

# Enseñanza de la manufactura esbelta en entornos virtuales y presenciales

Ana Julia Acevedo-Urquiaga <sup>a</sup>, Rosa Nathaly Lay-De-León <sup>a</sup>, Neyfe Sablón-Cossío <sup>b</sup>,  
José Antonio Acevedo-Suárez <sup>c</sup>, Flor Maritza Jaimés-Plata <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería y Afines, Fundación Universitaria San Mateo, Bogotá, Colombia.

<sup>b</sup> Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

<sup>c</sup> LOGESPRO, Universidad Tecnológica de La Habana, La Habana, Cuba.

<sup>d</sup> Facultad de Ingeniería, Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Bogotá, Colombia.

[anajacevedo@sanmateo.edu.co](mailto:anajacevedo@sanmateo.edu.co), [rnathaly1@sanmateo.edu.co](mailto:rnathaly1@sanmateo.edu.co), [nsablonsossio@gmail.com](mailto:nsablonsossio@gmail.com),  
[acevedo@tesla.cujae.edu.co](mailto:acevedo@tesla.cujae.edu.co), [fjaimesp@ecci.edu.co](mailto:fjaimesp@ecci.edu.co)

**Resumen**— La aparición de la pandemia y el consiguiente traslado total de las actividades académicas a entornos virtuales, ha supuesto un reto para los docentes. En el caso de las ingenierías es importante destacar que el aprendizaje experiencial que debe ser incorporado, es un desafío extra. Al asumir una asignatura como manufactura esbelta dentro del programa de Ingeniería Industrial, se diseñaron estrategias pedagógicas basadas en aprender haciendo y estrategias de aprendizaje basado en juegos. Sin embargo, no se conocían experiencias previas de estas estrategias en entornos completamente virtuales, requiriendo hacer las adaptaciones necesarias. El caso que se presenta requirió de la creación de un *Lean Game* en un entorno completamente virtual, de rápida disponibilidad y de fácil acceso para los estudiantes. El juego se combinó con la simulación de procesos de producción en el ERP Odoo. De las mediciones realizadas durante el proceso se obtuvo la asimilación adecuada de la filosofía por parte de los estudiantes, el trabajo colaborativo en equipos y la satisfacción de los estudiantes por haber superado por sí mismo los obstáculos presentados en el ejercicio. No obstante, se demostró que, en el caso de las estrategias de producción esbelta, al menos una sesión de trabajo presencial puede enriquecer el debate y generación de habilidades en los estudiantes. Este caso es parte del proyecto de investigación de Enseñanza de Ingeniería industrial que desarrollan los autores desde hace varios años.

**Palabras Clave**— manufactura esbelta, aprendizaje basado en juegos, aprender haciendo, enseñanza en ingeniería industrial

Recibido: 30 de mayo de 2023. Revisado: 15 de junio de 2023. Aceptado: 31 de julio de 2023.

## Teaching lean manufacturing in virtual and face-to-face environments.

**Abstract**— The global emergence of the pandemic and the consequent total shift of academic activities to virtual environments has posed a challenge for educators. In the case of engineering, it is important to highlight the experiential learning that must be incorporated, which is an extra challenge. Assuming a subject like Lean Manufacturing within the Industrial Engineering program, pedagogical strategies based on Learning by Doing and gamification were designed. The case presented required the creation of a Lean Game in a completely virtual environment, with quick availability and easy access for students. This game was also combined with the simulation of production processes in the Odoo ERP. As a result, the students had adequate assimilation

of the philosophy, collaborative teamwork, and satisfaction in overcoming the obstacles presented in the exercise. However, it was demonstrated that in the case of Lean Manufacturing, at least one in-person work session could enrich the debate and skills generation in the students. This research is part of the Industrial Engineering Education research project that the authors have been developing for several years

**Keywords**— Lean manufacturing, gamification, Learning by Doing, industrial engineering education.

## 1 Introducción

La pandemia causada por la Covid-19, provocó que los países implementaran políticas de cuarentena y distanciamiento social, forzó la paralización y el cierre global del movimiento socioeconómico y cultural arraigado a cada zona y, por consiguiente, aceleró la virtualización de múltiples actividades cotidianas, entre ellas la educación, área en la que la mayor parte de los desafíos fueron abordados sobre la marcha [1], [2].

Según el último reporte sobre educación de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), los países de la región estuvieron preparados de manera desigual para enfrentar la emergencia y sus acciones se concentraron en: disponer de recursos financieros adicionales limitados; adoptar medidas administrativas para mantener en funcionamiento el sistema, y; poner a disposición otros recursos para dar continuidad a las actividades formativas [3]. Es sobre esta última acción, que se debe recalcar la importancia de adoptar métodos de enseñanza y aprendizaje empleando entornos virtuales, buscando que los estudiantes logren oportunamente alcanzar el éxito académico [4], y que lo aprendido pueda ser utilizado en el mundo laboral.

