

Fábrica de Aprendizaje: Nuevo modelo de enseñanza productiva

Alvaro De Jesus Guarin Grisales
Universidad EAFIT
Carrera 49 # 7 sur -50, Medellín, Colombia
aguarin@eafit.edu.co

Felipe Baena Restrepo
Universidad EAFIT
Carrera 49 # 7 sur -50, Medellín, Colombia
fbaenare@eafit.edu.co

Julian Mora Orozco
Universidad EAFIT
Carrera 49 # 7 sur -50, Medellín, Colombia
jmoraor@eafit.edu.co

Resumen

Los nuevos retos que enfrenta el sector productivo se han denominado como la cuarta revolución industrial donde se determina tres variables fundamentales en los productos: ciclos de vida cortos, alta calidad, y costos adecuados regulados por complejos sistemas de comunicación que transforman empresas convencionales en empresas inteligentes. Para enfrentar estos retos es necesario preparar al sector académico con métodos, metódicas y laboratorios que mediante prácticas experienciales mejoren las competencias de sus estudiantes, una de ellas se ha determinado como Fábrica de Aprendizaje donde se abordan problemas reales industriales para hallar desde la academia recursos aplicables a la solución de estos retos. En este artículo se presenta el diseño y desarrollo de la Fábrica de Aprendizaje de la universidad EAFIT, ilustrando tanto su infraestructura como su forma de operar.

Palabras Clave

Fábrica de Aprendizaje, Industria 4.0, Internet de las cosas, Aprendizaje experiencial, PLM.

1. Introducción

El sector manufacturero representa actualmente el 14,7% del PIB mundial[1], como una de las actividades más importantes para generar riqueza en cualquier nación. Colombia no es una excepción, este sector representa el 12% del PIB y es la cuarta actividad productiva de su economía [2]. Escenarios como la competencia feroz, ciclos de vida

cortos, introducciones frecuentes de productos y variaciones de la demanda generan nuevos desafíos en el campo de la fabricación[3]. Por esta razón, las empresas colombianas están luchando para aumentar su productividad y competitividad.

Existe un movimiento mundial en algunas de las economías más avanzadas que busca mejorar la productividad y la eficiencia en la fabricación industrial incorporando los últimos avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) [4]. El enfoque alemán de esta tendencia se denomina "Industrie 4.0". Su objetivo es impulsar la comunicación entre personas, máquinas y recursos, con el fin de transformar los procesos centralizados de control de producción en un modelo descentralizado y autónomo [5]. El informe final del Grupo de Trabajo alemán "Industrie 4.0" [6], recomienda la formación y el desarrollo profesional como áreas prioritarias para las acciones dentro de la implementación de la industria 4.0. Adaptando esta tendencia de fabricación a la situación del sector industrial colombiano, la Universidad EAFIT busca desarrollar un escenario didáctico donde se puedan formar las exigentes habilidades requeridas por el ingeniero. En este contexto, las Fábricas de Aprendizaje (FA) o Learning Factory (LF) en inglés, aparecen como entornos de aprendizaje altamente complejos que permiten el desarrollo de competencias autónomas y de alta calidad [7], que están vinculadas a la formación, la educación y la investigación, incluida la industria 4.0 [8].

Este artículo presenta el desarrollo de un modelo conceptual que la Universidad EAFIT está aplicando para transformar tanto las prácticas del plan de estudios de ingeniería de producción como su infraestructura física. El objetivo final es construir una FA proyectada hacia la industria 4.0. La base de esta propuesta son las experiencias observadas en el desarrollo de diferentes fábricas de aprendizaje y algunos modelos conceptuales, arquitectura y elementos clave para las estrategias de fabricación planteadas en las cuatro transformaciones del modelo.

