

Experiencias en formación virtual de ingeniería: una reseña bibliográfica sistematizada

Rosa Romero Alonso, Paula Manzo Olivares, Paula Sepúlveda Cerón & María Muñoz Rozas

Vicerrectoría Académica, Instituto Profesional IACC, Santiago, Chile

rosa.romero@iacc.cl, paula.manzo@iacc.cl, paula.sepulveda@iacc.cl, maria.munoz@iacc.cl

Resumen— Los nuevos alcances de la tecnología y la masificación de internet han permitido que se desarrollen experiencias enriquecedoras para la formación de ingenieros en formatos virtuales. Fue desarrollada una revisión bibliográfica sistematizada utilizando las bases de datos WOS, ERIC y SCIELO, en esta se analizan 58 publicaciones dedicadas a la formación de ingenieros con métodos virtuales. Los resultados permiten categorizar las investigaciones en nueve temas relevantes entre los cuales destacamos el uso de laboratorios remotos y virtuales, elementos de diseño para la formación en línea, métodos 3D y estudios sobre la participación de estudiantes. Se observa un alto interés por desarrollar este tipo de iniciativas en distintas partes del mundo. Las publicaciones revisadas se han centrado casi exclusivamente en probar el aporte de iniciativas específicas para la mejora del aprendizaje, motivación y participación. Algunas aplicaciones fomentan el desarrollo del pensamiento científico. No se observan estudios sobre planes de formación de ingenieros en formato 100% online.

Palabras Clave— formación de ingenieros, aprendizaje online, aprendizaje virtual, metodologías virtuales.

Recibido: 13 de abril de 2022. Revisado: 15 de junio de 2022. Aceptado: 10 de julio de 2022.

Experiences in virtual engineering training: one literature review

Abstract— The new scope of technology and the massification of the Internet have allowed the development of enriching experiences for the training of engineers in virtual formats. We developed a systematized bibliographic review using the WOS, ERIC and SCIELO databases in which 58 publications dedicated to the training of engineers with virtual methods are analysed. The results allow the research to be categorized into nine relevant topics, among which we highlight the use of remote and virtual laboratories, design elements for e-learning training, 3D methods, and studies on student participation. There is a high interest in developing this type of initiative in different parts of the world. They have focused almost exclusively on testing the contribution of specific initiatives to improve learning, motivation, and participation. Some applications promote the development of scientific thinking. There are no studies on engineering training plans in 100% online format.

Keywords— training of engineers, online education, virtual learning, e-learning, virtual methods.

1 Introducción

La formación virtual ha pasado a ser parte de la realidad en muchos programas de ingeniería. Se han realizado, en distintas medidas, experiencias para fortalecer la formación a partir de la inclusión de aulas virtuales, laboratorios y otra serie de experiencias que implican la introducción de algunas estrategias basadas en *e-learning*. La pandemia por el COVID-19 llevó también a muchas instituciones a tener que de manera

obligatoria desarrollar una metodología virtual para la continuidad de estudios durante la emergencia, llevando a las escuelas de ingeniería a instalar distintas estrategias basadas principalmente en el uso de aulas virtuales [1], [2].

En estos programas de estudio se ha reconocido la importancia de la educación remota y se ha promovido fuertemente el desarrollo de recursos que permitan la experimentación a partir de escenarios virtuales; es como se ha observado que los laboratorios remotos han pasado a ser parte de las estrategias implementadas en instituciones a nivel mundial y el avance en su desarrollo, así como las mejoras de programación han permitido que se adapten a distintas formaciones en esta línea [3].

La identificación del *e-learning* como una alternativa flexible para la formación de un mayor número de potenciales estudiantes con características heterogéneas [4], junto a una creciente evolución tecnológica y de acceso a las TIC, ha confluído para la instalación de modalidades formativas basadas en la virtualidad y su crecimiento en los últimos años [5]. Esta expansión de los programas de formación virtual se relaciona con la necesidad de la educación permanente a lo largo de la vida profesional y permiten el acceso y el desarrollo profesional de los estudiantes que, por sus circunstancias personales y profesionales, demandan una formación más flexible y autónoma [6].

La aplicación de estrategias prácticas a partir de la experimentación remota [7], el uso de aulas virtuales [8], el análisis de la participación de los estudiantes [9], [10], la comprensión de contenidos complejos [11], [12], el desarrollo de realidad 3D para el aprendizaje de STEM [13], [14], son solo algunas de las aplicaciones que actualmente se integran en una intensidad diferenciada en distintas formaciones de ingeniería a lo largo del mundo.

Analizar el estado de la investigación sobre experiencias de formación virtual para ingenieros, parece una iniciativa de valor para comprender el alcance de los cambios que se han observado en el último tiempo, respecto de la inclusión de métodos virtuales en esta disciplina. Identificar las iniciativas de formación virtual en la formación de ingenieros a escala internacional, caracterizar estas experiencias y describir tendencias respecto al tipo de iniciativas y su estado de desarrollo, puede contribuir a la proyección de la formación de ingenieros bajo la modalidad virtual acercando métodos y

estrategias a las distintas instituciones en el mundo que están detrás de innovar y hacer accesible la formación en estas disciplinas.

2 Metodología

El estudio presentado se basa en una revisión bibliográfica sistematizada, tipo de investigación perteneciente al género científico de los llamados trabajos de revisión que nacen y son especialmente utilizadas en ciencias biomédicas y de la salud, centrados específicamente en el análisis de literatura científica que permita dar cuenta del estado del arte en un área de conocimiento o de ámbitos de investigación. Su función es la identificación de las tendencias y corrientes principales en un área, así como la detección de huecos y oportunidades de investigación [15].

Se considera que las revisiones sistematizadas constan de al menos cuatro fases: búsqueda, evaluación, análisis y síntesis [16]. En base al seguimiento riguroso de estas etapas fue posible la elaboración de esta investigación.

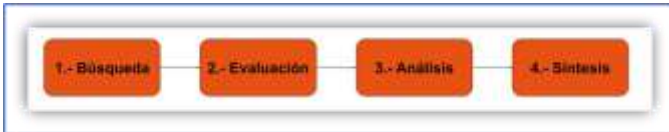


Figura 1. Fases de estudio clásico de revisión

Fuente: adaptado de [16].

El proceso de búsqueda consideró en primer lugar una selección de las bases de los datos sobre las cuales se fundamentó el proceso de búsqueda de los artículos. El estudio se asienta sobre publicaciones indexadas en bases de datos reconocidas, como son: WOS (Web of Science, propiedad de la empresa Clarivate Analytics), Eric (Education Resources Information Center del Instituto de Ciencias de la Educación del Departamento de Educación de los Estados Unidos) y Scielo (Scientific Electronic Library Online, iniciativa de la Fundación para el Apoyo a la Investigación del Estado de São Paulo y del Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud).

Una vez identificadas las principales bases de datos, se definieron las palabras clave de la investigación, en este caso se determinaron los principales términos de búsqueda. Luego, se definió la estrategia de búsqueda, utilizando para ello los operadores lógicos "OR" y "AND". Esto permitió elaborar la siguiente fórmula específica de búsqueda: ("*virtual learning*" OR *elearning* OR "*online education*") AND ("*engineering*"), además del filtro cronológico que restringe la búsqueda a los últimos 5 años, es decir, 2017-2021. Con esta fórmula fue posible seleccionar 265 documentos.

Después de finalizar con el proceso de búsqueda, se realizó una evaluación de la información recopilada, descartando todos aquellos artículos duplicados y a los que se les aplicó los criterios de inclusión:

- Corresponder a investigaciones que abarcaran iniciativas de formación virtual
- Pertenecer al tema de estudiantes de ingeniería
- Hacer referencia a la Educación Superior

Criterios con los que debían cumplir los estudios candidatos. Esta técnica permitió descartar todos aquellos estudios que no estaban enfocados en la investigación, especialmente si cumplían con los siguientes criterios de exclusión:

- Escritos sobre diseño y programación de algoritmos para el desarrollo de programas virtuales
- Análisis teórico de cómo deben ser las clases virtuales
- Algunos libros y artículos a los que no se pudo tener acceso cuyos resúmenes no eran detallados para explicar el contenido de estos

Conforme a las pautas de selección señaladas anteriormente, se recopiló un total de 58 documentos conformados por artículos publicados en revistas científicas y actas de congresos internacionales indexadas.

El análisis de contenido se realiza basado en un enfoque de estructuración del contenido, cuyo foco es identificar y conceptualizar aspectos seleccionados del material y describir sistemáticamente el contenido con respecto a dichos aspectos o temas [17]. Inicialmente, se aplica un proceso de codificación selectiva de la información [18], para luego ordenar los datos en categorías en base a temas encontrados que se convierten en unidades de análisis, luego consensuar las categorías de análisis final en función de la literatura, para interpretar y sintetizar los principales hallazgos [19].