Autores como Vergara et al., aseguran que la virtualización posee claras ventajas en oposición a las prácticas tradicionales, bajo el apoyo de los avances tecnológicos que se han producido desde la última parte del siglo XX [2] y aunque es habitual considerar que la mayor responsabilidad la tiene el docente al

planificar y ejecutar la enseñanza, y apoyar el proceso de aprendizaje, nunca se debe olvidar el papel fundamental que tiene el estudiante y sus conductas en el éxito general de la educación superior [1], [5]. Por ejemplo, los alumnos de la generación Z, que no vivieron en la era previa a la aparición del internet, se alejan, cada vez más rápido, de los enfoques tradiciones de aprendizaje y se apropian de metodologías fuera del aula, en las que intervienen herramientas tecnológicas como las aplicaciones móviles [6].

La tarea es clara y su enfoque se alinea con la búsqueda de alternativas para que los estudiantes se sientan cómodos, en un entorno de enseñanza y aprendizaje que constantemente se actualiza ante las adversidades. Si el objetivo es lograr una preparación sólida para enfrentar los desafíos de la enseñanza y el aprendizaje en un futuro incierto, las herramientas que se elijan, diseñen e implementen deben poder hacer más de una cosa [1].

El proceso educativo debe ser más inmersivo y activador durante el semestre [7]. La confirmación de que el uso de tecnologías modernas aplicadas a estrategias pedagógicas como aprender haciendo o el uso de aprendizaje basado en juegos, pueden animar a los alumnos y reavivar el interés académico, aplica y es fundamental para la enseñanza y el aprendizaje virtual de las carreras de ingeniería donde el aprendizaje experiencial debe ser incorporado. Los educadores deben utilizar estos enfoques de aprendizaje experiencial virtual para; promover y mejorar en los estudiantes habilidades específicas de la disciplina de ingeniería; desarrollar sus capacidades de empatía personal; construir perspectivas globales; y, ayudarlos a obtener una valiosa experiencia profesional para desempeñar sus futuros roles como ingenieros del siglo XXI [8].

Principalmente en los programas de ingeniería industrial, se asume una filosofía organizacional que en términos de competitividad es clave para el desarrollo de las empresas. La aplicación efectiva de la manufactura esbelta puede mejorar significativamente la capacidad de la empresa desde la disminución o eliminación de los despilfarros que no agregan valor al producto o servicio final. La implementación de la filosofía de mejora organizacional ha demostrado resultados en un liderazgo efectivo, constitución de equipos de trabajo eficientes, gestión de los proyectos y aplicación a diversos conceptos para garantizar el éxito de todos los procesos [9].

En [7] sus autores afirman que si la educación superior debe estar mejor preparada para la posibilidad de otra interrupción similar a una pandemia (lo cual debe ser, aun si esperamos que no ocurra), siendo la mejor opción es adoptar estrategias más sistemáticas y deliberadas para la adaptación a nuevos desafíos en la enseñanza y el aprendizaje [7].

En la actualidad existen limitaciones de recursos, necesidad de mejorar el medio ambiente y que aumentan los requerimientos y exigencias de los consumidores, es crucial formar a los profesionales en manufactura esbelta. Esta filosofía está enfocada en eliminar ocho tipos de desperdicios (gastos que no generan valor para el cliente): sobreproducción, tiempos de espera, transportaciones, reprocesamientos, inventarios, movimientos, defectos y conocimientos no

utilizados.

La enseñanza de la manufactura esbelta bajo estrategias pedagógicas adaptadas a la virtualización ofrece a los estudiantes la oportunidad de aplicar herramientas y técnicas de mejoras de proceso, en un contexto de resolución de problemas. Los estudiantes, desde la práctica presencial y remota, deben identificar los desperdicios y proponer mejoras basadas en herramientas y técnicas basadas en la manufactura esbelta, utilizando su creatividad para proponer soluciones novedosas, para compensar el desempeño de la empresa y para mejorar su rendimiento [10].

A partir de lo antes expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo mostrar el proceso de adaptación de la asignatura manufactura esbelta para su enseñanza en el programa de Ingeniería Industrial, tanto de forma presencial como remota, adaptando el proceso de enseñanza-aprendizaje a las condiciones globales actuales. Este caso de estudio forma parte del proyecto de investigación sobre la Enseñanza de Ingeniería Industrial que adelantan desde hace varios años los autores.

A continuación, se presentan los conceptos y procedimientos empleados en el presente caso de estudio a través de la sección de materiales y métodos, seguido por los resultados obtenidos en la adaptación de la asignatura Manufactura esbelta durante la pandemia, de forma totalmente virtual y otro grupo semi presencial. En el título de discusión se evidencia la oportunidad que existe en la literatura para este tipo de trabajos y la validez de las experiencias presentadas con respecto a otros trabajos similares. Finalmente, las conclusiones resumen los principales hallazgos del trabajo y los elementos que marcan su continuidad en el futuro de la investigación que desarrollan los autores.

## 2 Materiales y métodos

Con el desarrollo actual de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se generan nuevas soluciones de integración de todos los elementos de los sistemas de producción con los clientes y proveedores, independientemente de las distancias [11]. Esto permite romper la excesiva división del trabajo heredada del enfoque tayloriano, criticado por ser robótico e impersonal, carecer de potencial de crecimiento para las personas con habilidades avanzadas y hacer que los trabajadores se sientan parte de una línea de montaje en lugar de contribuir creativamente al negocio [12]. Las TIC permiten evolucionar a modelos integrativos de funciones basados en modelos de conocimientos diversos requeridos en las operaciones y procesos [13].

