aplicar metodologías activas de aprendizaje, como el aula invertida o la gamificación, entre otras. Además, se pretende alcanzar un nivel más alto de personalización en el proceso de enseñanza-aprendizaje de materias de ingeniería. En definitiva, usar nuevas metodologías, tecnologías y enfoques educativos que promuevan un aprendizaje significativo y enriquecido.

Para ello, se ha decidido que el contenido a trabajar en el LDRV de la asignatura sea el relacionado con el proceso de fabricación por corte y grabado láser. En el Taller Las Cocinas de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles se dispone de una máquina láser de CO₂, que será el equipo de referencia para generar un gemelo digital capaz de replicar sus funciones básicas, para que el estudiante pueda interactuar con ella. En este LDRV se podrá acceder a contenidos descriptivos de los fundamentos de este proceso de fabricación, y se permitirá operar con este equipo para su preparación, programación y ejecución de operaciones. Se definirán varios ensayos que el estudiante deberá realizar interactuando con el gemelo digital:

- Regulación distancia focal
- Distancia y velocidad de los patrones de corte
- Rasterizado de imágenes

Al final de los ensayos, el alumno deberá ser capaz de obtener una pieza similar a la que aparece en la figura 1, que integra diferentes tipos de operaciones realizadas con este equipo.



Figura 1. Imagen de pieza resultado de una práctica de corte y grabado láser.

3.2. Modelado del gemelo digital

La máquina láser que servirá como base para el gemelo digital es de la marca Widlaser, modelo C900. El primer paso en el desarrollo del gemelo digital implica comprender en su totalidad las características físicas, el uso y el comportamiento del equipo. La máquina tiene unas dimensiones de 1900x1500x1160 mm, con un peso de 450 kg y un área de trabajo de 1300x900x150 mm. Se trata de una máquina de corte láser de CO2 con una potencia de 120 W.

En esta tecnología, la generación del láser ocurre al estimular eléctricamente el gas CO2 contenido dentro de un tubo de vidrio, provocando la emisión de fotones por parte del gas, que se reflejan entre dos espejos y que genera el haz láser. Este haz es dirigido hacia el cabezal mediante una serie de espejos y allí es focalizado mediante una lente para alcanzar la alta densidad de energía que la operación a realizar requiere. El cabezal está montado en una mesa de coordenadas de dos dimensiones que permite desplazarlo en todo el plano de trabajo, y está equipado con un marco mecánico que genera su movimiento. El calor generado por el láser provoca la evaporación o fusión del material sobre el cual incide, lo que resulta en el corte o grabado, dependiendo de la frecuencia, potencia y velocidad de avance del láser (Groover et al. 2007; Kalpakjian et al. 2014; Swift y Booker 2013).

Dado que el láser no es un elemento tangible ni cuenta con ningún mecanismo más allá del responsable del movimiento de la máquina, no es necesario replicar ningún componente físico más allá de la estructura. Por lo tanto, el modelo se limitará a simular su mecanismo de funcionamiento, lo que simplifica

el gemelo digital. El objetivo de la simplificación es la creación de un modelo optimizado y poco pesado, que no consuma grandes recursos. Para llevar a cabo esta tarea, se emplearán el software CAD Autodesk Fusion 360 y el programa de modelado poligonal Blender. Con el fin de trabajar una mayor precisión y comodidad, se utilizará un modelo 3D fruto de un escaneado tridimensional para obtener una referencia digital con la que comenzar a modelar.

De esta manera, la máquina se simplificará en tres componentes distintivos: la estructura, el sistema de movimiento y el cabezal de corte. Durante la creación del entorno virtual, se limitará el movimiento de las distintas partes del mecanismo para asegurar una representación precisa de las capacidades de la máquina. El sistema de movimiento se compone del marco y su sistema de soporte, mientras que el cabezal puede desplazarse gracias a una correa que le permite moverse sobre el área de trabajo. Por lo tanto, es necesario modelar la correa y su eje. Las restricciones son fundamentales en la modelización del sistema de movimiento, ya que definen las capacidades físicas del modelo 3D.

El cabezal puede ser desglosado en la boquilla y el soporte de la cabeza. Esta área será la más destacada en el gemelo digital y, por ende, debe ser recreada con la mayor precisión posible para asegurar su similitud con la máquina original. Además, se creará una representación aproximada del contenedor de CO₂ que se ubicará en la parte posterior de la máquina, ofreciendo una oportunidad didáctica para observar de manera segura la generación del láser. Sin embargo, componentes internos como la electrónica, la unidad de refrigeración y los generadores de energía serán excluidos debido a que no tienen gran potencial didáctico y solo aumentarían la complejidad del modelo.