3 Resultados

Se ha subdividido este capítulo en dos partes. Primeramente, se ha incluido una información general respecto a los artículos encontrados: las fuentes, zonas geográficas y caracterización respecto a métodos, bases de datos y temas. Como segunda parte se incluye un análisis de contenido específico del corpus analizado y sus implicancias para la investigación en el ámbito de la formación virtual de ingenieros.

3.1 Análisis general de las publicaciones encontradas

Tal como se indicó en el punto anterior, uno de los criterios para la inclusión de los documentos fue su publicación durante los últimos 5 años. Es así como la distribución de las publicaciones durante este segmento temporal nos permite decir que la mayoría de ellas fue publicada en los años 2017 y 2020 (ver Fig. 2). Durante los 5 años seleccionados para la investigación se encontraron publicaciones periódicas que muestran resultados sobre experiencias en educación online de ingenieros, siendo esto un tema permanente en la literatura científica analizada.

Como se explica en detalle en el apartado de metodología, para esta investigación se utilizaron tres motores de búsqueda reconocidos: ERIC, WOS y Scielo. Respecto a la mayor cantidad de publicaciones seleccionadas, el 85% corresponde a WOS, seguido por ERIC con un 12% de las publicaciones y el resto de ellas (3 %) se encontró en la base de datos Scielo. La mayoría de los documentos analizados fueron encontrados en la base de datos WOS; tal como se muestra en la Fig. 3.

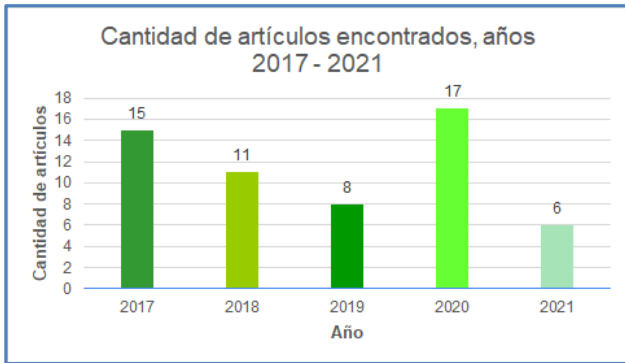


Figura 2. Distribución de publicaciones en los últimos cuatro años. Fuente: Las autoras.



Figura 3. Motores de búsqueda utilizados en la investigación. Fuente: Las autoras.

Es importante indicar que en esta investigación se incluyeron documentos de distintas zonas geográficas. La mayoría de las publicaciones seleccionadas corresponden a estudios desarrollados en países del continente americano, con un 33% aproximadamente. Seguido a ello, se incluye España (8 artículos, correspondiente al 14% aprox.), luego USA (5 artículos, correspondiente al 9% aprox.) y Brasil (4 artículos, correspondiente al 7% aprox.). En la Fig. 4 se muestran las zonas (áreas coloreadas) donde se localizaron los documentos incluidos en esta reseña.



Figura 4. Cantidad de artículos de interés encontrados por zona geográfica. Fuente: Las autoras.

Por otro lado, el tipo de publicaciones encontradas que fueron analizadas en esta investigación corresponden a 35

artículos de revistas científicas y 23 a presentaciones en congresos internacionales indexados (ver Fig. 5).

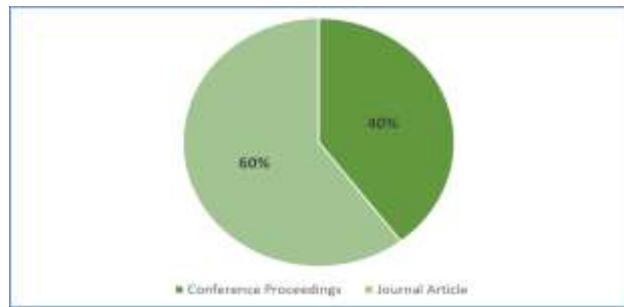


Figura 5. Proporción de artículos de revistas y Presentaciones en Congresos. Fuente: Las autoras

En la Fig. 6 se muestra una clasificación general de los temas principales de las publicaciones científicas encontradas a partir del número de artículos publicados sobre formación virtual en estudiantes de ingeniería de educación superior; siendo la prueba de recursos el tema mayormente localizado. Además, se incluyen publicaciones sobre el uso de software, realidad 3D, uso de laboratorios virtuales, entorno virtual de aprendizaje, participación de estudiantes, experiencias online durante la pandemia, internacionalización de experiencias virtuales y diseño de cursos virtuales.

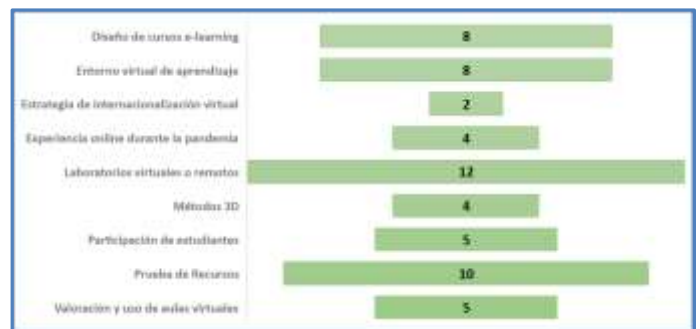


Figura 6. Temas identificados.

Fuente: Las autoras.

De los 58 documentos seleccionados hemos identificado 9 temáticas específicas que dan cuenta del contenido de dichas publicaciones. En el punto siguiente se explicará en detalle cada uno de estos temas encontrados, vale decir que, en el tema “prueba de recursos” se incluyen todas aquellas investigaciones que identifican el valor pedagógico de alguna experiencia virtual basada en estrategias o recursos específicos, mientras en el segundo tema con mayor número de estudios reportados sobre “entorno virtual de aprendizaje” se refiere a aquellas investigaciones en las que se describe el uso de una plataforma específica para la enseñanza virtual a carreras de ingeniería.

3.2 Análisis de contenido

En este apartado se hará una descripción específica de lo encontrado en los distintos artículos a partir de su contenido temático.

3.2.1 Sobre el diseño de cursos *e-learning*

Son ocho los estudios analizados que se dedican a describir cómo se han diseñado los cursos *e-learning* para estudiantes de ingeniería. Un grupo se centra en elementos relacionados con diseño gráfico y tipo de recursos como es el caso de Kumar et al., [20] quienes se focalizan en los efectos de la estética visual en el *e-learning*, observando que, ciertos tipos de diseño, específicamente el conjunto temático gris, tienen un efecto positivo para la comprensión de los contenidos. También, comprueba que en esta tendencia no hay diferencias de género, desmitificando la idea de que el género femenino se incline a diseños positivos. En esta línea, otra investigación [21] presenta una comparación de cuatro diseños de agentes virtuales (agentes realistas, semirealistas, estilizados y caricaturescos) para analizar las emociones que generan, encontrando que los agentes virtuales diseñados lograron mantener la atención.

Por su parte [22] con base a la experiencia en cursos abiertos masivos destacan la importancia del diseño para obtener una alta tasa de finalización, identificando que, si bien el conocimiento previo de los estudiantes es crucial, que el diseño tenga énfasis en el aprendizaje autónomo y progresivo es parte del éxito. También enfatizan en que se incluyan clases magistrales cortas y directas y en la relevancia al apoyo social para la motivación de los estudiantes. Otro estudio similar [23] proporciona interesantes resultados sobre la valoración que realiza respecto a la experiencia emocional de los usuarios de un ambiente virtual de aprendizaje (EmoViLE), reconociendo que la recopilación de información cualitativa ha sido clave para beneficiar a estudiantes al mejorar la experiencia de usuario y aumentar su compromiso con las actividades del ambiente virtual de aprendizaje, y para el docente al ayudarlo a comprender mejor a su estudiante y a presentar un plan futuro eficiente para su evaluación del aprendizaje.

La investigación [24] presenta una revisión de los métodos pedagógicos actuales para diseñar programas de estudio para la educación en el campo de la ingeniería eléctrica e informática. Recomendando modelos mixtos que permitan desarrollar las habilidades y destrezas de ingeniería experimental a partir del uso de laboratorios y simulaciones remotas, sus conclusiones son similares a las de la investigación desarrollada por Araujo [25]. A su vez, una experiencia analiza el comportamiento de tres conjuntos de nuevos recursos de aprendizaje integrados en una plataforma formativa, verificando que los recursos dinámicos e interactivos no solo ayudan a los estudiantes a aprender los conceptos presentados y sentirse más preparados al entrar en el laboratorio, sino que, lo hacen mejor que los recursos estáticos [26].