La aplicación de la manufactura esbelta exige una dinámica de innovación para perfeccionar los sistemas de producción ante el influjo de las demandas de los clientes y a una alta dinámica de mejoramiento requerida [14], [15]. Para ayudar a generar esa creatividad en las soluciones cobra mayor importancia la aplicación de metodología de aprendizaje activo como el método de “Aprender Haciendo” que debe soportar la enseñanza, tanto presencial como virtual.

La adaptación de las asignaturas a diferentes metodologías

modernas se realiza a través de un trabajo colectivo entre los profesores, pensando en fomentar tanto las habilidades técnicas como las blandas, en los estudiantes. Este es el propósito fundamental de un proyecto de investigación que se lleva a cabo por los autores desde hace aproximadamente ocho años, donde se realiza esta transformación en diferentes contextos y países, siempre dentro de programas de Ingeniería Industrial. Los fundamentos teóricos, bases y desarrollo del procedimiento para transformar programas o asignaturas bajo la metodología Aprender-haciendo no se desarrolla en este trabajo, pues ya es resultado del proyecto en etapas previas y puede ser consultado en [16], [17].

Para desarrollar el presente caso, se propone el procedimiento de la figura 1, el cual permite la adaptación a entornos totalmente virtuales de asignaturas diseñadas para aprender- haciendo y para un aprendizaje basado en juegos.

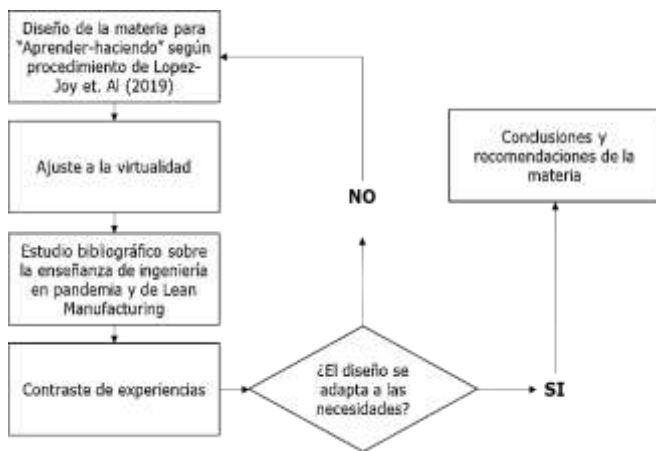


Figura 1. Procedimiento para mejora continua de la materia Manufactura Esbelta con metodologías modernas

Fuente: Los autores basados en [16], [17].

El proceso puede resumirse de la siguiente manera:

1. El diseño de la materia para “Aprender- haciendo” se realiza siguiendo el procedimiento propuesto en [16] y [17], para guiar las acciones del colectivo de profesores y los estudiantes.
2. Para realizar el ajuste a la virtualidad se buscan nuevas herramientas para cumplimentar las actividades previstas, en entornos virtuales.
3. Estudio bibliográfico sobre la enseñanza de ingeniería en pandemia y de manufactura esbelta, con el objetivo de conocer la cantidad y calidad de las publicaciones de casos relacionados a nivel mundial, especialmente en Latinoamérica. Se emplean las bases de datos Scopus, Web of Science y Scielo; los resultados se analizan en el software VOSviewer.
4. Contraste de experiencias para verificar si los resultados obtenidos son similares a otras experiencias internacionales.

### 3 Resultados

#### 3.1 Diseño de la materia para “Aprender-haciendo”

Desde semestres anteriores se ha trabajado en la aplicación de metodologías modernas para mejorar el interés y creación de habilidades duras y blandas, en estudiantes de Ingeniería Industrial. A partir de las acciones de profesores y estudiantes se obtiene el diseño de la tabla 1.

Tabla 1  
Diseño de la materia Manufactura Esbelta para “Aprender-haciendo”.

<b>Asignatura: Electiva III- Manufactura Esbelta</b>			
Semestre académico: 6to		Programa: Técnico en operación de procesos de producción	
Objetivos	Tener experiencias en situaciones de mejora continua y análisis de situaciones que generan desperdicios (MUDAS)	Habilidades	Generar de competencias de liderazgo para diseñar e implementar proyectos de mejora Lean en entornos similares a los reales
	Dominar estas técnicas con una visión integral de la empresa		Representar y mejorar los procesos a través del diagrama <i>Mapa de flujo de valor</i> (VSM)
	Enfoque a las herramientas avanzadas para el mejoramiento de la calidad con la implementación de las industrias 4.0		Mejorar el valor agregado de productos y servicios a través del Análisis de Valor del Proceso
<b>Acciones realizadas por el claustro para el “Aprender -haciendo”</b>			
Preparación profesores	Búsqueda y selección de herramientas para simulación (Bloques de armar)	Preparaciones estudiantes	Entrenamiento en uso de herramientas de trabajo colaborativo
	Elaboración de los casos de estudio para los juegos de mejora continua y para Análisis de Valor del Proceso		Investigación como realizar proyectos Lean a partir de datos en sistemas ERP
Orientación tareas	Estudio individual y en equipo de algunas temáticas y preparación para los juegos de mejora	Monitoreo de tareas	El profesor monitorea las preparaciones individuales y en equipo, aclara dudas y corrige constructivamente
	Auto preparación de empresas por equipo en ERP Odoo en la nube		El profesor verifica el cumplimiento de las asignaciones, en casa de error realiza análisis colectivos para que quede clara la respuesta correcta.
<b>Presentación y debate de resultados en colectivo</b>			
En los Juegos Lean: cada equipo desarrolla el ciclo aprovisionamiento-producción-venta en 12 minutos, donde cada integrante desempeña su rol. Finalizado el tiempo se exponen los resultados y se analizan los desperdicios. Se repiten dos rondas más de planificación, ejecución, mejora.		Se presenta de forma oral, el proyecto de mejora a un proceso de producción o servicio desarrollado por cada equipo. Se debaten los resultados y propuestas de mejora señaladas para cada desperdicio.	
Exposiciones frecuentes de las tareas realizadas por los estudiantes, tanto de forma individual como colectiva.			

