

RETO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ENTORNOS EDUCATIVOS

CHALLENGE OF INDUSTRY 4.0 IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS

 **PhD. Matías Herrera Cáceres***,  **MSc. Milton Jesús Vera Contreras***,
 **MSc. Nelly Rosana Díaz Leal***

* **Francisco de Paula Santander Cúcuta University**, GIA and GIDIS Groups.
Av Gran Colombia No 12E-96, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia
E-mail: {matiashc, miltonjesusvc, nellyrosanadl}@ufps.edu.co

Cómo citar: Herrera Cáceres, M., Vera Contreras, M. J., & Díaz Leal, N. R. (2023). RETO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ENTORNOS EDUCATIVOS. REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGÍAS DE AVANZADA (RCTA), 2(42), 42–50.
<https://doi.org/10.24054/rcta.v2i42.2652>

Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.



Resumen: El artículo presenta un proyecto exitoso de Innovación Curricular basado en la Metodología General Ajustada (MGA) y aprobado por la OCAD del Sistema Nacional de Regalías del Gobierno de Colombia. La propuesta central es un Laboratorio de Fabricación Digital (FabLab) que busca fomentar el autoaprendizaje, el aprendizaje colaborativo y por descubrimiento, impulsando así la innovación y el emprendimiento a través de la cooperación entre la Universidad, el sector productivo y los emprendedores. Esto crea un flujo positivo de ciencia, ingeniería y transformación digital de la sociedad. Las principales lecciones aprendidas incluyen la importancia del liderazgo, el trabajo en equipo, la confianza institucional, el trabajo virtual, la promoción del acceso abierto al conocimiento y la colaboración entre entidades educativas y gubernamentales.

Palabras clave: Laboratorio de Fabricación, Innovación, Diseño Curricular, Emprendedor, Transformación Digital

Abstract: The article presents a successful Curricular Innovation project based on the Adjusted General Methodology (MGA) and approved by the OCAD of the National Royalties System of the Government of Colombia. The central proposal is a Digital Fabrication Laboratory (FabLab) that seeks to foster self-learning, collaborative and discovery learning, thus boosting innovation and entrepreneurship through cooperation between the University, the productive sector and entrepreneurs. This creates a positive flow of science, engineering and digital transformation of society. The main lessons learned include the importance of leadership, teamwork, institutional trust, virtual work, promotion of open access to knowledge and collaboration between educational and governmental entities.

Keywords: Fabrication Laboratory, Innovation, Curricula Design, Entrepreneur, Digital Transformation

1. INTRODUCCIÓN

Una exigencia permanente a la Universidad es que su oferta formativa sea relevante en la práctica, sin dejar de ser rigurosa. Esta exigencia se inscribe en el viejo debate o lugar común del Rigor y la Pertinencia, que propone una mayor vinculación de los académicos con el mundo profesional y el desarrollo de proyectos que articulen los procesos formativos con la realidad práctica del sector productivo (Benbasat & Zmud, 1999; Hevner et al., 2004; Straub & Ang, 2011; Irwin, 2019). Esta necesidad es mucho más visible en los programas académicos relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), ya que la Industria 4.0 está generando cambios permanentes, de gran magnitud y muy rápidos (Oztemel & Gursev, 2020; CONPES 3975 National Policy on Digital Transformation and Artificial Intelligence, 2019), por lo que urge incursionar en nuevas propuestas curriculares.

Teniendo en cuenta lo anterior, el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta (UFPS) realizó una búsqueda rigurosa en fuentes internacionales, indagando sobre propuestas curriculares innovadoras y factibles de aplicación en su contexto. A partir de este ejercicio, se identificó la tendencia de los Laboratorios de Fabricación Digital (FabLab), originada en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Este tipo de iniciativas como el FabLab son muy interesantes tanto para la Universidad, en términos curriculares, como para el sector productivo y las políticas gubernamentales. Sin embargo, implica grandes inversiones, razón por la cual la Universidad decidió presentarse a una convocatoria del Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) del Sistema Nacional de Regalías (SGR) del Gobierno colombiano, y se les otorgó un presupuesto cercano a los tres billones de pesos (\$2.921.000.000). Con este presupuesto se adecuará el espacio físico, se dotará el FabLab y se iniciará su operación ofreciendo servicios educativos y profesionales, con la visión de articular a la Universidad, las empresas y los emprendedores.