Por último, si bien esta investigación puede describirse como una experiencia de innovación curricular, sus resultados proporcionan información relevante en el diseño de cursos virtuales, indicando el efecto de impartir un curso online flexible que los estudiantes pueden tomar en su segundo, tercer, cuarto o quinto año del programa. Los resultados indican diferencias entre la relación de los estudiantes con el material y los resultados de aprendizaje, indicando que el tipo de material de instrucción debe adaptarse al año de los

estudiantes en su programa, simplificándolos en la medida que se dictan para estudiantes de años superiores [27].

3.2.2 Sobre el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA)

El uso de plataformas de aprendizaje es una necesidad en la formación virtual. Sus características, aplicaciones y formas de trabajo en las mismas, son parte del abordaje que hace el *e-learning*; y determina una serie de características del proceso pedagógico a implementar. En esta línea se encontraron ocho documentos.

En primera instancia, en [28] analizan patrones de plataformas colaborativas para ciencia, tecnología e innovación, llegando a la conclusión que es importante que una plataforma reciba permanentemente retroalimentación de los usuarios, indicando que el diseño de una plataforma virtual debe basarse en un trabajo colaborativo para promover la interconexión entre proyectos académicos, la formación y la empresa.

En un camino parecido se enmarca el trabajo presentado en la investigación [29] que señala las ventajas de VPL (*Virtual Programming Lab*), un *plug-in* desarrollado específicamente para Moodle que permite la evaluación automática y la retroalimentación rápida. Mientras que otra experiencia [30] se centra en una solución llamada Sloodle que se combina con Moodle mejorando la motivación de los estudiantes y estimulando la sensación de inmersión durante la realización de las actividades.

En la lógica de aplicaciones que desarrollan habilidades de experimentación o simulación está otra investigación [8] basada en el diseño y la implementación de una aplicación web para la simulación de procesos de una planta de energía térmica (sistema de quemador de gas). A la vez que en otra investigación [31], se describe el uso de una aplicación sobre plantas de refrigeración industrial, basada en entornos virtuales de aprendizaje. En ambas investigaciones se enfatiza el valor de estas simulaciones, las necesidades técnicas para su implementación y las posibilidades que entregan al enriquecer la formación de ingenieros con experiencias prácticas basadas en aplicaciones virtuales.

Se identifican otras experiencias que analizan el rol docente y la participación en comunidades de aprendizaje utilizando las plataformas virtuales. En uno de estos estudios [32], se midió el potencial de la aplicación de aprendizaje asistido por realidad virtual en comparación con el aprendizaje asistido por instructor y el aprendizaje asistido por video, llegando a la conclusión de que los estudiantes preferían la mediación del docente, pero, además, descubre el valor de la realidad virtual para desarrollar interés "cognitivo" y en cuanto a su sensación de "accesibilidad". Mientras que en [33] se reconoce la importancia de la personalización que puedan hacer los docentes en la creación de contenidos en una plataforma virtual Moodle, mejorando la empatía y compromiso de los estudiantes. Así, también, en otra investigación [34] se comprueba cómo mejorar el inglés técnico en una carrera de Ingeniería Civil a través de la participación de los estudiantes en una comunidad virtual de aprendizaje.

3.2.3 Estudios que describen experiencias de formación online durante la pandemia

Las investigaciones reportadas nos hacen observar que las experiencias en la formación online de ingenieros durante la pandemia han sido diversas y han tenido también distintos resultados. Se detectaron importantes falencias además de lo esperado como problemas técnicos y logísticos. Se encontró preocupación por la privacidad de las personas, falta de compromiso por parte de los estudiantes no acostumbrados a la modalidad, quienes además presentaron dificultad para mantenerse atentos y expresaron fatiga después de extensas sesiones en línea.

Autores [1] concluyen que varios problemas influyeron negativamente en la educación de ingeniería en línea, incluidos los problemas logísticos / técnicos, los desafíos de aprendizaje / enseñanza, las preocupaciones de privacidad y seguridad y la falta de suficiente capacitación práctica. Más de la mitad de los estudiantes indicaron falta de compromiso en clase, dificultad para mantener su enfoque y fatiga por Zoom después de asistir a múltiples sesiones en línea. Mientras que, otra investigación [2] al presentar la experiencia de dos universidades españolas y una peruana, observa que los estudiantes universitarios de ambos países dominan el uso de tecnologías digitales mucho más que el instructor promedio. Además, se constata la adquisición de competencias digitales para los tutores como una tarea pendiente, con características similares en ambos países. A la vez que otra investigación [35], en base a la progresión del desempeño de los estudiantes, observan que, con el cambio a una modalidad virtual, el desempeño de los estudiantes no disminuyó, pasando al 89% frente al 83% del año anterior 2019. Además, comprueban que, en todos los cursos impartidos en el primer semestre de 2020, los estudiantes mantuvieron o subieron su puntaje. Sin embargo, los estudiantes han expresado sus problemas con los módulos prácticos en formato virtual. Se observa a través de la experiencia que los cursos necesitan una actualización rápida.

Un último estudio presenta como una facultad de ingeniería mecánica en el sistema de educación superior alemán, tuvo que transformar la estrategia de enseñanza dual en un tiempo limitado, probando una colección de herramientas, sus funciones, ventajas, desventajas basado en la retroalimentación de tres fuentes (estudiantes, profesores y medio profesional) para proporcionar una evaluación profunda y criterios de adaptación en la enseñanza digital. Se analiza también el potencial de la enseñanza digital o híbrida en ingeniería [36].

3.2.4 Estrategia de internacionalización virtual

Encontramos dos publicaciones que se dedican al tema de la internacionalización a partir de formación virtual. Por una parte [37] analizó la posibilidad de complementar las experiencias de los estudiantes entrantes a las carreras de ingeniería en Alemania por medios digitales (conferencias en línea, laboratorios remotos, etc.) con universidades de 25 países. Al realizar esta experiencia por tres años indican su valor para preparar a los estudiantes antes de una pasantía física, acondicionando a estudiantes y profesores para distintas culturas académicas; ya sea en los distintos idiomas o en las

materias que se revisarán en las universidades de acogida. Mientras que, a partir del proyecto UbiCamp, dedicado a la preparación de los estudiantes para participar de actividades de movilidad estudiantil en la Educación Superior Europea, se evidencia que, en la impartición de idiomas, los estudiantes valoran como herramienta efectiva las videoconferencias, en primer lugar, mientras que se observa un muy bajo interés en desarrollar las actividades relacionadas con conocimiento sociocultural. Por último, respecto al diseño, los docentes que se sienten más cómodos enseñando, son aquellos que manejan competencias para adaptar contenidos y herramientas a las necesidades detectadas en las clases [38].

3.2.5 Sobre la participación de los estudiantes

Un factor que se ha estudiado tiene relevancia en el éxito de la formación online, dice relación con los niveles de participación de los estudiantes, es por lo que ha sido tema de interés de varios estudios en la formación de ingenieros bajo esta modalidad.

En los diversos estudios en que se analiza la participación de los estudiantes, se observa que prefieren plataformas conocidas por ellos, y que mantienen una activa participación en los foros de discusión y en los cuestionarios de autoevaluación. También se observó que el apoyo del tutor docente juega un papel muy importante en el nivel de participación de los estudiantes. Una forma de propiciar esta participación ha sido la inclusión de cuestionarios de autoevaluación y foros de discusión, es el caso de dos investigaciones [39] [40] que mejoran los resultados de aprendizaje integrando esta estrategia. También se ha probado incluir otras redes sociales con este mismo fin, [9] encontrando que una red estructurada como Facebook es más adecuada para las interacciones de aprendizaje.

Por otra parte, en [10] se identifica como desafíos pedagógicos y técnicos, al adoptar *SimProgramming*, el desarrollo de estrategias para estimular esta interacción, en particular para fomentar trabajando en equipo, y con ello, controlar el mantener los plazos, así como la deserción y el aislamiento social de los estudiantes. Mientras que, otra investigación [41], observa una correlación entre el nivel de satisfacción de los estudiantes y su nivel de participación en los cursos virtuales estudiados. También se observó que, el apoyo del tutor había jugado un papel importante en la configuración del nivel de satisfacción de los estudiantes.