Fuente: Los autores

Estas acciones llevan a la actualización del micro currículo

y de la planeación de la asignatura, ajustándola a la realización de actividades de juegos, de trabajo individual autónomo y de, grupal semiautónomo (el profesor soluciona dudas específicas de los grupos).

Sin embargo, al momento de implementar este diseño, llega la pandemia y se asume el reto de ajustar el diseño a un entorno completamente virtual.

### 3.2 Ajuste a la virtualidad

Se mantienen los objetivos y metas propuestas, pero se realizan adaptaciones de las actividades de laboratorio y trabajo grupal a las dinámicas virtuales.

- El juego de mejora continua 1 (primer juego) se desarrolla en la cuarta actividad de clase, con el objetivo de que la detección de desperdicios y propuestas de mejora se hagan de forma intuitiva, mientras que el juego de mejora continua 2 (segundo juego) ya se despliegan todas las herramientas de diagnóstico y mejora propias de la filosofía Lean.
- Las dos actividades previstas en los juegos se ajustan a entornos virtuales, empleando herramientas de trabajo colaborativo en la nube.
- Juego de mejora continua 1: se realiza la primera simulación con la pizarra colaborativa Jamboard, la que ofrece algunos inconvenientes técnicos para realizar el ejercicio. Esta situación se usa, de forma consiente, para favorecer los análisis de parte de los estudiantes de la importancia de la tecnología del proceso en la generación de desperdicios. En las siguientes rondas, se cambia a la herramienta Power Point en línea y se continúan los análisis de mejora.
- En el juego de mejora continua 2 se introduce la simulación de la empresa también en el ERP Odoon en la nube, de esta forma se simula el flujo físico en Power Point en línea y el flujo de información en Odoon. En este caso, las propuestas de mejora salen del análisis del flujo físico a través del diagrama VSM y de la información registrada en el software: tiempos de ejecución de operaciones, interrupciones, puntos de control de calidad, etc.
- A partir de los cambios realizados se construye un planeador de actividades, donde se van realizando evaluaciones sistemáticas (ver tabla 2).
- Las evaluaciones se realizan con el sentido de no penalizar el error, sino el análisis realizado a raíz de este y el entendimiento de las posibles soluciones adecuadas a la situación planteada.

Tabla 2  
Planificación de actividades para el curso de 16 semanas de manufactura esbelta de forma virtual

Tema	Actividades de trabajo asistido	Actividades de trabajo independiente
Tema 1	Actividad de inicio. Introducción, La casa Lean.	Taller estudio individual de los 14 principios Toyota
Introducción a la manufactura esbelta	Los 8 desperdicios (MURA) Lean.	Juego Lean
	Discusión de 14 principios Toyota. Juego Lean 1 (taller)	

1)

Factores influyentes y resultados de Lean. Lean en la cadena de suministro

Mejora organizacional en diferentes ámbitos de la cadena de suministro

Aplicaciones de Lean service, Lean office. 2- Aplicaciones de proyectos Lean, Construcciones Lean

Mapa de flujo de valor (VSM)

Tema 2

Diagnóstico; VSM. Aplicación del VSM

Herramientas Lean

Herramientas operativas: 5S, SMED, TPM. Aplicaciones

Mantenimiento productivo total (TPM)

Herramientas operativas: KANBAN, POKA YOKE. Aplicaciones

Evaluación. Juego de mejora 2 aplicando herramientas diagnóstico y operativas. Corte de Proyecto integrador

Herramientas de seguimiento: KPI, gestión visual. Aplicaciones

Filosofías JIT. Aplicaciones

Integración de filosofías JIT y JIDOKA

Filosofías JIKODA. Las personas en la filosofía Lean, Aplicaciones

Evaluación aula virtual

Aplicación de herramientas y filosofías. Seminario

Preparación de empresas en ERP Odoon en la nube

Juego Lean 3, aplicación integral con ERP Odoon

Tema 3

Construcción y presentación de un proyecto Lean.

Proyectos Lean

Fases de implementación. Evaluación e indicadores de éxito Lean

Evaluación final - Presentación proyecto integradores

Fuente: Los autores

En el transcurso del periodo académico se inicia con algunas actividades en alternancia, por lo que son realizadas algunas actividades presenciales los días sábado. Esto permite realizar un juego de mejora continua presencial con el uso de Bloques de construcción para simular los materiales y la línea de producción. En la tabla 3 se muestra la planificación de la materia para el curso del sábado en ocho semanas con sesiones de tres horas.