2. Estado del arte

2.1. Educación en ingeniería

La educación en ingeniería (EI) tiene una fuerte conexión con el desarrollo económico y social mundial [9]. Para continuar con esta sinergia, se han realizado investigaciones para alinear EI con las necesidades socio-económicas [10][11]. Estos estudios indican que un ingeniero requiere habilidades fuertes en las relaciones humanas asociadas con el conocimiento de las ciencias de la ingeniería [12]. Además, destacar el importante reto de EI es el acceso a experiencias prácticas en contextos reales [13]. La situación en América Latina, específicamente en Colombia, no difiere y las escuelas de ingeniería tienen la intención de transformar las prácticas pedagógicas en la educación superior para lograr un equilibrio entre las habilidades sociales, el conocimiento científico y la capacitación técnica [14]. Basado en este contexto, la Universidad EAFIT decidió reformar su currículo de ingeniería de producción, con el fin de implementar una nueva estructura de enseñanza-aprendizaje; Con estos objetivos de transformación:

- Implementar nuevas estrategias de aprendizaje para las prácticas del currículo de ingeniería de producción en la dirección del aprendizaje activo y experiencial.
- Considerar un marco de transformación que integre las últimas tendencias mundiales de la industria con contenido académico, infraestructura física y prácticas de ingeniería.

2.2. Fábricas de Aprendizaje

Iniciativas como FA han tratado de desarrollar experiencias a través de la inclusión de proyectos industriales bajo el enfoque de aprendizaje activo en el plan de estudios de algunos programas de ingeniería [8]. Los estudios preliminares han demostrado un mejor desempeño en el desarrollo de habilidades y la adquisición de conocimientos que los enfoques tradicionales [15]. El concepto de FA fue mencionado por primera vez en una iniciativa de un grupo de universidades de los Estados Unidos en 1995, desde entonces, ha habido múltiples propuestas de FA; Además, instituciones como el gobierno europeo han adoptado las FA como una iniciativa oficial para la educación de los ingenieros [8]. En la actualidad, una FA se define como una réplica idealizada de secciones de la cadena de valor de la industria donde el aprendizaje tiene lugar en forma experiencial [7]. Estas fábricas se han utilizado para fines educativos, investigación y formación en áreas tales como la fabricación (TU Darmstadt) [8], la eficiencia energética

(Green Factory Bavaria) [16], los procesos de operaciones de servicio (McKinsey Capability Center Atlanta) [8], entre otros.

En América Latina, el concepto de FA ha sido aceptado y difundido [17]. Sin embargo, las iniciativas son escasas; Uno de los principales ejemplos es la Fábrica Modelo de Brasil, que es una unión entre el SENAI (Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial) y McKinsey & Company para construir una fábrica funcional con productos reales, operadores, máquinas y un sistema realista de gestión del desempeño [18].

2.3. Industria 4.0

El concepto de la industria 4.0 nació de la iniciativa de académicos, industriales y del Gobierno alemán, con el objetivo de fortalecer la competitividad del sector manufacturero del país a través de la convergencia entre la producción industrial y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) [6]. Esta tendencia hace uso de tecnologías como Internet de Cosas (IoT) y servicios (IoS), Cyber Physical Systems (CPS), automatización industrial, conectividad e información continua, ciberseguridad, robótica inteligente, PLM, tecnologías semánticas, grandes datos industriales y computacionales, visión para mejorar la productividad de los sistemas industriales de fabricación [4]. En países como Alemania (Industrie 4.0), Francia (la Nouvelle France Industrielle), Estados Unidos (Advanced Manufacturing Partnership) y España (Industry Connected 4.0) se están llevando a cabo iniciativas para vincular las TIC en los sistemas industriales. En América Latina, México está considerando la ruta para implementar esta tendencia en su industria [19] y Brasil no es menospreciado; Sin embargo, existe incertidumbre con respecto al costo y el retorno de la inversión.