3.2.6 Laboratorios virtuales y remotos

Dentro de la literatura analizada, un número importante reporta experiencias de uso de laboratorios virtuales o remotos para la formación de ingenieros en modalidad online. Los laboratorios en línea han ido creciendo en las universidades porque permiten que los estudiantes aprendan a distancia, pero implementarlos, en general, suele ser muy costoso [12], su estudio muestra el desarrollo de un laboratorio remoto, utilizando tecnologías nuevas de bajo costo, para ser practicado en ingeniería de control de Informática y Control Automático, en una universidad a distancia española (UNED). Es la misma lógica que aplican

otras dos investigaciones [42], [43], que prueban el desarrollo de aplicaciones como un sustituto virtual para pruebas de laboratorio de ingeniería eléctrica.

Varios estudios [44]-[46] centran sus análisis en la inclusión de laboratorios remotos/virtuales, exponiendo cómo estos laboratorios se desarrollaron/integraron en cursos en línea, en complemento a plataformas tradicionales de educación a distancia, mejorando la efectividad del aprendizaje al apoyar la educación a distancia. Destacan su utilidad y lo consideran como experiencia fundamental para el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería fuera de las limitaciones de espacio y tiempo.

Por otra parte, se analiza la posibilidad de los laboratorios remotos para promover la calidad, la inclusión, la educación equitativa y las oportunidades de aprendizaje permanente para todos sus estudiantes. Es el caso de la Universidad Internacional de La Rioja, la cual implementa este laboratorio remoto para la formación en ingeniería a personas con movilidad reducida y que se encuentran dispersas geográficamente. Se resalta el que participantes con discapacidad tengan mayor satisfacción y éxito académico a lo largo de su etapa formativa, utilizándolos [11].

En su estudio [47] encontraron que al realizar un laboratorio virtual de Ingeniería de Bioprocesos, los estudiantes obtuvieron una comprensión más profunda y les proporcionó una experiencia mucho más asequible y segura. Otra experiencia en esta línea identifica beneficios para la formación práctica de simulación y control de un proceso neumático, deduciendo que un laboratorio virtual ayuda a los estudiantes a percibir el funcionamiento de sistemas complejos [48]. A la vez, en enseñanza de programación, se prueba la aplicación GUITestMigrator que aborda el desafío de evaluar las distintas asignaciones de codificación de aplicaciones móviles permitiendo a los profesores evaluar en línea y no manualmente cada diseño programado. Sus resultados vislumbran la posibilidad de aplicarlo en evaluaciones y otras actividades de simulación en línea[49].

La complementación de laboratorios virtuales o remotos con otras metodologías es posible de observar en [50], [51]. El primero, refiere un sistema de programación y control de robots móviles (CPE) y sus aplicaciones pedagógicas, *permitiendo a los estudiantes realizar experimentos con un robot móvil, probarlo y validarlo de forma remota*. Mientras el segundo, exhibe la integración de crowdsourcing (proceso para obtener información o hacer que los participantes completen tareas en Internet) junto a la utilización de un laboratorio virtual. En ambos se observa un alto nivel de interés por parte de los estudiantes y una mejora en sus puntajes académicos, y específicamente en el segundo, además, una valoración por parte de los docentes que observan cómo la herramienta de crowdsourcing les permite contextualizar mejor la formación.

Dentro de las experiencias revisadas por cada uno de los autores, la mayoría coinciden en que los laboratorios implementados fueron un aporte para el aprendizaje de los estudiantes, al utilizarse como un recurso complementario a las plataformas de educación en línea existentes.

3.2.7 Métodos 3D

Se incorporan herramientas de aprendizaje en el entorno de realidad virtual para apoyar el aprendizaje en ingeniería, donde se evidencia la ventaja del uso de tecnología para la enseñanza.

En una de las investigaciones encontradas se presenta un innovador proyecto de educación superior dual basado en 3D VR implementado por especialistas de E.ON. (Compañía eléctrica), que aprovecha la experiencia práctica y los beneficios del espacio MaxWhere 3D VR para respaldar los procesos cognitivos de los estudiantes y la memorización a largo plazo [52]. Por su parte, en [53] se describe el desarrollo de SKOPE VR, un sistema para la interacción inmersiva dentro de un entorno de realidad virtual (VR) de 3 dimensiones diseñado para enseñar a los estudiantes de arquitectura, ingeniería y construcción, señalando ventajas del uso de esta tecnología para la enseñanza.

Otra investigación presenta un entorno virtual de aprendizaje 3D interactivo para la medición constructiva y parámetros geométricos de Gear Hobs, permitiendo a los estudiantes aprender a usar diferentes tipos de herramientas de medición 3D por adelantado en el espacio virtual y luego realizar las mismas mediciones en el laboratorio real. Se prueba que el entorno 3D aumenta significativamente las posibilidades para el procesamiento y análisis matemático, almacenamiento y documentación de todas las mediciones de los estudiantes [54].

En esta línea, destacamos un documento [55] que realiza una revisión literaria sobre sistemas de Realidad Virtual en cursos introductorios de biología a nivel universitario; y muestra cómo los agentes o avatares de tutoría inteligentes apoyan el concepto de aprender haciendo. El artículo propone una guía para la construcción de cursos que favorezcan la enseñanza aprendizaje; desde el aprender haciendo.

3.2.8 Prueba de Recursos

Varias de las investigaciones encontradas hacen referencia a la probatura de algún recurso digital o estratégico para mejorar el aprendizaje virtual de los estudiantes de ingeniería.

Un primer grupo de experiencias prueba recursos para gestionar el aprendizaje en línea, poniendo énfasis en estrategias que permitan identificar la interacción profesores estudiantes, es el caso de la experiencia realizada en la Universidad Autónoma de Yucatán [56]. Por otro lado, la probatura del programa MicroMasters Emerging Automotive Technologies desarrollado por la Universidad Tecnológica de Chalmers [57], incluye análisis de datos de encuestas previas y posteriores al curso más estudios de actividad. Esto ha permitido también vislumbrar comportamientos de aprendizaje y con ello aportar a su gestión. A la vez que la experiencia [58] centrada en técnicas de minería de procesos, aplicando el software "*Inductive Miner*", descubre modelos de autorregulación de los estudiantes que contribuyen a mejorar el proceso instruccional. Sus hallazgos indican que los estudiantes que aprobaron siguieron la lógica de un proceso de aprendizaje autorregulado exitoso y participaron de acciones relacionadas con el aprendizaje colaborativo apoyado en foros. Mientras en la experiencia [59] se propone un sistema de apoyo integral

basado en el análisis de casos, recursos virtuales de apoyo, discusión y retroalimentación automatizada. El estudio evidencia una visión positiva frente al acceso a los distintos recursos electrónicos, pero enfatiza en la necesidad de un conocimiento técnico más avanzado para la construcción de medios de calificación y retroalimentación automatizada.

Otros estudios se centran en estrategias y herramientas para la evaluación, a la vez que se preocupan por la efectividad del aprendizaje virtual. En [60] analizan los diferentes tipos de evaluaciones aplicadas en aulas virtuales que permitan comprobar el progreso de los estudiantes; entre sus conclusiones, verifican que las pruebas con opciones múltiples no permiten dar cuenta de la calidad del conocimiento obtenido, en el caso de las pruebas de respuestas cortas o cálculos, sí son apropiadas. Mientras que una investigación sobre dificultades o facilidades para vulnerar la integridad de las evaluaciones pudo centrarse en la facilidad con que se pueden realizar estas actividades cuando las evaluaciones se toman en equipos de propiedad de los estudiantes y propone contramedidas que serían más fáciles de implementar con los exámenes electrónicos [61]. A la vez que un tercer estudio se centra en probar la efectividad del aprendizaje virtual en modalidades híbridas, identificando que no hubo diferencias significativas en los resultados de aprendizaje, independiente de comenzar o terminar con la modalidad online [62].

Un tercer grupo de estudios se centra en probar el valor pedagógico de incluir diversas herramientas para análisis de casos prácticos. Así, en [63] se muestran resultados positivos frente a la incorporación de herramientas tecnológicas, utilizadas para casos prácticos, resolución de elementos numéricos, en cursos de ingeniería; los estudiantes evidenciaron mayor retención de conocimientos. Mientras que en otro trabajo, el [64] se impulsa el aprendizaje autónomo promoviendo aplicaciones para la inclusión de casos prácticos y simulaciones relacionadas con el entorno profesional al que los estudiantes tendrán que enfrentarse en el futuro. Un último estudio se propuso integrar el programa de Ingeniería de Control a partir de resolución de problemas y educación emprendedora utilizando en base a *Teach less learn more*. Se concluye con una propuesta que incluye planes de estudios que primero abarcan contenidos conceptuales, su aplicación práctica y luego habilidades formativas de mercado [65].