El resto del documento da a conocer la filosofía y práctica de los FabLabs, la propuesta curricular de alto nivel, la experiencia exitosa de formulación y adjudicación del proyecto de inversión ante la OCAD / SGR y las conclusiones y trabajos derivados de esta experiencia.

2. PROPUESTA CURRICULAR

La propuesta curricular se fundamenta teóricamente en la Teoría de los Sistemas Ecológicos (Bronfenbrenner, 1977; I-Wah, 2011; Ettekal & Mahoney, 2017; Sukhbaatar & Tarkó, 2018) y metodológicamente basado en el Diseño Científico (Hevner et al., 2004; Wieringa, 2014). Y en la práctica se fundamenta en las propuestas de la red FabLab, que tiene su propio bagaje teórico sobre educación y FabLab (Paulo Blikstein, 2013). A continuación, se detalla primero todo lo relacionado con FabLabs, de acuerdo a lo propuesto en la convocatoria OCAD/SGR y luego se especifica la propuesta curricular para implementar FabLabs en la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta.

2.1 Laboratorio de Fabricación Digital (FabLab)

Los Laboratorios de Fabricación Digital (FabLab) son una iniciativa del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Consisten en un conjunto de herramientas electrónicas y de fabricación de uso industrial y un conjunto de software y programas de código abierto. Ofrecen a los usuarios la posibilidad de conceptualizar, diseñar, desarrollar, fabricar y probar casi cualquier cosa localmente. Los FabLabs proporcionan capacidades para la aplicación de la ingeniería en el diseño y la fabricación de soluciones de la Industria 4.0 y abren numerosas posibilidades de soluciones innovadoras a los problemas de la sociedad. También permiten a las comunidades locales fomentar la innovación, principalmente con soluciones sostenibles. Además, los laboratorios actúan como incubadora de microempresas o emprendedores locales (Paulo Blikstein, 2013; Souza et al., 2020). A nivel mundial, la Fundación FabLab cuenta con una red que agrupa a todos los laboratorios de fabricación digital y en la que actualmente están registrados 1863 FabLabs, como se muestra en la Figura 1 (FabFoundation, 2020).



Fig. 1. Red Mundial FabLab

Algunos de los laboratorios más destacados a nivel mundial son FabLaB (MIT), FabLab Barcelona y FabLab Valencia. Colombia no ha sido ajena a este auge de las nuevas tecnologías y las culturas creativas y algunas universidades cuentan con FabLabs, como la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional de Colombia, la Sede Medellín, la Universidad Autónoma de Occidente y el Makerspace de la Universidad de Caldas. La figura 2 muestra un mapa de la distribución de los FabLabs en Colombia (FabFoundation, 2020).



Fig. 2. Red FabLab Colombia

En los Laboratorios de Fabricación Digital se valora la creatividad como uno de los valores más importantes y sus esfuerzos se centran en desarrollar, alimentar y dar posibilidades reales a las personas creativas. La filosofía de los FabLabs es agilizar la creación de prototipos de ideas y aprender haciendo. Además, no es un concepto de una disciplina concreta, sino que abarca un amplio abanico: arquitectura, ciencias básicas, Ingeniería de Sistemas, Electrónica, Mecánica, Electromecánica, Industrial, entre muchas otras.

Un laboratorio de fabricación digital es un taller totalmente equipado donde las personas tienen la oportunidad de hacer algo, de transformar una idea en un objeto concreto. Son espacios que funcionan como talleres tecnológicos que, por sus dimensiones, permiten realizar trabajos a gran escala, pero, sobre todo, desarrollan la creatividad, la investigación, el aprendizaje y el trabajo colaborativo, por lo que son una fuente de desarrollo económico y tecnológico. Este tipo de laboratorio está compuesto por herramientas de fabricación, electrónica industrial, Internet de las Cosas (IOT) y Diseño Gráfico; herramientas listas para usar que utilizan tanto software libre como propietario. El laboratorio permite a los grupos de investigación y

a los profesores y estudiantes disponer de un lugar donde las ideas se hacen realidad, donde los investigadores y emprendedores tienen la oportunidad de experimentar y ver cómo los productos de su imaginación se hacen realidad. La idea es que puedan plasmar su gran idea en una tecnología que pueda llevarse rápidamente a escala industrial.