Tabla 3  
Planeador para curso de manufactura esbelta híbrido para los sábados

Actividades de trabajo asistido	Actividades de trabajo independiente
Actividad de inicio. Tema 1. Introducción a la manufactura esbelta. 1- Introducción, La casa Lean. 2-Los 8 desperdicios (MUDA) Lean. Discusión de 14 principios Toyota (seminario 1)	MIRA, MURA. Juego de mejora
Juego Lean 1 (taller 1)	
Tema 2. Herramientas Lean. Herramientas de diagnóstico; Value Stream Mapping (VSM), Aplicación del VSM	Factores influyentes y resultados de Lean. la cadena de suministro esbelta: Servicios esbeltos, Oficina esbelta, Proyectos esbeltos, Construcción esbelta (exposición de un poster)
Herramientas operativas: 5S', SMED, TPM, KANBAN, POKA YOKE.	Mantenimiento Productivo Total (TPM, <i>por siglas en inglés</i> )
Evaluación. Juego Lean 2 aplicando herramientas de diagnóstico y operativas. (PRESENCIAL)	
Herramientas de seguimiento: KPI, gestión visual. Aplicaciones (evaluación) (PRESENCIAL)	Evaluación en aula virtual. Preparación empresas en ERP Odoo
Filosofías JIT y JIKODA. Las personas en la filosofía Lean.	Tema 3. Proyectos Lean: Construcción y presentación de un proyecto Lean. Fases de implementación. Evaluación e indicadores de éxito Lean (evaluación TIC, video)
Juego Lean 3, aplicación integral de herramientas y técnicas (PRESENCIAL)	

Fuente: Los autores

De las estrategias planificadas para la enseñanza de la asignatura, de su aplicación y de la medición de los resultados en cuanto a la recepción por parte de los estudiantes, se pueden evidenciar resultados como el aumento en la motivación y el compromiso, debido a que incorporar elementos didácticos que tengan puntuación y diversos niveles de dificultad, se relaciona con aspectos cotidianos que suelen alejarse de las obligaciones académicas, lo que estimula al estudiante a no abandonar sus clases.

El aprendizaje basado en juegos fomentó el trabajo en equipo al incorporar desafíos y competencias grupales. Estos espacios promueven la colaboración y a que se compartan recursos, conocimientos y experiencias. También se puede apreciar la mejora de los resultados de aprendizaje, que se evidencia en el nivel de comprensión de las teorías de clase y el desempeño en los exámenes finales, donde aproximadamente el 95% de los

estudiantes obtuvo un resultado aprobatorio.

Los resultados cuantitativos y comparativos de ambos casos y con años anteriores se están procesando en este momento. Para ello se prevé una estrategia de comparación de notas finales y parciales, encuestas a los estudiantes, y con mayor peso, la generación y aplicación de una prueba práctica que pueda medir las habilidades blandas trabajadas, como trabajo en equipo, resolución de problemas y evaluación de alternativas basadas en datos reales registrados en sistemas informáticos empresariales (ERP).

#### 4 Discusión

Al realizar una búsqueda en la base de datos de Scopus sobre las palabras claves y títulos de “enseñanza de la ingeniería en pandemia” se recuperaron 943 documentos. La figura 2 resalta que los países que más trabajan estos temas son Estados Unidos, India y España; siendo Brasil el país latinoamericano que más presencia tiene con unos 30 documentos. El resto de los países Latinoamericanos que más publican sobre este tema son Perú, México, Chile y Colombia, con apenas 12 documentos (figura 3).

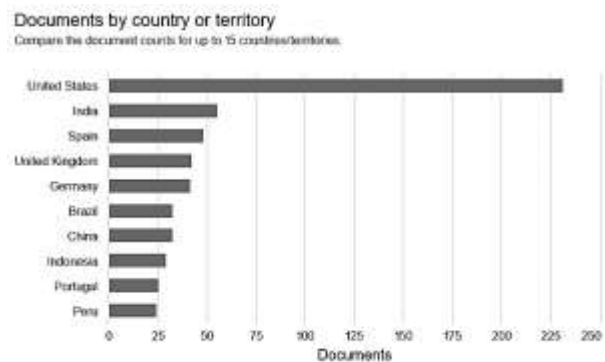


Figura 2. Documentos en la base de datos Scopus sobre “enseñanza de la ingeniería en pandemia” por países.

Fuente: Los autores

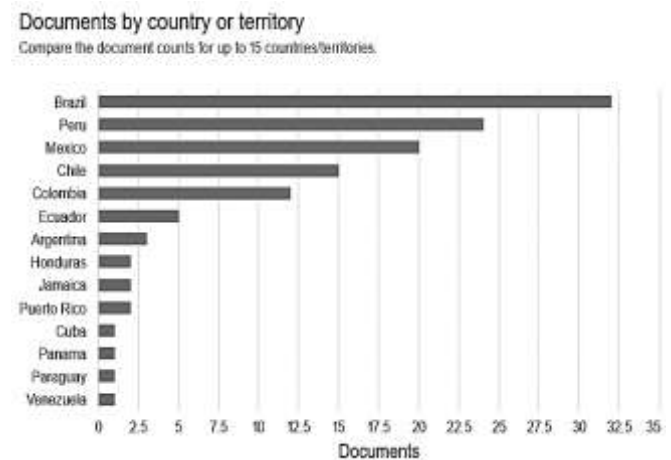


Figura 3. Documentos en la base de datos Scopus sobre “enseñanza de la ingeniería en pandemia” en países Latinoamericanos.