3. Proceso de investigación

Con el objetivo de implementar un modelo que oriente las acciones para transformar las prácticas de la ingeniería de producción en dirección a una FA, se ha desarrollado un proceso de investigación. Se compone de dos etapas:

La primera etapa consistió en la identificación de los aspectos relevantes de la FA como: temática, grupo objetivo, propósito educativo, estrategias de enseñanza-aprendizaje, infraestructura tecnológica en diferentes propuestas de FA. Para reconocer los principales aspectos de la FA se realizaron los siguientes pasos de investigación: identificación de literatura, análisis de texto cuantitativo y análisis de texto cualitativo.

La segunda etapa consistió en la estructuración del modelo, que se basa en tres pilares. Estos pilares son las características que deben ser adquiridas en las transformaciones propuestas. El modelo se divide en 3 fases con las que se espera que intervengan la infraestructura y la didáctica de las prácticas de ingeniería de producción con el objetivo de formar una FA.

3.1. Identificación de los aspectos relevantes de FA

Para establecer los aspectos más relevantes dentro de la FA, se ha realizado una investigación bibliográfica utilizando tres bases de datos: SCOPUS, ISI Web of Science y ScienceDirect. Además, se realizaron búsquedas en los índices de las revistas de ingeniería y educación de ingeniería que incluyen publicaciones de temas relacionados, incluyendo la Revista de Educación de Ingeniería, Avances en Educación de Ingeniería, Revista de Educación y Tecnología de Ciencia, Revista Europea de Educación de Ingeniería, Y Procedia CIRP. Las frases clave utilizadas para esta búsqueda fueron compuestas por los términos "fábricas de aprendizaje" y "fábrica de aprendizaje", obteniendo un resultado de 123 artículos que contenían estas palabras en sus títulos, resúmenes y palabras clave. Este grupo de publicaciones fue filtrado, excluyendo sus contenidos que no fueron referidos a las fábricas de aprendizaje como una propuesta didáctica en contextos industriales y académicos. La siguiente etapa fue un análisis de texto cuantitativo para identificar las palabras clave de las 115 publicaciones seleccionadas.

Los pasos de análisis consistieron en generar dos listas de palabras clave identificadas en las publicaciones; La primera lista hacía referencia a los conceptos con fines educativos y la segunda a la ingeniería. Como un segundo paso fue un análisis de frecuencia, la recolección de los números de ocurrencia dentro de esta selección de literatura (Tabla 1).

| Clasificación | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|
| afines educación | | ingeniería | |
| Conceptos | número de artículos relacionados | conceptos | número de artículos relacionados |
| desarrollo de proyectos | 46 | manufactura | 75 |
| universidad | 41 | producción | 65 |
| investigación | 38 | diseño | 59 |
| conocimiento | 37 | industria | 48 |
| entrenamiento | 33 | productos | 47 |
| desarrollo de experiencia | 33 | gerencia | 43 |
| enseñanza | 30 | lean | 23 |
| aprendizaje practico | 29 | ensamble | 17 |
| laboratorio | 28 | operaciones | 14 |

Tabla 1. Frecuencias

Para identificar el contexto de significado de las palabras resultantes del análisis de texto cuantitativo, se llevó a cabo un análisis de texto cualitativo. Esto consistía en observar el significado de cada palabra en el contexto de los artículos, para después clasificar las palabras con temática común por conglomerados. (Tabla 2). Estos clusters vinculan los aspectos centrales de la FA que el modelo de transformación de la Universidad EAFIT debe tener en cuenta.