Así, se desarrollará un modelo virtual que sea preciso y al mismo tiempo simplificado. Se eliminarán los sistemas superfluos, tales como los ventiladores de extracción de gases, el compresor de aire, y el equipo de refrigeración de agua, con el fin de reducir el peso del modelo 3D. Esto generará tiempos de carga más breves y ocupará menos espacio de almacenamiento.

3.3. Entorno del LDRV

El siguiente paso implica la implementación de este modelo virtual en un entorno que permita la interacción con el usuario y la recreación de todas las características y fenómenos físicos deseados. El gemelo digital debe ser desarrollado en un entorno accesible para el estudiantado, lo que posibilitará a los alumnos hacer uso de él. Varios estudios mencionados en (Nardi Da Silva et al. 2023) sugieren el uso de motores de juego, como Unity o Unreal, para el

desarrollo de LDRV. Estos programas permiten crear entornos virtuales similares a los videojuegos (figura 2), lo que proporciona experiencias dinámicas e inmersivas en una variedad de dispositivos y plataformas.

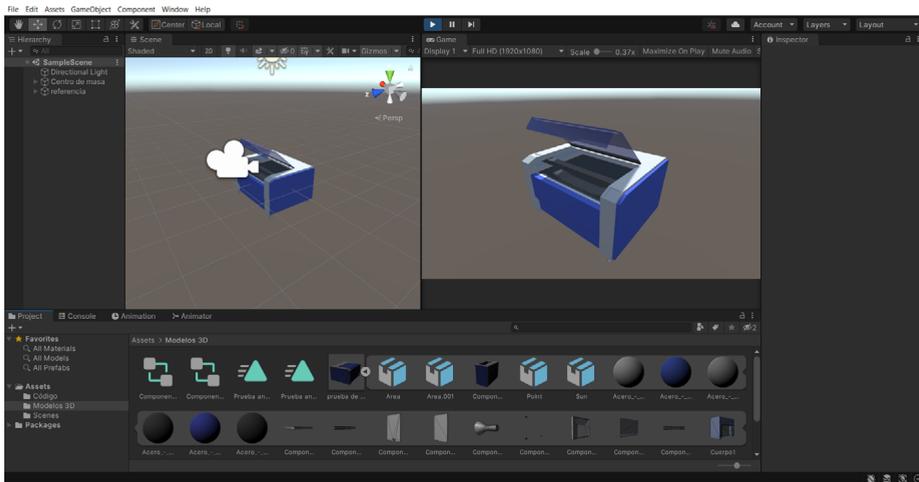


Figura 2. Captura de pantalla del comienzo de integración del modelo en el entorno de Unity.

Se ha decidido utilizar Unity como el motor de desarrollo para el entorno del LDRV en este proyecto. Unity es un software económico y accesible para aquellos que se inician en el desarrollo, con una amplia gama de tutoriales y cursos disponibles para el aprendizaje. Además, cuenta con un módulo específico para aplicaciones industriales llamado Unity Industry (Unity 2024b), que facilita el desarrollo de experiencias 3D de tipo industrial en tiempo real. Además, Unity proporciona herramientas especializadas para la creación de gemelos digital (Unity 2024a), y permite la reutilización de entornos para otros proyectos, lo que puede resultar en un ahorro de recursos.

Dado que se están proporcionando solo los aspectos metodológicos del desarrollo de un LDRV, no se explorará en detalle el proceso de creación de un gemelo digital en Unity. No obstante, se han definido requisitos de diseño basados en las características y recursos disponibles para este proyecto:

- Optimizado y rentable: el entorno creado en Unity debe estar altamente optimizado para minimizar tanto los costos computacionales como los tiempos de carga.

- Interfaz de usuario intuitiva: el entorno debe ser intuitivo y accesible, lo que permitirá una fácil orientación y comprensión tanto para los estudiantes como para los profesores.
- Interactivo: El entorno debe posibilitar que los estudiantes interactúen con el gemelo digital y los parámetros establecidos.
- Multiplataforma: El entorno debe posibilitar el acceso desde una variedad de dispositivos y plataformas, como teléfonos móviles, computadoras personales y plataformas web.
- Múltiples usuarios en paralelo: El entorno debe ser capaz de atender a varios usuarios simultáneamente para asegurar que más de un estudiante pueda acceder al laboratorio docente remoto virtual al mismo tiempo.
- Vinculado a GIDIDP: la interfaz de usuario debe posibilitar la integración del contenido teórico y didáctico disponible en la plataforma Moodle que es el gestor de contenidos de aprendizaje implantado en la ULPGC.