Fuente: Los autores

En la base de datos Scielo solamente se recuperan cuatro

documentos relacionados con el tema de la enseñanza o educación de ingenierías en la pandemia. En la Web of Science, se recuperan 254 documentos.

En el caso de “Enseñanza de manufactura esbelta” en la misma base de datos, se recuperaron 49 documentos y en la base de Web of Science, se obtiene 54 documentos. En las figuras siguientes de evidencia la misma tendencia; los países que más publican sobre la enseñanza de manufactura esbelta son Estados Unidos, Brasil y España (figura 4). En el caso de Latinoamérica nuevamente encontramos a México, Colombia y Puerto Rico, pero con apenas una publicación (figura 5).

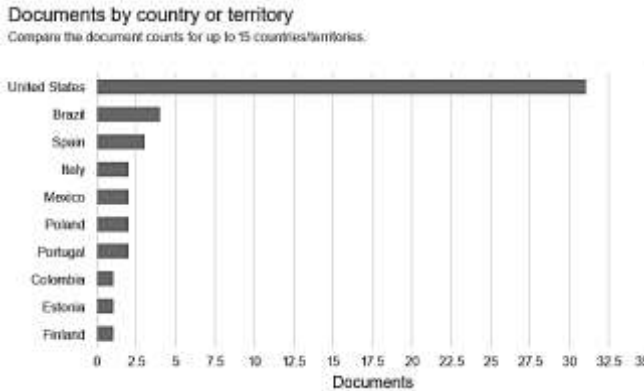


Figura 4. Publicaciones de “Enseñanza de manufactura esbelta” por países  
Fuente: Los autores

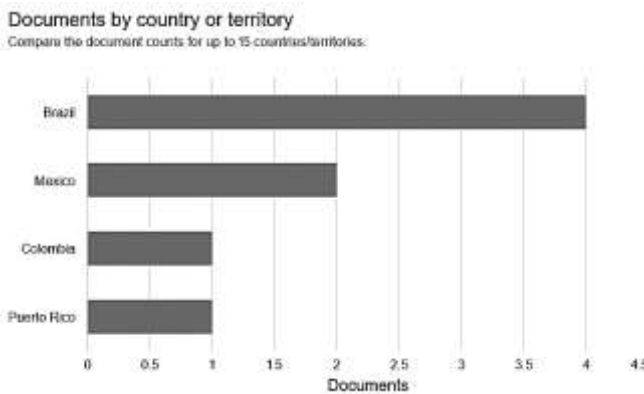


Figura 5. Publicaciones de “Enseñanza de manufactura esbelta” en países de Latinoamérica  
Fuente: Los autores

A partir de los análisis mostrados anteriormente, se puede confirmar que la presencia de publicaciones de países de Latinoamérica en estos temas, específicamente en las bases de datos Scopus y Web of Science, es muy poca. De esta forma, se resalta la importancia de comunicar las experiencias de la región en estos ámbitos, objetivo del presente trabajo.

Una base de datos conformada por 1432 documentos, en donde se eliminaron 385 duplicados, quedando 1047 documentos entre artículos, revisiones bibliográficas y memorias de eventos. Al analizar esa base de datos con la herramienta VOSviewer se obtuvo la figura 6, la que muestra que las 12 palabras claves más trabajadas en estos temas son:

covid-19 (178), educación en ingenierías (79), aprendizaje en línea (70), educación superior (66), *Lean Manufacturing* (58), enseñanza en línea (55) y enseñanza a distancia (53), entre otros temas.

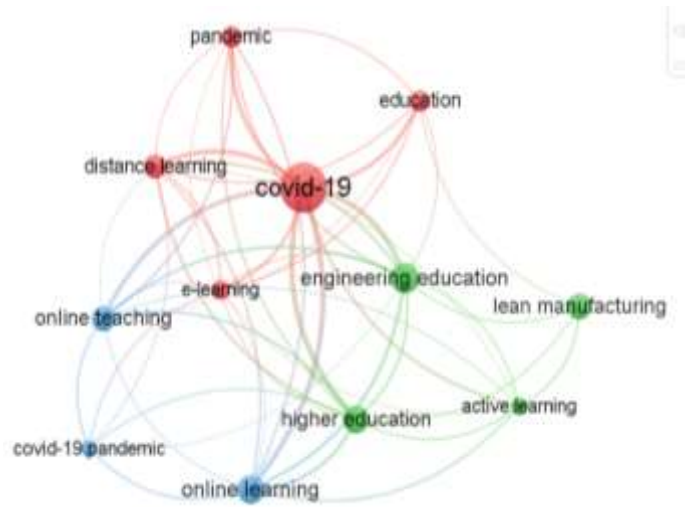


Figura 6. Mapa de dispersión de palabras claves en los documentos recuperados en Scopus y Web of Science.  
Fuente: Los autores

De estos análisis se pueden inferir que se ha publicado abundantemente sobre las experiencias de la educación superior durante la pandemia, sobre todo relacionado con los asuntos de enseñanza-aprendizaje online, no siendo así sobre los métodos pedagógicos empleados en este periodo.