| | | | |
|------------------|-----------------------------|------------------------------|--|
| Cluster1 | Grupo destinatario | Universidades | TIC |
| | | Graduados | Software |
| | | Estudiantes de pregrado | Fabricación aditiva |
| | | Educación en ingeniería | RFID |
| Cluster 2 | Objetivo educativo | Desarrollo del proyecto | Ciberfísica |
| | | Investigación | IoT |
| | | Desarrollo del conocimiento | Eficiencia |
| | | Desarrollo de la experiencia | Cluster 6 Metas de ingeniería de Tecnologías |
| Cluster3 | Estrategias de aprendizaje | Basado en la practica | Sostenible |
| | | Acción orientada | Sistemas cambiantes |
| | | Aprendizaje activo | administración |
| | | Aprendizaje experimental | Cluster 7 Estrategias Apoyarse |
| Cluster 4 | Áreas de la cadena de valor | Fabricación | Fabricación adaptable |
| | | Producción | Industria 4.0 |
| | | Diseño | |
| | | administración | |

Tabla 2. Clusters

3.2. Tres pilares de transformación

El modelo propone que cada pilar sea un conjunto de características que deben ser desarrolladas para lograr una FA. En consecuencia, las acciones planificadas en las tres transformaciones del modelo (Imagen1) pretenden construir cada uno de los pilares en mayor o menor grado dependiendo de la etapa del modelo. Los tres pilares que se presentan a continuación son el resultado de unir los clusters que tenían una temática común:

- **Pilar didáctico:** conformado por estos clusters: grupo meta, meta educativa y estrategias de aprendizaje. Que vincula todo el componente didáctico de la FA. Además, se centra en la selección de usuarios y sus objetivos de aprendizaje.
- **Pilar de integración:** Aunque el área de fabricación tiene la mayor frecuencia dentro del cluster de la cadena de valor, diferentes fábricas de aprendizaje también incluyen actividades como diseño, logística, planificación y producción de control. Este pilar pretende promover acciones que integren las escuelas de ingeniería, administración, marketing y economía en la FA.
- **Pilar de la ingeniería:** este pilar abarca las clusters de tecnologías, los objetivos de ingeniería y las estrategias. Se convierte en el conductor de los contenidos técnicos y tecnológicos que participan en la FA.

3.3. Modelo de transformación: Del laboratorio de fabricación a la fábrica de aprendizaje

Con el desarrollo de 3 transformaciones se proyecta crear a este nuevo escenario (FA) el realismo de un sistema productivo, que contiene los procesos y tecnologías de la industria actual para realizar las prácticas de ingeniería de producción en un contexto didáctico. El modelo basado en tres pilares ha sido propuesto para adquirir de manera progresiva y guiada las características más importantes de una FA. (Figura 1). El modelo consta de 3 transformaciones:

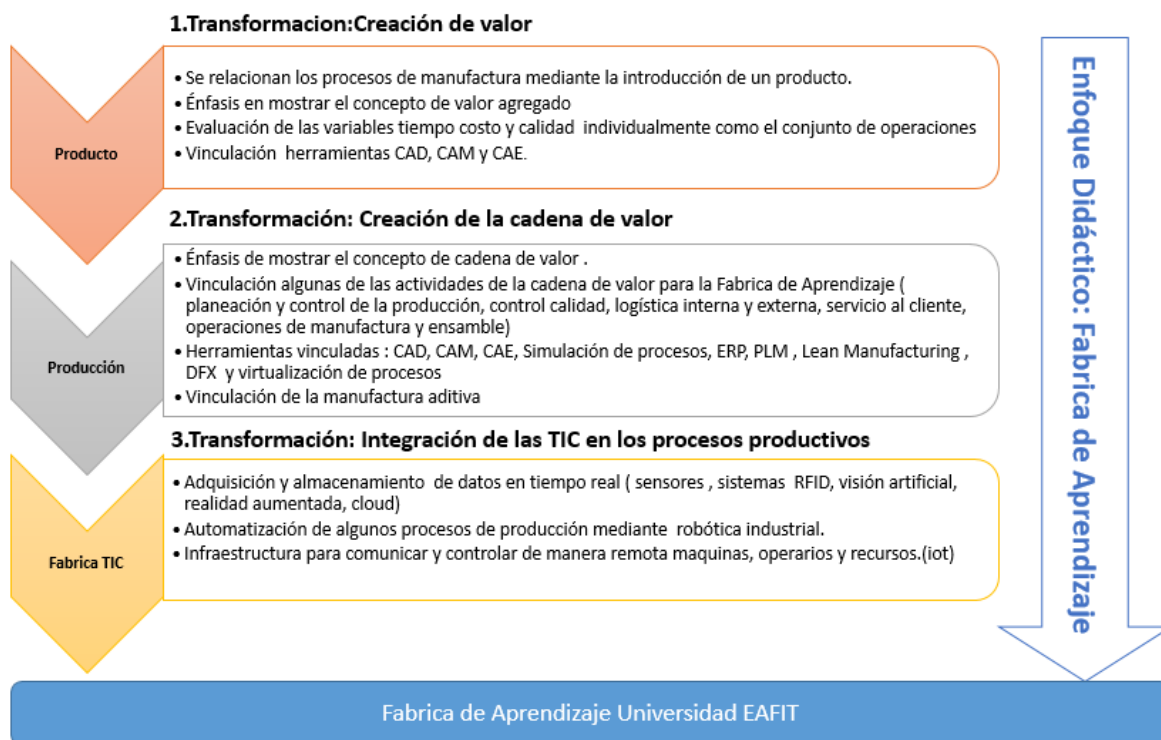


Imagen 1. Ruta de transformación

- Creación de valor: Se centra en la transformación de las prácticas de fabricación a través de la introducción de productos. Aunque el resultado es un producto físico, el objetivo principal es didáctico, y es evidenciar el concepto de valor agregado. El pilar didáctico es el protagonista de esta transformación y toma parte de los métodos de aprendizaje y de la meta educativa para proponer los cambios en las prácticas en la dirección de una FA.
- Creación de la cadena de valor: En la segunda transformación, se pretende formar el pilar de integración mediante la introducción de módulos de logística, planificación y control de las operaciones de producción a la actividad manufacturera ya desarrollada en la primera transformación. A través de esta integración se pretende crear el concepto de cadena de valor tanto en aspectos de infraestructura didáctica como física.
- Desarrollo de la infraestructura de Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Fábrica de Aprendizaje: En las dos últimas transformaciones el pilar de la ingeniería ha participado a través de la participación en las actividades de la cadena de valor.

4. Fábrica de aprendizaje Universidad EAFIT

4.1. Primera transformación: creación de valor

Esta transformación pretende que el alumno identifique y desarrolle el concepto de valor agregado dentro del proceso de aprendizaje, a través de la fabricación de un producto final, creado por procesos relacionados.

Las prácticas tradicionales implicaban tareas individuales, consiguiendo como resultado la desorientación de los estudiantes. Sin embargo, la aplicación de una idea final en la construcción del producto, proporcionó a los estudiantes un punto de vista holístico. Por ejemplo, al realizar una práctica de doblado de tubo CNC, el resultado de la operación era una pieza imprecisa que no pertenecía a un producto (Imagen 2a). Considerando que, en la imagen 2b, se proporcionó un cuadro completo del proceso antes de realizar la tarea, obteniendo, mayor comprensión del proceso y mejores resultados.

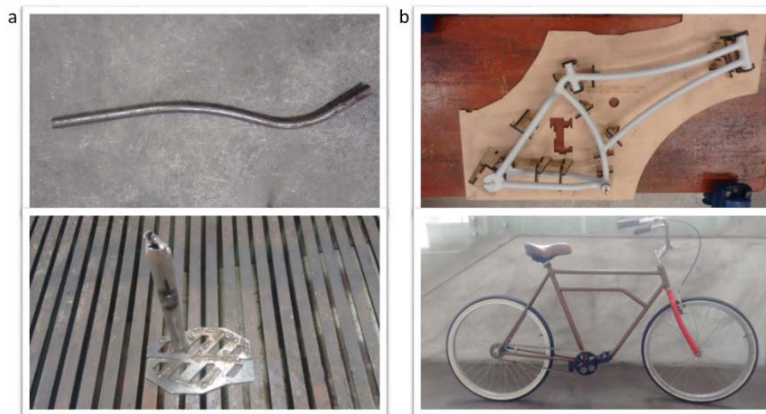


Imagen 2. (a) antes y (b) después de la primera transformación.