De esta forma, a partir de estas especificaciones de partida se podrá elaborar el LDRV adecuado a los contenidos que se quieren abordar y para los usuarios a los que va a ir dirigido principalmente. Teniendo el modelo del gemelo digital y la forma de implementación en un software rentable, queda por establecer algunas características del sistema y la interfaz con la cual interactuará el usuario, para terminar de definir la experiencia de aprendizaje propuesta para este LDRV.

3.5. Definición de las características del sistema

Como se indicó previamente, uno de los requisitos de diseño del LDRV debe ser su capacidad multiplataforma. Dado que los estudiantes no siempre tienen acceso a una computadora de escritorio, a menudo acceden a plataformas académicas utilizando dispositivos móviles. Por consiguiente, se sugiere que toda la información esencial del LDRV se almacene en un servidor de computación en la nube, mientras que la interfaz de usuario se base en sitios web HTML. Esto permitirá a los estudiantes acceder al laboratorio utilizando cualquier dispositivo, ya sea un teléfono móvil, una tableta o una computadora personal, sin necesidad de instalar software adicional.

Además, la ciberseguridad es uno de los fundamentos de la Industria 4.0, por lo que es imperativo que cada plataforma de software empleada por la

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) esté protegida contra accesos no autorizados. Por ende, la plataforma que facilita el acceso al LDRV debe contar con un sistema de autenticación.

3.6. Diseño de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario (UI) debe ser sencilla, práctica y fácil de navegar. Después de la pantalla de inicio de sesión de la ULPGC, la interfaz propuesta debe motivar al usuario a iniciar la actividad. Se ha planteado presentar inicialmente dos opciones. La primera que permita dirigir al estudiante hacia un recurso didáctico en el que se sintetizan las nociones básicas sobre la tecnología del corte y grabado láser. La segunda opción permitirá acceder directamente al entorno práctico y el usuario encontrará un tutorial breve sobre cómo moverse y operar en este entorno. Una vez visualizado u omitido el tutorial, se mostrará la pantalla principal del LDRV.

En esta pantalla presentará una versión simplificada de una herramienta de programación asistida por ordenador (CAM) para esta tecnología, similar a la que se emplea la actividad cotidiana del taller. En este entorno, se ofrecerá la opción de seleccionar entre varias piezas de ejemplo, con diferente nivel de complejidad. Una vez elegida la pieza de trabajo, el usuario tendrá la capacidad de establecer los parámetros operativos del proceso, entre diferentes alternativas que se le proponen. Una vez definidos estos parámetros, se podrá pasar a la siguiente pantalla, donde se presentará el gemelo digital y el usuario podrá interactuar con él. Los estudiantes podrán manejar la máquina a través de un controlador similar a la que dispone la máquina en realidad, y tendrán la capacidad de abrir y cerrar la puerta de acceso al espacio de trabajo, así como de mover los diferentes ejes de la máquina y ajustar la distancia focal.

Aquí entrará la posibilidad de elegir si el entorno querido es el entorno 3D estándar del ordenador o la realidad aumentada. En el primer caso, el mecanismo de navegación debe imitar a los ya existentes en los softwares de modelado 3D, pues resultará muy intuitivo para alumnos acostumbrados al uso de estas herramientas. Se podrían sintetizar en los siguientes modos:

- Desplazamiento orbital alrededor de la máquina haciendo clic derecho y desplazando el ratón sobre la superficie de la mesa.
- Desplazamiento de paneo haciendo clic en la rueda central del ratón y desplazándolo sobre la superficie de la mesa.
- Zoom moviendo la rueda del ratón

En el caso de la realidad aumentada, esta estaría orientada a su uso en dispositivos móviles. Se utilizaría la cámara frontal de este para localizar el modelo digital en la superficie plana que se tuviera en frente. La forma de navegar por este entorno sería parecida a lo descrito anteriormente, pero utilizando la pantalla táctil para hacer el movimiento orbital, el paneo y el zoom.

Esta última forma de uso estaría orientada a un empleo que no se limitaría a estar fuera de las instalaciones educativas, pudiéndose integrar en la clase como una forma de explicar los contenidos más cercana a los alumnos. A parte, fomentaría el trabajo cooperativo impulsando la interacción y el aprendizaje entre pares en una situación previa al acceso al laboratorio.

Por supuesto, como se había establecido previamente, también se podrá utilizar el dispositivo móvil para acceder a un entorno 3D estándar, teniendo el ambiente que se verá en el ordenador, pero la forma de navegación descrita para la realidad aumentada.

Una vez realizada la preparación previa requerida, se podrá lanzar la ejecución del programa que haya elaborado el estudiante. El usuario podrá ver cómo trabaja tanto la máquina virtual como la real. Esto último se conseguirá a través de un conjunto de vídeos que se grabarán de las diferentes posibles acciones que tomará la máquina. Estos se ejecutarán de forma aleatoria según las posibilidades de que ocurran los diferentes fenómenos. El usuario tendrá la opción de seleccionar entre varios puntos de vista para observar la ejecución del proceso.