Cuando se contrastan algunas experiencias publicadas en la literatura, se encuentra que, en el caso del aprendizaje de la ingeniería en la pandemia, algunos autores afirman que influyó de forma negativa debido a la disminución de la presencialidad. Otros afirman que el aprendizaje pasó a otro nivel de desarrollo, donde se ofrece la oportunidad de interrelación entre la ingeniería y las tecnologías que en algunos casos no es aprovechada en esta forma de enseñanza. A la vez, esta última le infiere a la educación una flexibilidad, ajustando el proceso de aprendizaje y las necesidades estudiantiles [18]. A pesar de ello, sigue siendo un reto para las carreras de ingeniería, donde se necesitan laboratorios virtuales [19] y acceso a programas informáticos [20], que en ocasiones son pagados.

Varios autores coinciden, que el aprendizaje en entornos virtuales presenta su mayor reto en la formación y capacitación de los docentes [19]. Se menciona que, en el caso de los estudiantes, se manifiesta desmotivación por el aprendizaje en línea [4], [18]. Por ello, se recomienda el modelo híbrido de enseñanza en la ingeniería: online-presencial.

En el caso de la enseñanza de la manufactura esbelta la tendencia es similar. En el tiempo de pandemia se aprovecha el aprendizaje electrónico, por ejemplo el uso de programas como el ERP Odoo [21]. Donde, además del desarrollo de competencias cognitivas de la manufactura esbelta, se mejora el trabajo en equipo y colaborativo; aprovechando también, las redes sociales y los entornos digitales de las universidades [22].



- [10] R. Terpend and P. Shannon, "Teaching Lean Principles in Nonmanufacturing Settings Using a Computer Equipment Order Quotation Administrative Process," *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, vol. 19, no. 1, pp. 63-89, 2021/1// 2021, doi: <https://doi.org/10.1111/dsji.12227>.
- [11] G. Vial, "Understanding digital transformation: A review and a research agenda," *The Journal of Strategic Information Systems*, vol. 28, no. 2, pp. 118-144, 2019/06/01/ 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>.
- [12] J. Gautié, K. Jaehrling, and C. Perez, "Neo-Taylorism in the Digital Age: Workplace Transformations in French and German Retail Warehouses," (in En), *Relations industrielles / Industrial Relations*, vol. 75, no. 4, pp. 774-795, 2020, doi: <https://doi.org/10.7202/1074564ar>.
- [13] J. A. Acevedo Suárez, M. I. Gómez Acosta, T. López Joy, A. J. Acevedo Urquiaga, and Y. Pardillo Baez, "Modelo de Referencia de Redes de Valor para un desarrollo sostenible," *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 1, no. 2, pp. 29-49, 10/07 2010, doi: <https://dpi.org/10.22490/21456453.903>.
- [14] A. Ross and D. Francis, "Lean is not enough [lean manufacturing]," *Manufacturing Engineer*, vol. 82, no. 4, pp. 14-17, 2003.
- [15] A. K. Möldner, J. A. Garza-Reyes, and V. Kumar, "Exploring lean manufacturing practices' influence on process innovation performance," *Journal of Business Research*, vol. 106, pp. 233-249, 2020/01/01/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.09.002>.
- [16] A. J. Acevedo Urquiaga, J. A. Acevedo Suárez, T. López Joy, M. I. Gómez Acosta, and N. Savlón Cossío, "Aplicación del concepto "aprender-haciendo" en la enseñanza de la ingeniería industrial: casos de estudio," presented at the Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, Colombia, 2020. [Online]. Available: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/download/770/775>.
- [17] T. López Joy, J. A. Acevedo Suárez, A. J. Acevedo Urquiaga, and M. I. Gómez Acosta, "Necesidad y aplicación del aprender-haciendo en la enseñanza de la ingeniería industrial en la universidad tecnológica de la habana", *Pedagogía Universitaria*, vol. 24, no. 2, pp. 25-39, 2019. [Online]. Available: [link.gale.com/apps/doc/A613923651/IFME?](http://link.gale.com/apps/doc/A613923651/IFME?)
- [18] E. Mushtaha, S. Abu Dabous, I. Alsyouf, A. Ahmed, and N. Raafat Abdraboh, "The challenges and opportunities of online learning and teaching at engineering and theoretical colleges during the pandemic," *Ain Shams Engineering Journal*, Article vol. 13, no. 6, 2022, Art no. 101770, doi: 10.1016/j.asej.2022.101770.
- [19] K. A. A. Gamage, D. I. Wijesuriya, S. Y. Ekanayake, A. E. W. Rennie, C. G. Lambert, and N. Gunawardhana, "Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic," *Education Sciences*, vol. 10, no. 10, Oct 2020, Art no. 291, doi: <https://doi.org/10.3390/educsci10100291>.
- [20] Z. H. Khan and M. I. Abid, "Distance learning in engineering education: Challenges and opportunities during COVID-19 pandemic crisis in Pakistan," *International Journal of Electrical Engineering Education*, Article 2021, doi: <https://doi.org/10.1177/0020720920988493>.
- [21] C. C. Dura, A. M. M. Iordache, A. Ionescu, C. Isac, and T. O. Breaz, "Analyzing Performance in Wholesale Trade Romanian SMEs: Framing Circular Economy Business Scenarios," *Sustainability*, vol. 14, no. 9, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/su14095567>.
- [22] A. Hassan, N. Andebe, D. Nyambo, and S. Kaijage, "Integrating Mobile Computing in University Information Management Systems to Improve Access and User Experience," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 15, no. 8, pp. 343-350, 2022, doi: <https://doi.org/10.17485/IJST/v15i8.1060>.