La propuesta de FabLab para la Universidad Francisco de Paula Santander consta de una superficie aproximada de 500 metros cuadrados, que estará compuesta por las áreas de (i) impresión 3D, (ii) corte y marcado con láser o fresado, (iii) área de IOT (Internet de las Cosas), (iv) área de modelado, (v) área de realidad virtual/aumentada, (vi) área de desarrollo móvil, (vii) área de Inteligencia Artificial, (viii) área de aplicación de drones, (ix) área de contenidos digitales, y (x) área de ensamblaje o acabado. Además, contará con dos áreas especiales para ideación y trabajo colaborativo.

El FabLab propuesto para la UFPS permitirá trabajar con diferentes materiales al contar con maquinaria para cartón, plástico, polietileno, poliéster, caucho, papel, acrílico, tela, cuero electrónico, madera, textil, entre otros. Corte por láser, soldadura, impresión 3D, arduinos, software especializado y programas de diseño 2D y 3D.

En temas de tendencia de Industria 4.0 como IOT e Inteligencia Artificial, permite el diseño y construcción de dispositivos electrónicos para automatización de procesos o captura de datos de objetos interconectados por internet y aplicaciones en la nube para utilizar técnicas como aprendizaje automático y aprendizaje profundo.

Por último, la filosofía de FabLab puede resumirse en cinco pilares: trabajo colaborativo y tutoría, aprender haciendo, creación de prototipos, espíritu emprendedor y acceso abierto. Estos cinco pilares se corresponden con los fundamentos teóricos de FabLab, como el aprendizaje experiencial, la pedagogía crítica y el constructivismo, siguiendo las ideas de Dewey, Montessori, Piaget, Freire, Papert y Resnick, estos dos últimos destacados en el mundo de la informática por sus lenguajes Logo y Scratch (Paulo Blikstein, 2013; P. Blikstein et al., 2017; Souza et al., 2020).

2.2 La propuesta curricular de la UFPS

En la literatura se pueden encontrar diversas teorías, metodologías, marcos de trabajo, enfoques, estrategias y planteamientos pedagógicos, además

de la normatividad colombiana y las experiencias en la práctica cotidiana de la Universidad. Una teoría interesante es la propuesta por Bronfenbrenner, la Teoría de los Sistemas Ecológicos. Según esta teoría, el ecosistema tiene mucha influencia en la educación y se proponen cinco (5) ecosistemas (Figura 3): micro, meso, exo, macro y crono (Bronfenbrenner, 1977; I-Wah, 2011; Sukhbaatar & Tarkó, 2018).

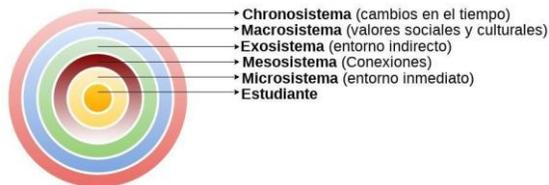


Fig. 3. Diagrama de la teoría de los sistemas ecológicos

Si se trata de afrontar la Industria 4.0 desde la educación, puede ser conveniente aceptar esta teoría y en ese caso es imprescindible crear un ecosistema educativo que favorezca la articulación del proceso de aprendizaje con el proceso productivo. Los problemas reales de las empresas, las administraciones y la sociedad pueden servir como herramienta de aprendizaje para los alumnos y sus ideas y propuestas de solución pueden ser rápidamente prototipadas y evaluadas en la práctica real. Eso es precisamente lo que persigue un FabLab, esa es su filosofía.