Posteriormente, se presentará el resultado obtenido, junto con los parámetros de entrada seleccionados. El estudiante podrá analizar ese resultado y consultar una retroalimentación con la valoración argumentada del resultado alcanzado. Una propuesta de la interfaz de usuario se muestra en las figuras 3 y 4. Una prueba básica de implementación realizada se puede ver en la figura 5.



Figura 3. Pantalla de selección de parámetros de la UI del laboratorio remoto.



Figura 4. Representación en plataforma móvil del gemelo digital en su proyección RA.

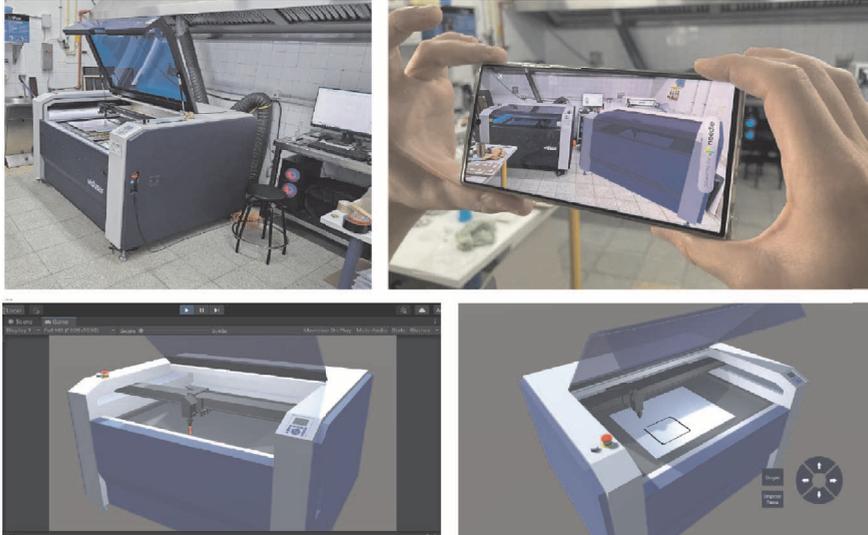


Figura 5. Mosaico (de izquierda a derecha) con una imagen de la máquina real, una prueba de proyección RA del gemelo digital usando el SDK (Software Development Kit) Needle Engine, la implementación del rayo láser en el modelo y un patrón simple generado con el gemelo digital.

3.8. Métodos de evaluación

Una vez desarrollado el LDRV propuesto, éste debe ser analizado y evaluado en detalle para determinar su grado de adecuación y efectividad en un entorno educativo. Se plantearía un experimento que se introduciría en la asignatura “Tecnología de Desarrollo de Productos” de GIDIDP, con un grupo de control de unos 15 estudiantes que realizarían la práctica de laboratorio de forma tradicional y otro grupo experimental de tamaño similar que usarían el LDRV planteado, comparando datos recogidos de ambos para realizar un análisis de los resultados. Para llevar a cabo esta evaluación, se proponen diversos métodos:

- Utilización de cuestionarios estandarizados, como el Cuestionario de Experiencia del Curso (CEQ), para recopilar datos sobre la percepción y satisfacción tanto de docentes como de estudiantes.
- Observaciones directas en el aula para registrar el nivel de participación, interacción de los estudiantes, dificultades, propuestas de mejora, para el uso adecuado del laboratorio docente remoto virtual.

- Implementación de pruebas de evaluación específicas del desempeño del estudiante, desarrolladas con herramientas de evaluación adaptadas a los objetivos de aprendizaje esperados.
- Realización de entrevistas individuales y grupales con estudiantes para obtener información más detallada y cualitativa sobre su experiencia de aprendizaje.
- Registro de indicadores cuantitativos basados en variables relevantes como el tiempo de interacción con el LDRV, número de intentos en los ensayos propuestos, entre otros.

Otras herramientas de evaluación podrán ser complementados posteriormente, siempre y cuando se consideren apropiados y con un costo computacional razonable. Estas pruebas de evaluación se realizarán una vez obtenido un LDRV de corte y grabado láser lo suficientemente complejo como para que tenga el contenido didáctico necesario para que los datos sean relevantes.