**A.J. Acevedo-Urquiaga** es profesor investigador del Programa de Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria San Mateo y del Laboratorio de Gestión Logística y de la Producción (LOGESPRO) de la Universidad Técnica de La Habana "José Antonio Echevarría" (CUJAE). Es Ingeniera Informática y Doctora en Ciencias Técnicas por la CUJAE y fue becaria de universidades alemanas y

suecas. Es miembro e investigadora del Centro Europeo-Latinoamericano de Logística y Proyectos Ecológicos (CELALE) con sede en la Universidad Humboldt de Berlín y es profesora invitada y de posgrado en varias universidades de Latinoamérica. Ostenta dos Premios Nacionales de Joven Investigador y el Premio Nacional al resultado de la Investigación Científica de la Academia Nacional de Ciencias de Cuba, así como el Teaching Award of Supply Chain de la Industrial and Engineering Operation Management Society del Estados Unidos en 2020. Sus intereses de investigación incluyen la fabricación, la logística, la gestión de la cadena de suministro, la planificación de la producción, la economía circular, la aplicación de tecnología y los métodos educativos. ORCID: [0000-0001-7867-1590](https://orcid.org/0000-0001-7867-1590)

**R.N. Lay-De-León** es Ingeniera Industrial egresada de la Corporación Universitaria Republicana, Bogotá, Colombia en 2019. Es estudiante de doctorado en Ingeniería Industrial, mención logística, con la Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría" en La Habana, Cuba. La ingeniera lay es docente, joven investigadora y coordinadora de investigación del programa Ingeniería Industrial en la Fundación Universitaria San Mateo. Ha participado en varios eventos nacionales e internacionales de ingeniería y especializados en logística. Ha publicado, al momento artículos relacionados con la implementación de 5S y Análisis estadístico de relación entre índices mundiales. Sus intereses de investigación son: logística para las pequeñas empresas, manufactura esbelta, gestión de cadenas de suministro y sostenibilidad en las organizaciones. ORCID:[0000-0002-0869-6888](https://orcid.org/0000-0002-0869-6888)

**N. Sablón-Cossío** es profesora e investigadora en la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. Es Ingeniera Industrial por la Universidad de Matanzas. También es graduada de Maestría en Administración de Empresas y Doctora en Ciencias Técnica de la CUJAE. Ha publicado varias revistas y ponencias en congresos. Dra. Sablón ha realizado proyectos de investigación sobre cadenas de suministro en México, Cuba y Ecuador. Posee el Premio Nacional al resultado de la Investigación Científica de la Academia de Ciencias de Cuba. Sus intereses de investigación incluyen administración, negocios, logística, administración de operaciones, suministro y cadena de valor. ORCID: [0000-0002-6691-0037](https://orcid.org/0000-0002-6691-0037)

**J.A. Acevedo Suárez** es Profesor Titular y Emérito del Departamento de Ingeniería Industrial, coordinador jefe del Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO) y vicerrector de la CUJAE. Es vicepresidente para América Latina del Centro Europeo – Latinoamericano de Proyectos Logísticos y Ecológicos (CELALE) adjunto a la Universidad Humboldt de Berlín. El Dr. Acevedo es Profesor Invitado en la Escuela de Logística del Ejército y Universidad de Pilotos de Colombia, en Bogotá, Colombia; y en la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz, Bolivia. Es Ingeniero Industrial, Especialidad en Economía Empresarial (Universidad Técnica de Dresde), Doctor en Ciencias Técnicas y Doctor en Ciencias por la CUJAE. El Dr. Acevedo ha publicado más de 70 artículos en revistas y congresos en Cuba, Colombia, Alemania, México, España y otros. Posee la Medalla de Honor del Instituto de Proyectos de Ecología Agrícola y Urbana (IASP) de la Universidad Humboldt de Berlín por su contribución al desarrollo internacional de la logística; y dos Premios Nacionales al resultado de la Investigación Científica de la Academia de Ciencias de Cuba. Sus intereses de investigación incluyen logística, gestión de la cadena de suministro, planificación de la producción, gestión financiera y económica, economía circular y métodos educativos. ORCID: [0000-0001-8862-6718](https://orcid.org/0000-0001-8862-6718)

**F.M. Jaimes Plata** es Ingeniera Industrial y Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos de la Universidad Industrial de Santander, Magíster en Administración de la Universidad de la Salle, es docente en el área de Investigación de Mercados, Gerencia de la Producción, Mantenimiento Industrial, entre otras, actualmente tiene a cargo la dirección del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad ECCI, desde hace más de 10 años se ha desempeñado en cargos directivos en Universidades como directora de programas de Ingeniería y coordinación de programas. Sus intereses de investigación incluyen administración, marketing, neuromarketing, negocios, energías renovables y modelos de transporte limpio. ORCID: [0009-0004-5837-1936](https://orcid.org/0009-0004-5837-1936)