Sin embargo, la teoría orienta la visión pero no dice cómo alcanzarla. Para ello se siguen las propuestas del Diseño Científico, especialmente la metodología propuesta por (Hevner et al., 2004), que se ilustra en la figura 4.

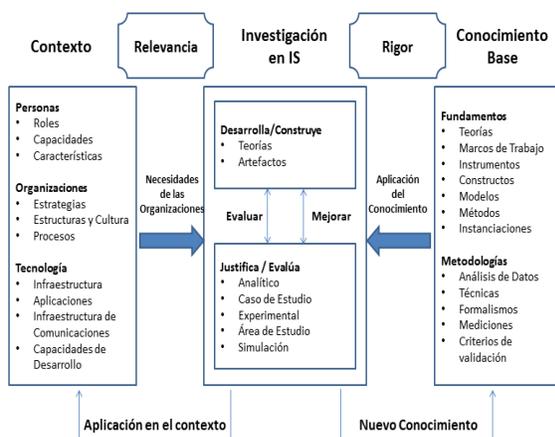


Fig. 4. Diseño científico metodológico

Esta propuesta metodológica permite un equilibrio entre rigor y relevancia práctica y se centra en la resolución de situaciones del mundo real, articulando investigación y práctica profesional, algo que los FabLabs fomentan. Además, se logra un círculo virtuoso en el que se resuelven problemas en la práctica y al mismo tiempo se genera divulgación científica, por lo que el proceso de aprendizaje permite el desarrollo de competencias para la práctica profesional y para el mundo académico.

Pero no basta con la teoría, la metodología y el FabLab, se requiere una red de apoyo, una red de trabajo colaborativo. Si bien la red FabLab aporta mucho, cabe mencionar que en términos prácticos la UFPS ya cuenta con un ecosistema de varios años, debido a su experiencia en programas de emprendimiento como Apps.co, Punto Vive Digital Lab y el Hackathon de Transporte, experiencias reales sobre articulación entre la Universidad y el sector productivo, que dieron origen a iniciativas como la que se presenta en este documento.

Finalmente, cabe aclarar que esta es una propuesta curricular de alto nivel y su especificación detallada escapa al alcance de este documento. Sin embargo, de acuerdo a lo anterior, se puede observar que la propuesta de un FabLab es coherente con la Teoría de Sistemas Ecológicos en el sentido de promover el ecosistema para articular la Universidad con la realidad del sector productivo y la sociedad. Asimismo, el enfoque de Diseño Científico genera oportunidades de innovación curricular en cada disciplina específica. Una vez que la Universidad cuente con el FabLab y éste inicie operaciones, se podrá comenzar a evaluar la investigación sobre el cambio educativo, la transformación digital, la evolución curricular y el impacto en la sociedad y la sinergia entre la Universidad, las empresas y los emprendedores.

3. EXPERIENCIA OCAD/SGR

En Colombia existen varias oportunidades de convocatorias del Gobierno Nacional para obtener recursos para desarrollar proyectos desde la Universidad. Una de estas oportunidades es el Sistema Nacional de Regalías (SGR), que se canaliza a través del OCAD (Órgano Colegiado de Administración y Decisión). La única salvedad es que está cerrado al uso de la metodología del Marco General Ajustado (MGA), que aplica para proyectos de inversión y no tanto para proyectos de ciencia.

Considerando que en este trabajo se presentó previamente la propuesta curricular, de manera equilibrada se presenta lo siguiente respecto al MGA y la experiencia de la UFPS en la convocatoria.

3.1 Marco General Ajustado (MGA)

La Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública (MGA) es una metodología y una herramienta informática desarrollada por la Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas del Departamento Nacional de Planeación (DNP). La herramienta registra información para la formulación y evaluación de un proyecto de inversión con asignación de recursos de los diferentes presupuestos públicos. Su sustento conceptual es la metodología del Marco Lógico (o Marco General Ajustado), derivada principalmente de los procedimientos e instrumentos de la Planeación Orientada a Objetivos (en alemán ZielOrientierte Project Planung - ZOOP), y de los principios de preparación y evaluación económica de proyectos del gobierno colombiano (DNP, 2016).