3.2.9 Estudios sobre la valoración y el uso de las aulas virtuales

En la formación *e-learning* es fundamental contar con infraestructura tecnológica que apoye adecuadamente el proceso educativo, en esta línea, dos estudios encontrados analizan la valoración en sus cursos de las aulas virtuales

En la investigación [66] identifican cómo la disponibilidad de una infraestructura tecnológica y recursos adecuados terminan siendo aspectos que inciden significativamente en la valoración de los programas educativos bajo la modalidad virtual. Mientras que por otro lado en [67] se observa, si bien los estudiantes pueden evaluar un entorno virtual como adecuado, puede no demostrarse su efectividad para la comunicación con los docentes. A su vez, la investigación [68]

comprueba que se percibe como favorable la transformación de planes de estudio en cursos presentados en línea.

El estudio [69] tiene su foco en revelar diferencias de género importantes en cursos de ingeniería y comprueba la existencia de diferencias en el aprendizaje virtual de las ciencias. Un último estudio [70] concluye que se necesita mayor compromiso y conciencia de los estudiantes sobre las actividades en línea y la participación. Observan que la participación de los estudiantes en los foros y chat, a la vez que la interacción de estos con la plataforma social implementada con vídeos no logró estimular el aprendizaje, ya que los estudiantes muestran claras preferencias por utilizar plataformas sociales como el *WhatsApp* o la conversación presencial.

La mayoría de las investigaciones coinciden en que es fundamental contar con una infraestructura tecnológica y recursos adecuados que apoyen y favorezcan el resultado del aprendizaje en línea. Se mencionan como principal desventaja las fallas técnicas que pueden ocurrir, sin embargo, de manera general, se valoran los programas educativos bajo la modalidad virtual. Aunque estas últimas 2 investigaciones nos permiten ver que la modalidad no subsana deficiencias o enfoques del aprendizaje que pueden estar internalizados en las estrategias de trabajo implementadas y adquiridas en cualquier forma que sean impartidas las clases. Sabemos que existen tecnologías que propician un aprendizaje activo, pero su potencial debe ser desarrollado a partir de los enfoques que los formadores entreguen a la disciplina [71].

4 Conclusiones

La creciente evolución tecnológica, el acceso a las TIC y la búsqueda de nuevas oportunidades educativas han motivado a las diversas instituciones de educación superior a desarrollar experiencias en ingeniería bajo una modalidad *e-learning*.

El interés por documentar este tipo de iniciativas no solo se remite a países con un alto desarrollo tecnológico, sino que también es posible observar experiencias en distintas localizaciones, de lo cual da cuenta este estudio que pesquisa en distintos países y regiones del mundo.

Nuestro análisis nos permite observar que las instituciones de educación superior han creado cursos en la modalidad *e-learning*, integrado parcialmente esta modalidad o como un componente específico de asignatura; pero no se encontraron experiencias que den cuenta de todo un programa formativo en modalidad virtual.

Respecto a nuestros hallazgos sobre el *diseño de cursos e-learning*, se hace presente la importancia de diseños personalizados, de acuerdo con las características propias de los estudiantes [72] y para lo cual se puede tener en consideración elementos clave o diferenciadores como el rendimiento académico [27],[28]. A la vez que la dimensión gráfica, sin sesgos de género, también juega un papel interesante de tener en consideración [73], el dinamismo e interacción deben ser un foco central del diseño, así como la facilidad de acceso y uso [74]. Varios estudios se inclinan por modelos de aprendizaje mixtos [75], [76].

De acuerdo con los textos analizados sobre el *Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA)*, el valor de estos dispositivos es reconocido y se está en permanente búsqueda de mejores alternativas [32] para la participación y accesibilidad, y su uso efectivo [31], se destaca el valor de Moodle [30] y el uso de herramientas sincrónicas y asincrónicas en estos ambientes, [77], mientras que se promueve la autoexpresión de los docentes en la creación de contenidos, comunicación y el ajuste de la interfaz, para su uso efectivo [78].

Referente a los estudios que describen *experiencias de formación online durante la pandemia*, se observa una tendencia a observar con detención los factores que afectaron su efectividad, indicando la importancia de la competencia digital docente como elemento clave y la necesidad de fortalecerla.

Sobre los dos artículos correspondientes a la *estrategia de internacionalización virtual*, se observa como los formatos digitales pueden hacer más atractiva la estadía o intercambio de los estudiantes [79]; además de permitir una formación lingüística y comunicación previa relacionada a los entornos de intercambio [80], se observa la necesidad de mayor formación en competencias TIC a los docentes que participan en dichas iniciativas. De todas formas, aún se cuenta con muy pocas experiencias documentadas y éstas se han implementado parcialmente.

Sobre la *participación de los estudiantes* tres de los cinco artículos observan un gran compromiso de parte de los estudiantes con sus estudios; por otra parte, esperan la inclusión de redes sociales más utilizadas en su entorno cercano.

Mientras el uso de *métodos 3D* se va abriendo paso en los cursos de ingeniería, transversalmente se señala que esta metodología es una forma eficaz de aprendizaje para los estudiantes y los ayuda a comprender mejor los procesos, ya sean, mecánicos, industriales, de construcción, etc. Los estudiantes consideran que usar esta metodología en el entorno virtual es útil, divertido y atractivo [13].

Específicamente sobre *laboratorios virtuales y remotos* se destaca el apoyo brindado al estudiante para mejorar la comprensión de fenómenos, el funcionamiento de sistemas complejos y la profundización de principios técnicos. Teniendo en consideración que esta tecnología plantea desafíos de costos y escalabilidad [12]

La *prueba de recursos* da cuenta de diversas experiencias, recomendando cursos online o híbridos [62]; mejorando la satisfacción de los estudiantes [63], [81] desarrollando la resolución de problemas, impulsando el aprendizaje autónomo y la autorregulación [82]; promocionando las interacciones entre profesores y estudiantes [57], [59]; probando efectividad y desarrollo de competencias para disciplinas específicas, [60]. Por otro lado, se atiende a una posible debilidad de los sistemas en línea indicando su vulnerabilidad hacia la copia de exámenes electrónicos [61]

Conforme a lo analizado sobre la *valoración y el uso de las aulas virtuales* se razona que la experiencia de los cursos online resultó favorable, tanto para profesores como estudiantes; provocando interés en el entorno virtual de aprendizaje. De igual modo, se observa que los cursos online contribuyen a los programas, aumentando la percepción de los estudiantes sobre

la calidad de la educación recibida. Sin embargo, se debe cuidar su efectividad previendo fallas técnicas en la web [83].

Desde una perspectiva transversal, varias investigaciones recomiendan complementar la educación virtual con clases magistrales cortas y directas más acciones de apoyo social; ya sea para resaltar conceptos propios de lo estudiado, motivar, comunicar en foros y dar seguimiento a dudas. Estos investigadores sugieren modelos de enseñanza y aprendizaje mixtos complementando la formación profesional de los futuros ingenieros. Las experiencias virtuales, en estos modelos, proporcionan conocimientos previos sobre un tema en términos de fundamentos, metodología, preparación, e incluso, ejecución de acciones concretas, produciendo datos para su análisis posterior en la presencialidad.

Los estudios analizados nos llevan a inferir que la utilización de simuladores, robots, laboratorios remotos, entre otros recursos virtuales, permiten al estudiante observar factores, esquemas, opciones, variables, respecto a su posible comportamiento en el mundo real y adelantar resultados; dándole la oportunidad al estudiante de hipotetizar y probar, con lo que se estimula el desarrollo del pensamiento científico. Lo que se traduce en una oportunidad de aprendizaje generado a partir de la integración de dichas tecnologías en los procesos formativos.

Se observa que las tareas a implementar para el diseño de un curso o asignatura en una modalidad virtual requieren bastante tiempo y, por lo general, implican alto costo para las instituciones de educación; pero a la vez, esta virtualización les entrega flexibilidad y escalabilidad a los procesos formativos; y además, bien guiado, puede ser un activador del proceso de aprendizaje.

Las limitaciones de este estudio están referidas al alcance temático de los buscadores o bases de datos seleccionadas. Es posible que un número de experiencias no hayan sido pesquiasadas bajo la fórmula de búsqueda definida. El marco temporal abarcado considera lo publicado desde 2017 a junio de 2021.

La educación virtual en la realidad post pandemia se ha presentado como un potencial que puede dar valor al proceso educativo, permitiéndoles transgredir las limitaciones de espacio y tiempo, e incluso, llegar a personas con diversas capacidades; lo que aporta hacia la construcción de un futuro más sostenible e inclusivo.