4. Discusión

A pesar de que los estudios abalan la eficacia de los laboratorios docentes remotos virtuales, como se ha referenciado en apartados anteriores (Tuttle 2021), su implantación y efectividad debe ser comprobada en el contexto específico de cada caso, al ser una herramienta muy novedosa. Disponer de cada vez más laboratorios de este estilo introducidos en el sistema, lograr obtener datos para ir analizando los efectos a largo plazo y sus necesidades de evolución y mejora. A parte, nos permitirá seguir trazando paralelismos entre los cursos educativos ya existentes, viendo en que aspectos los laboratorios docentes remotos virtuales son capaces de sustituirlos y en qué aspectos son solo un complemento más a algo, por ahora, más efectivo.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que WebGL, la plataforma gráfica con la que Unity exporta para la web, en la actualidad no garantiza la completa compatibilidad con dispositivos móviles. Esto está causado por la carga gráfica que conlleva, siendo más común que funcione en dispositivos de alta gama (Unity 2021), por lo que habrá que hacer pruebas con diferentes tipos de estos dispositivos para asegurar su correcto funcionamiento. Aunque esta empresa está trabajando para solucionar estos problemas, hay que estar al tanto del desarrollo de otros motores como Unreal, por si llegan a ofrecer nuevas funcionalidades que puedan ser de interés para este laboratorio remoto. De la misma forma, hay que estudiar el uso de SDK (*Software Development Kit*)

con Unity, los cuales facilitan el desarrollo de esta clase de proyectos. Un ejemplo que ayuda a la integración de elementos 3D VR o AR en la web y que sean accesibles es *Needle Engine* (Needle Tools 2022).

Enlazando con la posibilidad de necesitar dispositivos de alta gama, otro punto de discusión es el uso de tecnología costosa y no tan accesible para el público mayoritario como lo es la realidad virtual. Es cierto que esta es cada vez más accesible, pudiéndose utilizar incluso dispositivos móviles como soporte para ella, junto con una estructura ergonómicamente adecuada para usar el dispositivo como unas gafas de realidad virtual. Sin embargo, al tratarse de producto orientado a instituciones educativas públicas, la accesibilidad económica en el uso del LDRV debe ser una prioridad. Por tanto, es más factible la implementación de nuevas tecnologías de interacción digital mediante la realidad aumentada y un dispositivo móvil, que mediante la realidad virtual y los periféricos necesarios para ello. A pesar de esto, tampoco se ha de descartar, pudiendo investigarse en un futuro otras formas de poder implementar la realidad virtual de forma más económica.

5. Conclusiones y Líneas Futuras

En este trabajo se ha realizado una aproximación a líneas de innovación educativa emergentes que ofrecen las nuevas tecnologías. Estas ofrecen oportunidades de mejora de los recursos educativos actuales, pudiéndose aplicarse de forma efectiva a la educación en ingeniería. Manteniendo el enfoque sistemático y tecnológico proveniente justamente de las ramas técnicas, pueden generarse grandes avances y sinergias tanto en la educación de la ingeniería como en la aplicación de la ingeniería para el aprendizaje.

La implementación planificada de un laboratorio remoto equipado con tecnología de gemelos digitales tiene el potencial de transformar las metodologías de enseñanza de la ingeniería en la EIIC. Esta iniciativa considera cuidadosamente los recursos disponibles, priorizando la optimización y la eficiencia, y se alinea con el compromiso de la ULPGC con la innovación y la transformación digital en las aulas y laboratorios. Los estudiantes tendrán la oportunidad de participar en entornos inmersivos del mundo real, lo que les permitirá ampliar su comprensión práctica, y desarrollarán habilidades necesarias para su futuro desarrollo profesional en un contexto de continua evolución tecnológica. Asimismo, se espera que esta propuesta de laboratorio remoto sea el punto de partida para una serie de cambios y estrategias innovadoras que contribuyan a mejorar la calidad de la educación en ingeniería tanto en la ULPGC como en otras universidades públicas españolas. Al adoptar este enfoque, las universi-

dades tienen la posibilidad de transformar la experiencia educativa en prácticas de laboratorio para los estudiantes de ingeniería, preparándolos de manera más efectiva para los desafíos que tendrán que enfrentar en su desarrollo personal y profesional.

Como líneas futuras de acción se ha planteado la implementación de nuevas formas de interacción, como la realidad virtual, la realidad mixta o la realidad aumentada. Estas ofrecen una mejor adaptabilidad al entorno educativo presencial en las aulas, siendo útiles cuando no se dispone de los recursos necesarios para llevar a cabo la práctica de laboratorio real. También, se explorará su uso como apoyo complementario a las prácticas presenciales en los laboratorios físicos, pudiendo ofrecer una información mucha más amplia y enriquecida del equipamiento empleado en dichas sesiones. De la misma forma, se pretende analizar la aplicación de algunas herramientas de inteligencia artificial para mejorar los resultados obtenidos de los gemelos digitales. También se pretende aplicar estos laboratorios remotos en actividades de aprendizaje no formal, en formación permanente, como manuales de uso de maquinaria, o para actividades de mantenimiento y solución de problemas.