El MGA se compone de módulos y capítulos, organizados de forma secuencial, de manera que la información obtenida y trabajada durante el proceso de formulación se va registrando progresivamente. Se inicia con la identificación de una situación negativa vivida por un determinado grupo de personas y una o más alternativas de solución, y continúa con la evaluación de la factibilidad técnica, social, ambiental y económica de cada una de estas alternativas, lo que permite elegir la más conveniente y programar el cumplimiento del objetivo general propuesto en términos de indicadores y metas.

3.2 Experiencia del proyecto MGA FabLab

La Universidad Francisco de Paula Santander, de acuerdo con su misión y visión, se ha caracterizado por liderar las transformaciones regionales a través de la docencia, la investigación y la extensión. Este liderazgo se ve reflejado en sus programas académicos, varios de ellos acreditados en Alta Calidad, en el proceso de obtención de la Acreditación Institucional y en el reconocimiento de Colciencias para grupos de investigación y semilleros de investigación. Sin embargo, aunque la UFPS cuenta con varios laboratorios, no dispone de espacios para desarrollar actividades de Fabricación Digital, por lo que es necesario adecuar los espacios

físicos y dotarlos de acuerdo con los estándares propuestos por el movimiento de Fabricación Digital (FabLab) a nivel mundial.

Adicionalmente, un reto regional para la UFPS es convertir en oportunidades la crisis socioeconómica derivada del fenómeno migratorio venezolano y la situación de posconflicto, una evolución de los enfoques educativos hacia modelos abiertos y colaborativos que fomenten la creatividad, la innovación y el emprendimiento, así como una mayor agilidad en la transferencia de conocimiento y tecnología al sector productivo.

En este sentido, siguiendo las directrices del MGA, la UFPS formuló el árbol de problemas de la Figura 5.

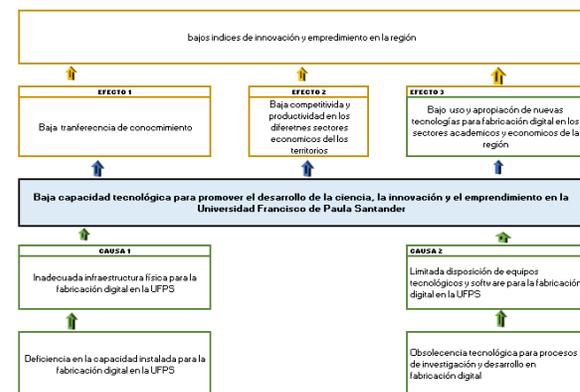


Fig. 5. Árbol de problemas

El problema central de este árbol es que la UFPS tiene una baja capacidad tecnológica (infraestructura y talento humano) para el fomento de la Ciencia, la Innovación y el Emprendimiento, lo que genera un círculo vicioso que perpetúa los bajos indicadores de competitividad.

Por ello, es fundamental invertir en iniciativas como un Laboratorio de Fabricación Digital (FabLab). No sólo porque no existen laboratorios de este tipo, sino porque estos espacios permiten a la Universidad mejorar su integración con el sector productivo, fomentar la investigación, el prototipado, la innovación y el emprendimiento, lo que contribuye sustancialmente en transformaciones para la región.

Según MGA, esta situación deseable que se espera alcanzar con la implantación del proyecto FabLab se construye a partir de la técnica aplicada en este caso el árbol de objetivos (Figura 6), donde se propone redefinir todas las condiciones negativas del árbol de problemas para transformarlas en condiciones positivas que se puedan alcanzar en la práctica,

teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El problema principal del árbol de problemas se convertirá en el objetivo general.
2. Las causas directas e indirectas se convertirán en los medios u objetivos específicos.
3. Los efectos directos e indirectos se convertirán en los fines.