4.2. Segunda Transformación: Creación de la cadena de valor

Las operaciones de fabricación no son actividades aisladas y dependen de otros procesos dentro de la cadena de valor (diseño, logística entrante y saliente, planificación y control de producción, control de calidad, mantenimiento, servicio al cliente). Para vincular las otras actividades del sistema de producción se propuso una segunda transformación. El objetivo de esta etapa es doble; Primero, crear una cadena de valor para la fábrica de aprendizaje (Imagen 3) y segundo, introducir una plataforma PLM para gestionar la información del producto.



Imagen 3. Segunda transformación

En esta transformación se implementó un conjunto de ajedrez modular [23]. El diseño original se presenta en la imagen 3. Durante el desarrollo del curso, los estudiantes asumen el papel del director de producción dentro de la cadena de valor. La retroalimentación de los estudiantes y profesores fue positiva. Sin embargo, debido a las características del juego de ajedrez, la operación de montaje, logística de entrada y almacenamiento eran elementales, limitando la integración de la cadena de valor. Para dar proyección a las actividades de la cadena de valor se vincularon nuevos productos, que cambiaron las condiciones de las operaciones de fabricación, montaje, logística y planificación de la producción. Estos productos aumentan el número de ensamblajes y subconjuntos. Bajo estas condiciones, se introdujeron en la fábrica de aprendizaje nuevos módulos asociados con conceptos de fabricación ligera, gestión de producción, sistemas de fabricación modificables (modularidad, escalabilidad, flexibilidad) y diseño para X.

4.3. Tercera transformación: Desarrollo de infraestructura de tecnologías de la información y la comunicación para la FA

El componente TIC dentro de la industria 4.0 es crítico para adquirir, transferir y gestionar información en tiempo real entre clientes, proveedores, procesos, máquinas y operadores, con el objetivo de evaluar los elementos del sistema de producción cuando las decisiones son necesarias [5] [6]. En las dos últimas transformaciones se han realizado acciones para desarrollar la infraestructura TIC; Por ejemplo, la vinculación de una plataforma PLM, redes de Internet fija e inalámbrica, calibradores inalámbricos, operación remota del proceso de impresión 3d, sistema de telepresencia y equipo de información de visualización en la línea de montaje; Sin embargo, se propone que en esta transformación se complemente la infraestructura de TIC para lograr la base para la interconexión de toda la cadena de valor que se creó en la segunda etapa. El modelo conceptual de la tercera transformación se basa en la arquitectura de 5 niveles propuesta por Lee et al. [19], que proporciona una guía para el desarrollo y despliegue de sistemas ciber físicos para las aplicaciones de fabricación. La tercera transformación comprende los dos primeros niveles de la arquitectura 5C, que los divide en dos fases (Imagen 4):