Referencias

- AGUIRRE, Jonathan. 2016. «Jonathan Aguirre 1 y Claudia De Laurentis 2». *Revista Entramados-Educación y Sociedad*, 3. pp.143–53.
- AUDI, Samer M. 2001. «Remote Labs: Design & Implementation Issues». Tesis de Maestría, Florida Atlantic University. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/250189888?sourcetype=Dissertations&Theses>
- ARGOTA VEGA, Luis Enrique y BRON FONSECA, Bárbara. 2019. «Estudio Sobre Evaluación de Competencias En La Plataforma de Laboratorios Remotos». *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 12 (2). pp. 54–66. Disponible en: <http://publicaciones.uci.cu>
- ARINEZ, Jorge F., QING CHANG, Robert X. GAO, Chengying Xu y JIANJING ZHANG. 2020. «Artificial Intelligence in Advanced Manufacturing: Current Status and Future Outlook». *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME* 142 (11). <https://doi.org/10.1115/1.4047855>
- ASOCIACIÓN-CENTRO-PROMOTOR-DE-APRENDIZAJE-SERVICIO. 2019. «Aprendizaje Servicio». Asociación Centro Promotor de Aprendizaje Servicio. 2019. Disponible en: <https://aprenentatgeservei.cat/>

- BARKER, Lecia Jane, BROPHY, Sean P. y BURROWS, Veronica A. 2006. «The Research Agenda for the New Discipline of Engineering Education». *Journal of Engineering Education*, 95 (4). pp. 259–61. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00900.x>
- BAYÓN-CALVO, Siro, CORRALES-HERRERO, Helena y OGANDO CANABAL, Olga. 2017. «Los Factores Explicativos Del Abandono Temprano de La Educación y La Formación En Las Regiones Españolas».
- BOGHOSSIAN, Peter. 2013. «Pedagogy." *Educational Philosophy and Theory*». 38 (6). <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2006.00226.x>
- CALLE-SUÁRES, Carlos Andrés y QUICHIMBO-ROSAS, Adriana del Rocío. 2021. «Presencia de Metodologías Tradicionales En La Educación Del Ecuador». 7. pp. 1205–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2164>
- CHAMBERS, Keith y SCHWARZ, Michael. 2021. «Manufacturing Operations Transformation».
- CHEVILLE, Alan. 2014. «Defining Engineering Education». 24.357.1-24.357.24. <https://doi.org/10.18260/1-2—20248>
- CONTRERAS ESPINOSA, Ruth S. y EGUIA, Jose Luis. 2016. *Gamificación En Aulas Universitarias*. Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona.
- CORDOVA-WENTLING, Rose Mary y PRICE, Raymond. 2007. «Human Behavior Skills in Engineering Education». *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2—1690>
- DASSAULT SYSTEMES. 2020. *Vaya Más Allá Del Gemelo Digital*. Dassault Systemes.
- FERNÁNDEZ-MELLIZO, María. 2022. *EAU_Informe_abandono*. Disponible en: https://www.universidades.gob.es/wp-content/uploads/2022/11/EAU-Informe_Ejecutivo_abandono_fin2_comenmtadoMinistro.pdf
- GILBERT, Myrna y CORDEY-HAYES, Martyn. 1996. «Understanding the Process of Knowledge Transfer to Achieve Successful Technological Innovation». *Technovation*, 16 (6). pp. 301–12. [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(96\)00012-0](https://doi.org/10.1016/0166-4972(96)00012-0)
- GLASER, Noah, ALZOUBI, Dana, EARNSHAW, Yvonne, SHAFFER, Elisa L. y YANG, Mohan. 2022. «Formative Design and Development of a Three □ Dimensional Collaborative Virtual Learning Environment Through Learning Experience Design Methods». *Journal of Formative Design in Learning*. pp. 63–76. <https://doi.org/10.1007/s41686-022-00072-2>
- GROOVER, Mikell P, BARRIENTOS MORALES, Antonio, LEÓN CÁRDENAS, Javier y REYES ROSALES, Rosendo. 2007. *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. 3ª. México: McGraw-Hill. Disponible en: <https://go.exlibris.link/tpWYc7rz>