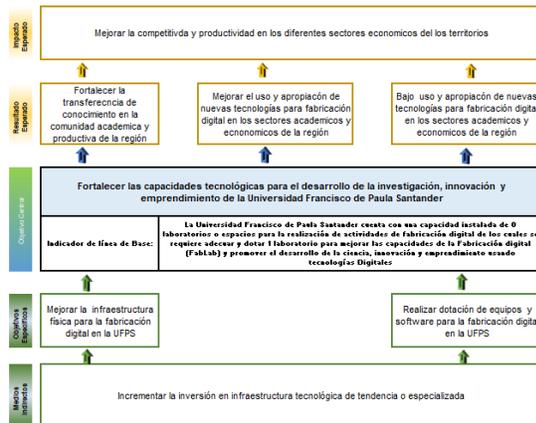


Fig. 6. Árbol objetivo

Se proponen los siguientes objetivos para la ejecución del proyecto:

3.3 Objetivo General.

Fortalecer las capacidades tecnológicas para el desarrollo de la investigación, la innovación y el emprendimiento en la Universidad Francisco de Paula Santander.

El indicador propuesto para medir el objetivo general se planteó de la siguiente manera: Incrementar el número de Laboratorios de Fabricación Digital en la Universidad Francisco de Paula Santander. Meta: 1

3.4 Objetivos específicos

Mejorar la infraestructura física para la fabricación digital en la Universidad Francisco de Paula Santander.

Suministrar equipos y software para la fabricación digital en la Universidad Francisco de Paula Santander.

La materialización de los objetivos específicos y el cumplimiento del resultado esperado del proyecto solo es posible a través de los productos con sus requerimientos y características de los bienes y servicios propuestos en las tres alternativas de solución para este proyecto:

Alternativa 1: Crear un Centro de Desarrollo Tecnológico para la manufactura digital en el departamento de Norte de Santander.

Alternativa 2: Crear un laboratorio de manufactura digital en la Universidad Francisco de Paula Santander para promover el desarrollo de la ciencia, la innovación y el emprendimiento.

Alternativa 3: Fortalecimiento de los laboratorios existentes en los diferentes departamentos académicos de la Universidad Francisco de Paula Santander; dedicados a la fabricación digital.

Para determinar la alternativa a seleccionar se analizaron diferentes factores como capacidad institucional, capacidad instalada, probabilidad de cumplimiento de los objetivos, rentabilidad y cobertura.

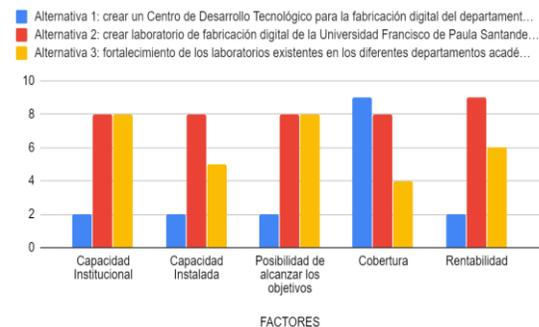


Fig. 7. Evaluación de Alternativas

Se puede concluir (Figura 7) que, de acuerdo con la ponderación de los factores, la alternativa más viable para satisfacer las necesidades de CTel es la Adecuación, Dotación e Implementación de un Laboratorio de Manufactura Digital para Promover el Desarrollo de la Ciencia, la Innovación y el Emprendimiento en la Universidad Francisco de Paula Santander, ya que esta alternativa tiene la mejor puntuación de los factores analizados.

La Adecuación, Dotación e Implantación del Laboratorio de Fabricación Digital de la UFPS sólo se consigue a través de diferentes procesos de transformación en los que intervienen actividades que utilizan un conjunto de inputs cuyos valores unitarios permiten estimar los costes del Laboratorio.

Esta articulación del FabLab (Tabla 1) de insumos, actividades, productos, para cada objetivo específico y los resultados que generan valor para la

sociedad, se denomina cadena de valor en proyectos de inversión pública.

Tabla. 1: Cadena de valor Laboratorio FabLab

Objetivo específico 1. Mejorar la infraestructura física para la fabricación digital en la UFPS.	
Resultado 1. Infraestructura de investigación adecuada Cantidad 1	Actividad 1. Realización de la obra civil
	Actividad 2. Realizar carpintería metálica
	Actividad 3. Instalar el sistema eléctrico y el cableado estructurado
	Actividad 4. Supervisión y control de la gestión del proyecto.