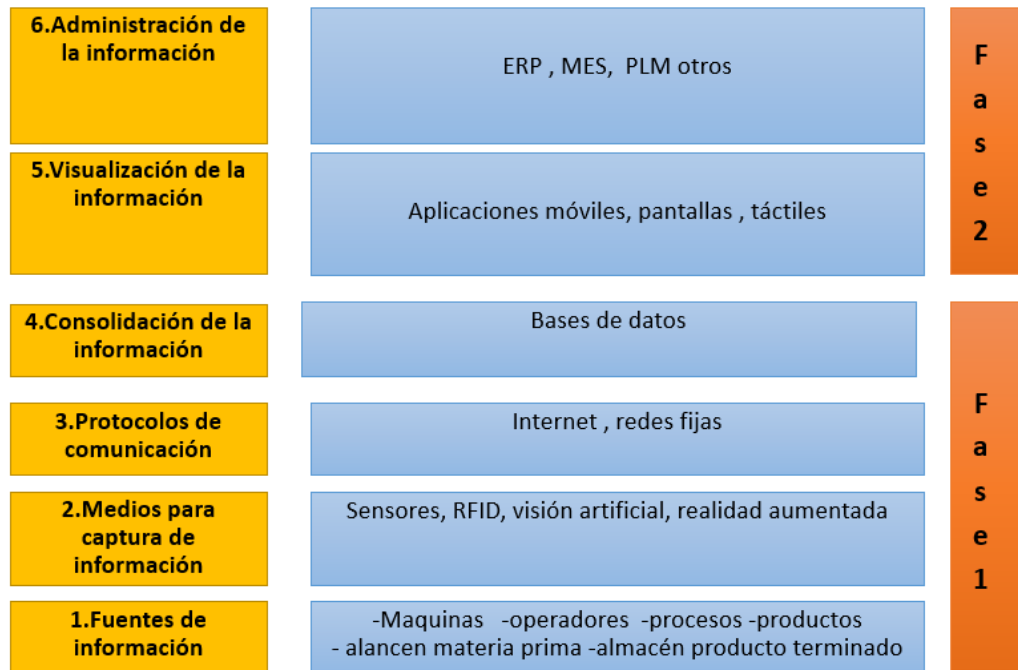


Imagen 4. Modelo de por Lee et al.

5. Discusión y conclusiones

Las fábricas de aprendizaje son un enfoque prometedor para el desarrollo de competencias. La vinculación de las estrategias de aprendizaje y las últimas tendencias en la fabricación potencian la formación, la investigación y la educación en diferentes áreas de la ingeniería. Este artículo presenta el modelo de transformación para cambiar la infraestructura física y la estructura didáctica de las prácticas de ingeniería de producción hacia el concepto de FA. Las transformaciones propuestas se basaron en la definición de tres pilares (didácticos, de integración y de ingeniería), que son un conjunto de características que deben ser desarrolladas para lograr una FA. Se propusieron tres transformaciones para desarrollar cada uno de los tres pilares. En las dos primeras transformaciones, la construcción del pilar didáctico fue la más crítica, debido a los desafíos en el desarrollo de estrategias de enseñanza-aprendizaje vinculadas al objetivo educativo, al grupo objetivo ya los recursos físicos.

Este modelo podría proporcionar una directriz replicable para implementar gradualmente una FA. Argumentamos que un proceso de transformación adecuado puede contribuir a facilitar el camino hacia nuevas tendencias de fabricación como la industria 4.0, en un contexto académico que refuerza el proceso de educación de ingeniería.

6. Bibliografía

- [1] WorldBank, *World Development Indicators*. Manufacturing, value added (% of GDP) <http://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS> , 2016.
- [2] J. E. S. Castro, P. N. P. Pérez, and G. S. Pérez, “Concentración de la industria manufacturera en Colombia, 2001-2010: una aproximación a partir del índice de Herfindahl-Hirschman,” *Diálogos de saberes: investigaciones y ciencias sociales*, no. 40, pp. 115–138, 2014.
- [3] U. Wagner, T. AlGeddawy, H. ElMaraghy, and E. Müller, “Developing products for changeable learning factories,” *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 9, pp. 146–158, 2015.
- [4] J. Posada, C. Toro, I. Barandiaran, D. Oyarzun, D. Stricker, R. de Amicis, E. B. Pinto, P. Eisert, J. Dollner, and I. Vallarino, “Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet,” *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 35, no. 2, pp. 26–40, 2015.