Es una necesidad aportar al repositorio de investigación sobre educación superior virtual, para fortalecer esta modalidad y estudiar sus potencialidades en amplitud. Las temáticas a ser investigadas deben enfocarse no solo en la probatura de recursos que se ponen a disposición del aprendizaje, sino, además, en analizar en profundidad el proceso de enseñanza-aprendizaje virtual y su aporte a la formación de ingenieros, los factores que intervienen, la gestión de calidad, entre otros temas relevantes.

Referencias

- [1] S. Asgari, J. Trajkovic, M. Rahmani, W. Zhang, R. C. Lo y A. Sciortino, "An observational study of engineering online education during the COVID-19 pandemic," *PLoS ONE*, vol. 16, no. 4, pp. 1–31, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0250041.

- [2] M. García-alberti, F. Suarez, I. Chiyónorte y C. Mosquera, “Desafíos y experiencias de la evaluación en línea en los cursos de ingeniería civil durante el bloqueo del aprendizaje debido a la pandemia COVID-19,” *Education Sciences*, vol. 11, no. 59, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci11020059>
- [3] K. A. A. Gamage, D. I. Wijesuriya, S. Y. Ekanayake, A. E. W. Rennie, C. G. Lambert y N. Gunawardhana, “Online delivery of teaching and laboratory practices: Continuity of university programmes during COVID-19 pandemic,” *Education Sciences*, vol. 10, no. 10, pp. 1–9, 2020, doi: 10.3390/educsci10100291.
- [4] C. Hart, “Factors associated with student persistence in an online program of study: A review of the literature,” *Journal of Interactive Online Learning*, vol. 11, no. 1, pp. 19–42, 2012.
- [5] OCDE, *Education at a Glance*. Paris: OECD Publishing, 2018. doi: <https://doi.org/10.1787/eag-2018-en>.
- [6] H. J. Choi y B. U. Kim, “Factors Affecting Adult Student Dropout Rates in the Korean Cyber-University Degree Programs,” *Journal of Continuing Higher Education*, vol. 66, no. 1, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1080/07377363.2017.1400357.
- [7] E. K. Faulconer y A. B. Gruss, “A review to weigh the pros and cons of online, remote, and distance science laboratory experiences,” *International Review of Research in Open and Distance Learning*, vol. 19, no. 2, pp. 155–168, 2018, doi: 10.19173/irrodl.v19i2.3386.
- [8] V. Calofir *et al.*, “Implementation of e-Learning Concept for Industrial Control System. A Case Study,” in *The 14th International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 2018, pp. 380–386.
- [9] S. Eneje, S. O. Sanni y C. F. Pereira, “Engagement in a Virtual Learning on Two Social Networks of An Engineering course using the Social Network Analysis- An approach using a case study,” *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, vol. 2020-August, Aug. 2020, doi: 10.1109/CCECE47787.2020.9255723.
- [10] D. Pedrosa *et al.*, “Challenges Implementing the SimProgramming Approach in Online Software Engineering Education for Promoting Self and Co-regulation of Learning,” 2020. doi: 10.23919/ilrn47897.2020.9155183.
- [11] M. Perales, L. Pedraza y P. Moreno-Ger, “Work-in-progress: Improving online higher education with virtual and remote labs,” *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, vol. April-2019, pp. 1136–1139, Apr. 2019, doi: 10.1109/EDUCON.2019.8725272.
- [12] J. Chacon, J. Saenz, L. de La Torre, J. M. Diaz y F. Esquembre, “Design of a Low-Cost Air Levitation System for Teaching Control Engineering,” *Sensors*, vol. 17, no. 2321, pp. 1–18, 2017, doi: 10.3390/s17102321.
- [13] G. I. Ivanova, A. Ivanov y M. Radkov, “3D virtual learning and measuring environment for mechanical engineering education,” in *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2019 - Proceedings*, May 2019, pp. 1463–1468. doi: 10.23919/MIPRO.2019.8756940.
- [14] S. Vassigh, F. R. Ortega, A. Barreto, K. Tarre y J. Maldonado, “Use of 3D human-computer interaction for teaching in the architectural, engineering and construction fields,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2018, vol. 10908 LNCS, pp. 149–159. doi: 10.1007/978-3-319-92052-8_12.
- [15] L. Codina, “Revisiones Bibliográficas Sistematizadas,” *BMC Research Notes*, vol. 5, p. 87, 2018.
- [16] M. J. Grant y A. Booth, “A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies,” *Health Information and Libraries Journal*, vol. 26, no. 2, pp. 91–108, Jun. 2009, doi: 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x.
- [17] M. Schreier, “Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten,” *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, vol. 15, no. 1, 2014, [Online]. Available: <https://goo.gl/BPQZ2Z>
- [18] J. Saldaña, *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. London: SAGE Publications, 2013.
- [19] K. M. Staller, “Qualitative analysis: The art of building bridging relationships,” *Qualitative Social Work*, vol. 14, no. 2, pp. 145–153, 2015, doi: 10.1177/1473325015571210.
- [20] J. A. Kumar, B. Muniandy y W. A. J. W. Yahaya, “Exploring the effects of visual aesthetics in e-learning for engineering students,” *Knowledge Management & E-Learning*, vol. 10, no. 3, pp. 250–264, 2018, doi: 10.1136/bmjopen-2017-021264.
- [21] M. Vicens y M. A. Ahmad Zamzuri, “The effect of valence and arousal on virtual agent’s designs in quiz based multimedia learning environment,” *International Journal of Instruction*, vol. 13, no. 4, pp. 903–920, 2020, doi: 10.29333/iji.2020.13455a.
- [22] E. Gómez-Llanos y P. Durán-Barroso, “Learning Design Decisions in Massive Open Online Courses (MOOC) Applied to Higher Education in Civil-Engineering Topics,” *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 8430*, vol. 12, no. 20, p. 8430, Oct. 2020, doi: 10.3390/SU12208430.
- [23] M. Mokhsin, A. A. Aziz, A. Z. Shahuddin, A. M. Lokman y M. S. Idris, “Web-based virtual learning environment (EmoViLe) with emotive interface feature,” *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 9, no. 4S, p. 430, Jan. 2018, doi: 10.4314/jfas.v9i4s.25.
- [24] A. Adăscălitei, S. Arădoai, M. Temneanu y A. S. El-Din Zein El-Din, “Implement online laboratories in electrical and computer engineering education using virtual learning environments,” in *eLearning and Software for Education Conference*, 2019, pp. 162–170. doi: 10.12753/2066-026X-19-159.
- [25] R. T. S. Araujo, F. N. S. Medeiros, M. E. S. Araujo, K. P. Lima, N. M. S. Araujo y F. A. A. Rodrigues, “A statistical analysis of the learning effectiveness in online engineering courses,” *IEEE Latin America Transactions*, vol. 15, no. 2, pp. 300–309, Feb. 2017, doi: 10.1109/TLA.2017.7854626.
- [26] C. Tseloudi y S. Lancaster, “Students’ perceptions of dynamic and interactive learning resources for engineering lab preparation,” *INTED2020 Proceedings*, vol. 1, pp. 1718–1726, Mar. 2020, doi: 10.21125/INTED.2020.0553.
- [27] E. Watson, L. F. Marin, L. N. White, R. Macciotta y L. M. Lefsrud, “Blended Learning in an Upper Year Engineering Course: The Relationship between Students’ Program Year, Interactions with Online Material, and Academic Performance,” *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, vol. 11, no. 3, 2020, doi: 10.5206/cjsotl-rcacea.2020.3.8270.
- [28] J. Jurado Muñoz y H. Bustamante Montaña, “Método de especificación de patrones colaborativos para plataformas de ciencia, un enfoque desde la gestión de conocimiento,” *Campus virtuales: revista científica iberoamericana de tecnología educativa*, vol. 6, pp. 23–37, 2017.
- [29] J. M. Cardoso, A. Vieira de Castro, R. Barroso, A. Rocha y R. Marques, “Introducing vpl on a programming learning process,” in *EDULEARN18 Proceedings*, Jul. 2018, vol. 1, pp. 8499–8508. doi: 10.21125/EDULEARN.2018.1981.
- [30] F. B. Nunes *et al.*, “A dynamic approach for teaching algorithms: Integrating immersive environments and virtual learning environments,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 9999, pp. 1–20, 2017, doi: 10.1002/cae.21833.
- [31] F. E. Yanchapanta, B. S. Santo y H. C. Terán, “Training with Virtual Learning Environments for Industrial Refrigeration Systems You may also like Need Analysis of Interactive Multimedia Development for Virtual Learning in Pandemic J F Lempas, S Soenarto and A D Barahama-Towards Virtual Technology Visi,” in *Journal of Physics: Conference Series 1335*, 2019, p. 012012. doi: 10.1088/1742-6596/1335/1/012012.
- [32] S. Try, K. Panuwatwanich, G. Tanapornraweekit y M. Kaewmoracharoen, “Virtual reality application to aid civil engineering laboratory course: A multicriteria comparative study,” *Computer Applications in Engineering Education*, no. April 2021, pp. 1–35, 2021, doi: 10.1002/cae.22422.
- [33] L. da Silveira Espindola y M. Selbach Silveira, “Self-expression and discourse continuity in a multilevel EUD environment: The case of moodle,” *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 40, pp. 36–50, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.jvlc.2017.04.003.
- [34] J. A. Gutiérrez-de-Piñeres, “El curso de inglés técnico constituido como una comunidad de aprendizaje virtual generador de competencias comunicativas en ingeniería civil,” *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 12, no. 24, p. 101, Jul. 2017, doi: 10.26507/rei.v12n24.798.
- [35] C. Simoes *et al.*, “Virtual learning approach to biological engineering courses in Uruguay during COVID-19,” *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, Apr. 2021, doi: 10.1108/heswbl-08-2020-0199.
- [36] A. Rivas, A. González-Briones, G. Hernández, J. Prieto y P. Chamoso, “Artificial neural network analysis of the academic performance of students in virtual learning environments,” *Neurocomputing*, vol. 423, pp. 713–720, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.neucom.2020.02.125.