Objetivo específico 2. Proporcionar equipos y programas informáticos para la fabricación digital en la UFPS.	
Resultado 1. Dotación de infraestructuras de investigación Cantidad 1	Actividad 1. Proporcionar mobiliario y suministros para el laboratorio de fabricación digital.
	Actividad 2. Adquirir e instalar equipos y programas informáticos en las áreas del laboratorio de fabricación digital.
	Actividad 3: Capacitar a funcionarios, docentes e investigadores en el manejo, uso y apropiación del equipamiento del laboratorio de fabricación digital.
	Actividad 4: Realizar sesiones de divulgación y formación sobre las ventajas del laboratorio de fabricación digital dirigidas a la comunidad académica, científica y empresarial.
	Actividad 5: Supervisión del proyecto

El concepto de cadena de valor forma parte integrante de una formulación adecuada y complementa la metodología del marco lógico al especificar los componentes del proyecto en términos de los productos específicos que se entregarán a través de él, de modo que más adelante, en la fase de seguimiento, puedan supervisarse de una manera más adecuada, lo que a su vez permite comprender mejor la estructura de ejecución del proyecto (DNP, 2016).

El Laboratorio de Manufactura Digital implica una inversión sustancial y la puesta en marcha del laboratorio con recursos propios de la UFPS es difícil por su condición de universidad pública,

razón por la cual decidió postularse en el marco del Plan Bienal de Convocatorias Públicas, Abiertas y Competitivas del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación - FCTeI - del Sistema General de Regalías - SGR - para el bienio 2019 - 2020.

La UFPS presentó un listado de propuestas de proyectos elegibles a la Convocatoria para el fortalecimiento de las capacidades institucionales e investigativas de las Instituciones de Educación Superior - IES - públicas en todas las áreas del conocimiento, a través de proyectos de adecuación de infraestructura y equipamiento para el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación o investigación + creación. La necesidad de cada IES está alineada con un documento estratégico institucional vigente (Colciencias, 2019).

La financiación de la convocatoria se dividió en las seis regiones de Colombia: Eje Cafetero, Centro Oriente, Pacífico, Centro Sur, Caribe y Los Llanos. Se registraron 44 propuestas de proyectos por un monto total de \$91.559.737.331 en todas las regiones. Los criterios para la evaluación de la propuesta fueron: Calidad de la propuesta del proyecto de inversión, Resultados, impactos y productos esperados del proyecto, Sostenibilidad de la infraestructura y equipamiento, Conformación y experiencia del equipo de trabajo, El puntaje mínimo para que la propuesta sea declarada elegible es de 65 puntos. El proyecto Laboratorio FabLab de la UFPS obtuvo un puntaje de 86,67 en la Región Centro Oriente, lo que le otorgó la condición de elegible dentro de la convocatoria para cumplir con los requisitos necesarios para presentar el proyecto de inversión a consideración del Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTeI) para su priorización, viabilización y aprobación.

El OCAD del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, aceptó y aprobó a la Universidad Francisco de Paula Santander como entidad ejecutora y como instancia designada para adelantar la contratación de la interventoría del proyecto: "Adecuación, Equipamiento e Implantación de un Laboratorio de Fabricación Digital para promover el desarrollo de la Ciencia, la Innovación y el Emprendimiento en la UFPS".

La UFPS cumple con los requisitos previos que avalan fuentes de financiación distintas al Sistema General de Regalías para el inicio de la ejecución del proyecto de inversión del Laboratorio de Fabricación Digital en la UFPS.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Es interesante que la propuesta curricular resulte muy académica, del mundo ideal, de las teorías y publicaciones científicas. En cambio, la experiencia de formulación y adjudicación del proyecto de inversión es más práctica, más del mundo real. Y el FabLab consigue ser ese articulador para lograr la sinergia para afrontar la Industria 4.0 desde la educación.

Los FabLabs son mucho más que el laboratorio del aula tradicional, son un entorno de aprendizaje que (siguiendo la Teoría de los Sistemas Ecológicos de Bronfenbrenner) permite la articulación inmediata (online) de la Universidad, el sector productivo y la sociedad. Los estudiantes aprenden haciendo cosas reales que resuelven problemas reales y su aprendizaje es riguroso en teoría y metodología, pero también relevante y aplicable en la práctica.