- HERNÁNDEZ MEDINA, Carlos Alberto, BÁEZ HERNÁNDEZ, Alexander y CARRASCO FUENTES, Magdalys Alibet. 2020. «Impacto Económico y Social de La Ciencia y La Tecnología En El Desarrollo». *Revista de Ciencia y Tecnología*, 34: 107–14. <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2020.34.015>
- ICICLE. 2024. «ICICLE - Home». 2024. Disponible en: <https://sagroups.ieee.org/icicle/>
- KALPAKJIAN, Serope, SCHMID, Steven R, MURRIETA MURRIETA, Jesús Elmer, FIGUEROA LÓPEZ, Ulises y SANDOVAL PALAFOX, Francisco Javier. 2014. *Manufactura, Ingeniería y Tecnología: Ingeniería y Tecnología de Materiales*. 7th ed. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07429a&AN=ulpgc.706034&site=eds-live>
- KIM, Dong Hyeon, KIM, Thomas J.Y., WANG, Xinlin, KIM, Mincheol, QUAN, Ying Jun, OH, Jin Woo, MIN, Soo Hong, et al. 2018. «Smart Machining Process Using Machine Learning: A Review and Perspective on Machining Industry». *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 5 (4). pp. 555–68. <https://doi.org/10.1007/s40684-018-0057-y>
- LEE, Jay, HOSSEIN DAVARI, Jaskaran Singh y PANDHARE Vibhor. 2018. «Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems». *Manufacturing Letters*, 18. pp. 20–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>
- LÓPEZ ÁLVAREZ, David. 2019. «La Educación En Ingeniería, Un Campo de Investigación Lleno de Futuro». *XXV Jornadas Sobre La Enseñanza Universitaria de La Informática: Murcia, Del 3 Al 5 de Julio de 2019: Actas 4*. pp. 215–22. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/166390/496-3074-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINISTERIO-DE-EDUCACIÓN-Y-FORMACIÓN-PROFESIONAL-Y-DEPORTES. 2023. «Sistema estatal de indicadores de la educación 2023». pp. 85–86. Disponible en: https://www.libreria.educacion.gob.es/libro/sistema-estatal-de-indicadores-de-la-educacion-2023_182384/
- MINISTERIO-DE-EDUCACIÓN-FORMACIÓN-PROFESIONAL-Y-DEPORTES. 2023. «La Tasa de Abandono Educativo Temprano Se Mantiene Estable Con Un 13,9% En 2022». Disponible en: <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/prensa/actualidad/2023/01/20230127-aet.html>
- MYPATI, Omkar, MUKHERJEE, Avishek, MISHRA, Debasish, PAL, Surjya Kanta, CHAKRABARTI, Partha Pratim y PAL, Arpan. 2023. «A Critical Review on Applications of Artificial Intelligence in Manufacturing». *Artificial Intelligence Review*, 56 (October). pp. 661–768. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10535-y>

- NARDI DA SILVA, Isabela, GARCÍA-ZUBÍA, Javier, HERNÁNDEZ-JAYO, Unai, BOSCO, João y ALVES, Mota. 2023. «Extended Remote Laboratories: A Systematic Review of the Literature from 2000 to 2022». *IEEE Access* PP.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.DOI>
- NAVARETE SOLÓRZANO, David Alejandro, RODRÍGUEZ GÁMEZ, María y MOYA MARTÍNEZ, María Elena. 2020. «Active Methodologies in the Classrooms». *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, no. February.
<https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I5/PR2020566>
- NEEDLE TOOLS. 2022. «Needle Engine Documentation». Disponible en:
<https://engine.needle.tools/docs/>
- PANGE, Apostolia, y PANGE, Jenny. 2011. «Is E-learning Based On Learning Theories? A Literature Review». *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 5 (8). pp. 932–36.
- PARROTT, Aaron y WARSHAW, Lane. 2017. «Industry 4.0 and the Digital Twin». *Deloitte University Press*.
- PESA, Marta, BRAVO, Silvia Del Valle, PÉREZ, Silvia y VILLAFUERTE, Manuel. 2014. «Las Actividades de Laboratorio En La Formación de Ingenieros: Propuesta Para El Aprendizaje de Los Fenómenos de Conducción Eléctrica». *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31 (3). pp. 642.
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n3p642>
- QUIROZ, Juan Silva. 2017. «Una Propuesta de Modelo Para Introducir Metodologías Activas En Educación Superior». 17 (73). pp. 15.
- RAJAGOPALAN, Isola. 2019. «The Concept of Teaching». *Journal of Philosophy of Education*, 7 (2). pp. 7–38.
<https://doi.org/https://doi.org/10.34293/education.v7i2.329>
- RAJESH, A. S., PRABHUSWAMY, M. S. y KRISHNASAMY, Srinivasan. 2022. «Smart Manufacturing through Machine Learning: A Review, Perspective, and Future Directions to the Machining Industry». *Journal of Engineering (United Kingdom)* 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9735862>
- RASSUDOV, Lev y KORUNETS, Alina. 2022. «Virtual Labs: An Effective Engineering Education Tool for Remote Learning and Not Only». In *Proceedings - International Workshop on Electric Drives, IWED*. Vol. 2022-January. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
<https://doi.org/10.1109/IWED54598.2022.9722375>