- [37] N. Strenger, D. May, T. Ortel, D. Kruse, S. Frerich y A. E. Tekkaya, "Internationalization and Digitalization in Engineering Education," *Jun. 2017*. doi: 10.4995/head17.2017.5289.
- [38] R. M. Ferreira, A. A. J. Fuente y R. P. Perez, "UbiCamp: results of a pilot interchange of virtual mobility," *Journal of Yaşar University*, vol. 12, pp. 26–41, Jan. 2018.
- [39] R. Chowdhury, "Industry-Practice-Based Engineering Hydrology Education at USQ, Australia," *Education Sciences*, vol. 9, 2013.
- [40] L. Salas-Morera, A. Arauzo-Azofra y L. García-Hernández, "Analysis of Online Quizzes As a Teaching and Assessment Tool," *Journal of Technology and Science Education*, vol. 2, no. 1, pp. 39–45, 2012, doi: 10.3926/jotse.30.
- [41] Y. B. Rajabalee y M. I. Santally, "Learner Satisfaction, Engagement and Performances in an Online Module: Implications for Institutional E-Learning Policy," *Education and Information Technologies*, vol. 26, no. 3, pp. 2623–2656, 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10375-1>.
- [42] J. Knox *et al.*, "Integration of Mixed Reality into an Engineering Laboratory Experience for Online Students," in *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, Oct. 2019, vol. 2019-October. doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028701.
- [43] O. Mohamed, Z. Bitar, A. Abu-Sultaneh, and W. A. Elhajja, "A simplified virtual power system lab for distance learning and ABET accredited education systems," *International Journal of Electrical Engineering Education*, vol. 0, no. 0, pp. 1–30, 2021, doi: 10.1177/0020720921997064.
- [44] D. Pástor, J. Jiménez, G. Arcos, M. Romero, and L. Urquiza, "Patrones de diseño para la construcción de cursos on-line en un entorno virtual de aprendizaje TT - Design patterns for building online courses in a virtual learning environment," *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 26, no. 1, pp. 157–171, 2018.
- [45] J. Dong, T. B. Soeiro, J. Koeners, and P. Bauer, "Online Laboratory Sessions for the Education of Electrical Machines and Drives," in *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2020, vol. 2020-June, pp. 430–435. doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152517.
- [46] W. Halimi, C. Salzmann, and D. Gillet, "Access to massive open online labs through a MOOC," *L@S 2017 - Proceedings of the 4th (2017) ACM Conference on Learning at Scale*, pp. 331–334, Apr. 2017, doi: 10.1145/3051457.3054017.
- [47] M. Seifan, N. Robertson, and A. Berenjian, "Use of virtual learning to increase key laboratory skills and essential non-cognitive characteristics," *Education for Chemical Engineers*, vol. 33, pp. 66–75, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.ece.2020.07.006.
- [48] C. A. Garcia, J. E. Naranjo, E. Alvarez-M, and M. V. Garcia, "Training virtual environment for teaching simulation and control of pneumatic systems," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 11613 LNCS, pp. 91–104, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-25965-5_8.
- [49] F. Behrang and A. Orso, "Test migration for efficient large-scale assessment of mobile app coding assignments," *ISSTA 2018 - Proceedings of the 27th ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis*, no. 1, pp. 164–175, 2018, doi: 10.1145/3213846.3213854.
- [50] M. S. Dos Santos Lopes, I. P. Gomes, R. M. P. Trindade, A. F. da Silva, and A. C. de C. Lima, "Web Environment for Programming and Control of a Mobile Robot in a Remote Laboratory," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 526–531. doi: 10.1109/TLT.2016.2627565.
- [51] S. Lalit Mohan, P. Raman, V. Choppella, and Y. R. Reddy, "A crowdsourcing approach for quality enhancement of eLearning systems," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2017, no. February, pp. 188–194. doi: 10.1145/3021460.3021483.
- [52] Z. Kvasznicza, J. Kovacs, G. Maza, and M. Peli, "VR based Duale education at E.ON the win-win-win situation for companies, graduates and universities," in *10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2019 - Proceedings*, Oct. 2019, pp. 479–482. doi: 10.1109/CogInfoCom47531.2019.9089961.
- [53] S. Vassigh, F. R. Ortega, A. Barreto, K. Tarre, and J. Maldonado, "Use of 3D human-computer interaction for teaching in the architectural, engineering and construction fields," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2018, vol. 10908 LNCS, pp. 149–159. doi: 10.1007/978-3-319-92052-8_12.
- [54] G. I. Ivanova, A. Ivanov y M. Radkov, "3D virtual learning and measuring environment for mechanical engineering education," in *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2019 - Proceedings*, May 2019, pp. 1463–1468. doi: 10.23919/MIPRO.2019.8756940.
- [55] M. Lytras y P. Papadopoulou, "Virtual reality systems for introductory biology labs: an integrated survey of industry solutions," in *12th international conference DisCo 2017*, 2017, pp. 430–445.
- [56] A. Esquivel, V. Menéndez, A. Zapata y P. Canto, "Interactions between students, professors and contents in a learning management system," *EDULEARN18 Proceedings*, vol. 1, pp. 5212–5218, Jul. 2018, doi: 10.21125/EDULEARN.2018.1267.
- [57] C. Stöhr, "The Micromasters concept as a mixed blessing - first experiences from developing a Mooc program in 'emerging automotive technologies,'" in *10th International Conference on Education and New Learning Technologies. EDULEARN 2018*, 2018, pp. 6572–6580. doi: 10.21125/edulearn.2018.1565.
- [58] R. Cerezo, A. Bogarín, M. Esteban y C. Romero, "Process mining for self-regulated learning assessment in e-learning," *Journal of Computing in Higher Education 2019 32:1*, vol. 32, no. 1, pp. 74–88, May 2019, doi: 10.1007/S12528-019-09225-Y.
- [59] K. Yotovska, A. Asenova y V. Slavov, "E-Learning Process Elements in a University Course of Pre-Service Biology Teachers and Engineers (in a Virtual Learning Environment)," *ICERI 2018 Proceedings*, vol. 1, no. March 2019, pp. 8953–8960, 2018, doi: 10.21125/iceri.2018.0065.
- [60] N. Logunova, M. Nikitushkina, A. Lapus y P. Voronina, "Analysis of test types for ongoing and milestone evaluation of students in virtual learning environment," *10th International Conference on Education and New Learning Technologies. EDULEARN 2018*, vol. 1, pp. 10465–10474, Jul. 2018, doi: 10.21125/EDULEARN.2018.2541.
- [61] A. Chirumamilla, G. Sindre y A. Nguyen-Duc, "Cheating in e-exams and paper exams: the perceptions of engineering students and teachers in Norway," *Assessment and Evaluation in Higher Education*, vol. 45, no. 7, pp. 940–957, 2020, doi: 10.1080/02602938.2020.1719975.
- [62] H. He, H. K. Hunt y J. Strobel, "Switching Modalities: An Empirical Study of Learning Outcomes and Learners' Perceptions in a Hybrid Bioengineering Course*," *International Journal of Engineering Engineering Education*, vol. 36, no. 3, pp. 901–918, 2020, Accessed: Mar. 02, 2022. [Online]. Available: https://www.ijee.ie/1atestissues/Vol36-3/09_ijee3921.pdf
- [63] J. C. Tudon-Martinez, D. Hernandez-Alcantara, M. Rodriguez-Villalobos, O. Aquines-Gutierrez, C. A. Vivas-Lopez y R. Morales-Menendez, "The effectiveness of computer-based simulations for numerical methods in engineering," in *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, Sep. 2020, vol. 14, no. 3, pp. 833–846. doi: 10.1007/S12008-020-00673-W.
- [64] N. Novas Castellano *et al.*, "Creation of interactive teaching materials for the subjects of industrial engineering," *EDULEARN18 Proceedings*, vol. 1, pp. 1927–1934, Jul. 2018, doi: 10.21125/EDULEARN.2018.0551.
- [65] E. Pop, C. Alexandrescu, G. Ilcea y I. Popa, "Possibilities of using blended learning in control engineering with application at systems theory," in *10th International Conference on Education and New Learning Technologies. EDULEARN 2018*, Jul. 2018, vol. 1, pp. 435–445. doi: 10.21125/EDULEARN.2018.0188.
- [66] N. Segovia-García y E. Said-Hung, "Factores de satisfacción de los alumnos en e-learning en Colombia TT - Factors of Student Satisfaction with E-learning in Colombia," *Revista mexicana de investigación educativa*, vol. 26, no. 89, pp. 595–621, 2021.
- [67] M. Peinado Morales, P. Aparicio Martínez, MD. Redel Macías, MP Dorado, S. Pinzi y MP Martínez Jimenez, "Characterization of biodiesel using virtual laboratories integrating social networks and web app following a ubiquitous- and blended-learning," *Journal of Cleaner Production*, vol. 215, pp. 399–409, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.098.
- [68] B. Hammad, A. Al-Zoubi y M. Castro, "Harnessing technology in collaborative renewable energy education," *International Journal of Ambient Energy*, vol. 41, no. 10, pp. 1118–1125, 2020, doi: 10.1080/01430750.2018.1501751.
- [69] E. Christophel y W. Schnotz, "Gender-specific covariations between competencies, interest and effort during science learning in virtual