Debido al costo de un FabLab, es difícil para una universidad pública implementarlo con recursos propios. Por eso fue necesario apostar por la convocatoria OCAD/SGR. Y se logró una experiencia exitosa al formular el proyecto y obtener el presupuesto requerido para el FabLab. Para esto fue necesario apropiarse de la metodología MGA y moverse en el ecosistema gubernamental; sin esto, es difícil acceder a recursos estatales para CTeI.

A futuro se espera medir y evaluar el impacto de la propuesta curricular innovadora en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en los resultados de desarrollo de las empresas que apuestan por la Industria 4.0.

REFERENCIAS

- Benbasat, I., & Zmud, R. W. (1999). Empirical Research in Information Systems: The Practice Of Relevance. *MIS Quarterly*, 23(1), 3–16.
- Blikstein, P., Kabayadondo, Z., Martin, A., & Fields, D. (2017). An Assessment Instrument of Technological Literacies in Makerspaces and FabLabs. *Journal of Engineering Education*, 106(1), 149–175. <https://doi.org/10.1002/jee.20156>
- Blikstein, Paulo. (2013). *Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention*.
- Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American Psychologist*, 32(7), 513–531. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.32.7.513>
- Condiciones específicas para el mecanismo de participación 2: propuestas de proyectos para la creación y el fortalecimiento de centros e institutos de I+D, Colciencias (2019). <https://minciencias.gov.co/convocatorias/pla-n-bienal-convocatorias-fctei/convocatoria-del-sistema-general-regalias-fondo-ctei-0>
- CONPES 3975 Política Nacional de Transformación Digital e Inteligencia Artificial, CONPES 3975 (2019). https://www.mintic.gov.co/portal/604/articulos-107147_recurso_1.pdf
- Documento guía del módulo de capacitación en teoría de proyectos, DNP (2016). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/MGA/Manual%20Conceptual/20.06.2016%20Documento%20Base%20Modulo%20Teoria%20de%20Proyectos.pdf>
- Ettekal, A., & Mahoney, J. (2017). *Ecological Systems Theory* (pp. 239–241). <https://doi.org/10.4135/9781483385198.n94>
- FabFoundation. (2020). *FabLabs: A platform for connecting Fab Labs and their users from around the world*. FabLabs.io - The Fab Lab Network. <https://www.fablabs.io/>
- Hevner, A. R., March, S. T., & Park, J. (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.
- Irwin, A. (2019). Re-making 'quality' within the social sciences: The debate over rigour and relevance in the modern business school. *Sociological Review*, 67(1), 194–209. <https://doi.org/10.1177/0038026118782403>
- I-Wah, P. (2011). Home-school Cooperation in the Changing Context - An Ecological Approach. *Asia-Pacific Education Researcher*, 20, 1–16.
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Souza, R., Rocha, J., Lopes, I. M., Rocha, C., & Carvalho, J. (2020). Use of a fab lab in STEAM education: Development of Information Technologies inserted in a smart city context through a fablab [Utilização de um fab lab na educação STEAM Desenvolvimento de Tecnologias de informação inseridos num contexto de smart city por meio de um fablab]. In G. R. Rocha A. Perez B. E. ., Penalvo F. G. ., del Mar

- Miras M. (Ed.), *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI* (Vols. 2020-June). IEEE Computer Society.
<https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9141135>
- Straub, D. W., & Ang, S. (2011). Rigor and Relevance in IS Research: Redefining the Debate and a Call for Future Research - Editor's Comments. *MIS Quarterly*, 35(1), iii–xi.
- Sukhbaatar, B., & Tarkó, K. (2018). *Contexts of School and Herder Family Communication in Mongolia: A Conceptual Framework*. 118, 157–174.
<https://doi.org/10.17670/MPed.2018.2.157>
- Wieringa, R. J. (2014). *Design science methodology: For information systems and software engineering*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-43839-8>