- RED-ESPAÑOLA-APRENDIZAJE-SERVICIO. 2020. «¿Qué Es? - Aprendizaje-Servicio». *Red Española Aprendizaje-Servicio*. 2020. Disponible en: <https://www.aprendizajeservicio.net/que-es-el-aps/>
- RIBAYA MALLADA, Francisco Javier. 2011. «La Gestión Del Absentismo Escolar». pp. 579–96.
- RIVILLA, Antonio Medina y MATA, Francisco Salvador. 2009. *Didáctica General*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- SCHMIDT, Matthew, GLASER, Noah, RIEDY, Tina, RIETTA, Carmen, HUSZTI, Heather, WAGNER, Janelle, SMITH, Gigi, et al. 2022. «Learning Experience Design of an MHealth Intervention for Parents of Children with Epilepsy». *International Journal of Medical Informatics*, 160 (September 2021). 104671. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104671>
- SCHMIDT, Matthew y HUANG, Rui. 2022. «Defining Learning Experience Design: Voices from the Field of Learning Design & Technology». *TechTrends*, 66 (2). pp. 141–58. <https://doi.org/10.1007/s11528-021-00656-y>
- SWARTZ, Robert J., COSTA, Arthur L., BEYER, Barry K y REAGAN, Rebecca. 2008. *El Aprendizaje Pensamiento*. Ediciones SM.
- SWIFT, K. G y BOOKER, J. D. 2013. *Manufacturing Process Selection Handbook*. Butterworth-Heinemann.
- TAO, Fei, XIAO, Bin, QI, Qinglin, CHENG, Jiangfeng y Ji, Ping. 2022. «Digital Twin Modeling». *Journal of Manufacturing Systems*, 64 (July). pp. 372–89. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.015>
- TAWFIK, Andrew A, GATEWOOD, Jessica, GISH, Jaclyn J. y HAMPTON, Andrew J. 2022. «Toward a Definition of Learning Experience Design». *Technology, Knowledge and Learning*, 27 (1). pp. 309–34. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09482-2>
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M^a Teresa. 2014. «Absentismo Escolar: Posibles Respuestas Desde El Centro Educativo School Absenteeism: Some Possible Actions from the School Introducción». 12 (2). pp. 5–27.
- TERKOWSKY, Claudius, FRYE, Silke y MAY, Dominik. 2019. «Online Engineering Education for Manufacturing Technology: Is a Remote Experiment a Suitable Tool to Teach Competences for 'Working 4.0'?» *European Journal of Education*, 54 (4). pp. 577–90. <https://doi.org/10.1111/ejed.12368>
- TORRES SOLER, Luis Carlos. 2013. «Educación En Ingeniería e Ingeniería En Educación». 9 (17). pp. 103–9. <https://doi.org/10.26564/19001355.32>

- TUTTLE, Steven Walter. 2021. «Information Preferences of Engineering Educators Faced with Remote Laboratory Adoption Decisions». *University of Technology Sydney*.
- UNITY. 2021. «Compatibilidad del navegador con WebGL - Unity Manual». 2021. Disponible en:
<https://docs.unity3d.com/es/2021.1/Manual/webgl-browsercompatibility.html>
- UNITY. 2024. «Experiencias 3D en tiempo real para la industria». 2024. Disponible en: <https://unity.com/es/industry>
- UNITY. 2024. «Unity Industry». 2024. Disponible en:
<https://unity.com/es/products/unity-industry>
- VEGA-GONZÁLEZ, Luis Roberto. 2013. «La Educación En Ingeniería En El Contexto Global: Propuesta Para La Formación de Ingenieros En El Primer Cuarto Del Siglo XXI». *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14 (2). pp. 177-90.
[https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72235-2](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72235-2)
- WANKAT, Phillip C y OREOVICZ, Frank S. 2015. *Teaching Engineering, Second Edition*. Second edi. Purdue University Press Books.
- WU, Jiaju, YANG, Yonghui, CHENG, X. U.N., ZUO, Hongfu y CHENG, Zheng. 2020. «The Development of Digital Twin Technology Review». *Proceedings - 2020 Chinese Automation Congress, CAC 2020*, 4901-6. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CAC51589.2020.9327756>
- ZAMORA MUSA, Ronald. 2012. «Laboratorios Remotos: Actualidad y Tendencias Futuras». *Scientia et Technica Año XVII*, 51. pp. 113-18.