- environments,” *Frontiers in Psychology*, vol. 8, no. OCT, Oct. 2017, doi: 10.3389/fpsyg.2017.01681.
- [70] J. Castellanos, P. A. Haya y J. Urquiza-Fuentes, “A Novel Group Engagement Score for Virtual Learning Environments,” *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 10, no. 3. pp. 306–317, 2017.
- [71] T. Y. Pletyago, A. S. Ostapenko y S. N. Antonova, “Pedagogical models of blended learning: On the experience of Russian and foreign practice of design and implementation,” *Obrazovanie i Nauka*, vol. 21, no. 5, pp. 112–129, 2019, doi: 10.17853/1994-5639-2019-5-113-130.
- [72] E. Gómez-Llanos y P. Durán-Barroso, “Learning Design Decisions in Massive Open Online Courses (MOOC) Applied to Higher Education in Civil-Engineering Topics,” *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 8430*, vol. 12, no. 20, p. 8430, Oct. 2020, doi: 10.3390/SU12208430.
- [73] J. A. Kumar, B. Muniandy y W. A. J. W. Yahaya, “Exploring the Effects of Visual Aesthetics in E-Learning for Engineering Students,” *Knowledge Management & E-Learning*, vol. 10, no. 3. pp. 250–264, 2018.
- [74] M. Mokhsin, A. A. Aziz, A. Z. Shahuddin, A. M. Lokman y M. S. Idris, “Web-based virtual learning environment (EmoViLe) with emotive interface feature,” *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 9, no. 4S, pp. 430–448, 2017, doi: 10.4314/jfas.v9i4s.25.
- [75] V. Muniady y A. Z. Mohamad Ali, “The Effect of Valence and Arousal on Virtual Agent’s Designs in Quiz Based Multimedia Learning Environment,” *International Journal of Instruction*, vol. 13, no. 4. pp. 903–920.
- [76] A. Adăscăliței y S. T. Arădoaei, “Blended Teaching and Learning Solutions for Electrical Engineering Study Programs,” in *15^o International Scientific Conference on e-learning and software for education (eISE)*, 2019, pp. 162–170. doi: 10.1109/SIELMEN.2019.8905868.
- [77] J. A. Gutiérrez-de-Piñeres, “El curso de inglés técnico constituido como una comunidad de aprendizaje virtual generador de competencias comunicativas en ingeniería civil,” *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 12, no. 24, p. 101, 2017, doi: 10.26507/rei.v12n24.798.
- [78] L. da Silveira Espindola y M. Selbach Silveira, “Self-expression and discourse continuity in a multilevel EUD environment: The case of moodle,” *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 40, pp. 36–50, 2017, doi: 10.1016/j.jvlc.2017.04.003.
- [79] N. Strenger, D. May, T. Ortelt, D. Kruse, S. Frerich y A. E. Tekkaya, “Internationalization and Digitalization in Engineering Education,” in *3rd International Conference on Higher Education Advances, HEAD’ 17*, 2017, pp. 558–565. doi: 10.4995/head17.2017.5289.
- [80] R. Ferreira Menéndez, A. J. Fuente Aquilino, M. García Gómez y D. Fernández Camacho, “Improving sociocultural outcomes for students in the higher education through participation on virtual mobility: the ubicamp experience,” *Int J Eng Educ*, vol. 33, no. Extra 6 (Parte B), pp. 2050–2060, 2017.
- [81] N. Novas Castellano *et al.*, “Creation of interactive teaching materials for the subjects of industrial engineering,” *10th International Conference on Education and New Learning Technologies. EDULEARN 2018*, vol. 1, pp. 1927–1934, Jul. 2018, doi: 10.21125/EDULEARN.2018.0551.
- [82] R. Cerezo, A. Bogarín, M. Esteban y C. Romero, “Process mining for self-regulated learning assessment in e-learning,” *Journal of Computing in Higher Education 2019 32:1*, vol. 32, no. 1, pp. 74–88, May 2019, doi: 10.1007/S12528-019-09225-Y.
- [83] G. A. Martínez y N. Jiménez, “Analysis of the use of virtual classrooms at the university of Cundinamarca, Colombia,” *Formación Universitaria*, vol. 13, no. 4, pp. 81–92, 2020, doi: 10.4067/S0718-50062020000400081.

P. M. Olivares es Ingeniera en Química y Medio Ambiente en 2009 de la Universidad de Magallanes en Punta Arenas - Chile. Con más de 11 años de experiencia en docencia en diferentes instituciones de educación superior, en modalidad virtual y presencial desde el área ambiental, ciencias y desarrollo de proyectos. Participa en desarrollo curricular de varias carreras de ingeniería a partir del desarrollo de programas de asignaturas, manuales y material didáctico. Participa también en formación continua en temas de ISO 14.001, 9001, BPM y HACCP. Experiencia en gestión académica como responsable del área de Proyectos de Medio Ambiente, Control de Calidad y Gestión en empresas de servicios de ingeniería y procesos industriales.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6151-2761>

P. Sepúlveda Cerón es Ingeniera Industrial por la Universidad de Santiago de Chile en 2004, con más de 12 años de experiencia profesional dedicados a la docencia en distintas instituciones de educación superior. Posee experiencia en introducción y desarrollo de nuevos productos al mercado en el área logística minera, comercial, marketing, administración, control financiero a empresas nacionales líderes en su industria.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2918-4291>

M. Muñoz Rozas es Ingeniera en Prevención de Riesgos, Calidad y Medio Ambiente por la Universidad Tecnológica de Chile INACAP en 2009. Experta Profesional en Prevención de Riesgos, la experiencia laboral se liga principalmente al área de construcción, en empresas del rubro químico y de servicios. En el área educacional, se ha desarrollado como docente en diferentes instituciones de educación superior, así como también en el rubro de formación continua en empresas.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2068-0384>

R. Romero Alonso es Doctora en Pedagogía por la Universidad de Barcelona en 2013, magíster en Educación por la Universidad de Chile en 2006, profesora de Historia y Geografía por la Universidad Metropolitana de ciencias de la Educación en 1995. Ha sido profesora de Postgrado en distintos programas maestría para profesores desde 2010 en universidades chilenas y españolas. Desarrolla investigación sobre *b-learning*, *e-learning*, competencias TIC docentes, innovación y creencias sobre innovación educativa en educación superior. Ha participado en desarrollo de políticas públicas para la integración de las TIC en procesos de aprendizaje.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2800-5092>