- [5] M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto, "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios," in *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2016, pp. 3928–3937.
- [6] H. Kagermann, J. Helbig, A. Hellinger, and W. Wahlster, *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion, 2013.
- [7] M. Tisch, C. Hertle, E. Abele, J. Metternich, and R. Tenberg, "Learning factory design: a competency-oriented approach integrating three design levels," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, pp. 1–21, 2015.
- [8] E. Abele, J. Metternich, M. Tisch, G. Chryssolouris, W. Sihn, H. ElMaraghy, V. Hummel, and F. Ranz, "Learning Factories for research, education, and training," *Procedia CIRP*, vol. 32, pp. 1–6, 2015.
- [9] J. Lucena and J. Schneider, "Engineers, development, and engineering education: From national to sustainable community development," *European Journal of Engineering Education*, vol. 33, no. 3, pp. 247–257, 2008.
- [10] UNESCO, "Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development," 2010.
- [11] I. Phase and others, *Educating the engineer of 2020: Adapting engineering education to the new century*. National Academies Press, 2005.
- [12] S. Male, M. Bush, and E. Chapman, "Perceptions of competency deficiencies in engineering graduates," *Australasian Journal of Engineering Education*, vol. 16, no. 1, pp. 55–68, 2010.
- [13] T. Litzinger, L. R. Lattuca, R. Hadgraft, and W. Newstetter, "Engineering education and the development of expertise," *Journal of Engineering Education*, vol. 100, no. 1, pp. 123–150, 2011.
- [14] J. C. Cañón Rodríguez and J. Salazar Contreras, "La calidad de la educación en ingeniería: un factor clave para el desarrollo," *Ingeniería e Investigación*, vol. 31, pp. 40–50, 2011.
- [15] J. Cachay, J. Wennemer, E. Abele, and R. Tenberg, "Study on action-oriented learning with a Learning Factory approach," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 55, pp. 1144–1153, 2012.
- [16] S. Kreitlein, A. Höft, S. Schwender, and J. Franke, "Green Factories Bavaria: A Network of Distributed Learning Factories for Energy Efficient Production," *Procedia CIRP*, vol. 32, pp. 58–63, 2015.
- [17] L. Morell and M. Trucco, "A Proven Model to Re-Engineer Engineering Education in Partnership with Industry," in *World Engineering Education Forum, Buenos Aires, Argentina*, 2012.
- [18] "Brazil Model Factory (BMF) Salvador, "| McKinsey Capability Center Network", Capability-center.mckinsey.com, 2016. [Online]. Available: <https://capability-center.mckinsey.com/brazil-model-factory-bmf-salvador-0>. [Accessed: 04- Nov-2016].," 2016.
- [19] J. Lee, B. Bagheri, and H.-A. Kao, "A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems," *Manufacturing Letters*, vol. 3, pp. 18–23, 2015.

7. Biografías

Alvaro De Jesus Guarin Grisales es un catedrático de la Universidad EAFIT. Se graduó de ingeniería mecánica en la Universidad de Antioquia en 1995. Posee un Master en ingeniería y tecnología de la Ecole Nationale d' Ingénieurs de Metz y un doctorado en diseño y fabricación de la Universidad Politécnica de España. Es el Director del grupo de investigación en tecnología de producción en la Universidad EAFIT donde también coordina la especialización en rediseño de productos.

Felipe Baena es Ingeniero de Producción de la Universidad EAFIT. Actualmente es Investigador en el Grupo de tecnologías de la producción. Se encuentra desarrollando sus estudios de maestría en Ingeniería cuyo trabajo de grado está centrado en el Desarrollo de planta de aprendizaje.

Julian Mora Orozco es parte del grupo de investigación de tecnología de producción en la Universidad EAFIT. Se graduó de ingeniería mecánica en la Universidad de Antioquia en 2007 y es candidato a MSc en la Universidad EAFIT. Dirige una empresa de consultoría en el área de CAD/CAE/CAM. Sus intereses de investigación son gestión de ciclo de vida de productos, fabricación digital y la industria 4.0.