Modelo de mejoramiento productivo: una aplicación de la fabricación digital incorporada al aprendizaje basado en proyectos (ABP) en la educación superior

Raúl I. Cruz^{1*}, Claudia L. Serrano¹, y Brigitte J. Rodríguez²

(1) Unidad de Ciencias Administrativas y Contables GICABS, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Calle 1 N° 9-50, Bogotá - Colombia (correo-e: raul.cruz-m@uniminuto.edu.co; claudia.serrano@uniminuto.edu.co)

(2) Secretaría de Educación Distrital, Av. El Dorado #66-63, Bogotá - Colombia.
(correo-e: bjrodriguez@educacionbogota.edu.co)

* Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia.

Recibido Jul. 24, 2020; Aceptado Sep. 22, 2020; Versión final Oct. 26, 2020, Publicado Abr. 2021

Resumen

El propósito de este estudio es describir cómo el uso de la fabricación digital (FD) incorporada al aprendizaje basado en proyectos (ABP) desarrolla las competencias disciplinares vinculadas a la práctica de esta tecnología. Se utilizan dos herramientas de recolección de información: 1) evaluación cuantitativa de actitudes frente a la FD de un producto, y 2) la práctica académica en las dimensiones conductual, afectiva y cognitiva. La muestra está compuesta por treinta estudiantes universitarios de diseño industrial de la Universidad Javeriana (Colombia). Los resultados muestran que el 80% de los estudiantes están de acuerdo con que la FD incorporada al ABP influye de manera positiva en el método de diseño y desarrollo de producto. Se concluye que el recurso de la FD articulada a la estrategia pedagógica al ABP, constituye una experiencia de aprendizaje disruptivo que facilita a los estudiantes practicar el desarrollo de un producto con libertad en la exploración irrestricta de la forma y la función.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos; fabricación digital; educación superior; competencias disciplinares; diseño industrial

Productivity improvement model: an application of incorporating digital manufacturing to project-based learning (PBL) in higher education

Abstract

The purpose of this study is to describe how the use of digital manufacturing (DM) by project-based learning (PBL) develops disciplinary competencies linked to the application of this technology. Two tools are used for collecting information: 1) quantitative evaluation of attitudes towards digital manufacturing products and 2) academic practices in behavioral, affective, and cognitive dimensions. The sample is composed of 30 industrial design undergraduate students at the Universidad Javeriana (Colombia). The results show that 80% of the students agreed that incorporating DM to PBL has a positive influence on method design and product development. It is concluded that DM linked to PBL pedagogical strategy is a disruptive learning experience that facilitates students practice in developing a product with freedom and with unrestricted exploration of form and function.

Keywords: project-based learning; digital manufacturing; higher education; disciplinary skills; industrial design

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las competencias disciplinares del estudiante de diseño industrial lo involucra como proyectista en la solución de las necesidades reales, para la eficiente manufactura dentro del contexto productivo actual, que ha transitado a la aplicación de las tecnologías digitales en la fabricación (Hennessey y Mueller, 2020, p.500). En este contexto el estudiante de diseño industrial articula a su aprendizaje, las competencias disciplinares, mediante la apropiación de diferentes estrategias metodológicas y recursos tecnológicos, los cuales utiliza en la solución de problemas reales, a partir de las tecnologías de fabricación digital (FD).

El ABP como estrategia pedagógica se vincula a diferentes recursos metodológicos y tecnológicos para el desarrollo de competencias disciplinares del estudiante de diseño industrial, como el Design Thinking (DT) que lo estructura para adoptar conductas iterativas, en el abordaje de las situaciones problemáticas de la realidad a través de la aceleración de los procesos de comunicación, generación e implementación de ideas en un equipo de trabajo (Lebid, 2020, p.581). En este sentido, el modelo pedagógico más favorecido, actualmente, para enseñar el Design Thinking es el ABP, introducido por el Institute of Design at the Stanford University (d.school) (Zaqoot y Oh, 2018). Por otra parte, el Service-Learnig (ApS) es otro enfoque que a través del ABP promueve la conexión entre los resultados de aprendizaje esperados por el currículo, cuando estimula la interacción de los estudiantes, con una comunidad real, en el marco de la ejecución de un proyecto, que permita dar solución a sus necesidades y requerimientos (Briede y Mora, 2013, p.41). Este enfoque ha posibilitado a los estudiantes de diseño alcanzar un mayor nivel de adaptación en el trabajo, con una mayor empatía y empoderamiento, aspectos que les ha posibilitado mejorar y acelerar la comprensión de la práctica laboral del diseño en los contextos reales (Xie et al., 2020).

De modo que implementar recursos de carácter metodológico como el DT, el ApS y la aplicación de las tecnologías digitales al ABP ha dado la oportunidad a los agentes educativos de desarrollar diferentes competencias en los estudiantes. Dando lugar a un proceso de aprendizaje novedoso, mediante de la solución de situaciones problemáticas, de forma flexible y creativa, a partir de los conocimientos previos de estudiantes y docentes. (Hennessey y Mueller, 2020, p.500). En este sentido el ABP se considera una estrategia pedagógica exitosa que se enfoca en combinar técnicas y metodologías centradas en alentar al estudiante a la práctica de actividades asociadas al método basado en proyecto, como son el DT y la investigación (Lebid, 2020, p.573).

Con base en el anterior presupuesto, el propósito de la presente investigación consiste en comprender, cómo los estudiantes de diseño Industrial desarrollan las competencias disciplinares, vinculadas al uso de la FD, bajo la estrategia pedagógica del ABP, para el diseño y desarrollo de producto. La descripción de este proceso educativo busca la comprensión del fenómeno propuesto por Hennessey y Mueller (2020), quienes proponen identificar las competencias disciplinares vinculadas al uso de tecnologías digitales, necesarias para la sociedad actual, buscando un currículo orientado a procesos formativos, mediados por TIC para lograr una mejor comprensión y contribución significativa a los nuevos avances tecnológicos interdisciplinarios.

OTROS ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta los aportes de Lo (2019) “El propósito es conseguir que las personas se familiaricen con el ambiente industrial y sus requerimientos, de tal manera que estén preparados para encajar en el lugar de trabajo sin tener que afrontar factores adversos tales como, una orientación o interés inadecuado, una perspectiva equivocada, o una idea prematura de la profesión.”, podemos afirmar que los estudiantes de diseño industrial, según el contexto laboral, necesitan adquirir competencias disciplinares que les permitan diseñar y desarrollar productos, utilizando las tecnologías de fabricación digital, para desempeñarse en escenarios profesionales, lo cual ha llevado a que la influencia de esta tecnología genere nuevos paradigmas en la economía productiva, ante los convencionales modelos de producción y el desarrollo de competencias digitales de la ciudadanía, como lo plantean Voûte et al., (2020). En la actualidad la FD necesita de una articulación con estrategia pedagógica del ABP la que bajo los estudios de Rodríguez, Ordoñez & Meneses (2018), es un método que se centra en el aprendizaje, la investigación y la reflexión crítica para encontrar soluciones a un problema propuesto, que tiene como principio el uso de evaluación de problemáticas para que sean tomadas como punto de partida, que permiten la adquisición e integración de nuevos conocimientos, lo cual lleva a que sea una estrategia eficaz y flexible, en función de lo que hacen los estudiantes; puede mejorar la calidad de su aprendizaje en varios aspectos.

Hay una serie de antecedentes adicionales que es necesario detallar para documentar en mejor forma este trabajo: i) La educación y el diseño industrial en Colombia; ii) El currículo y la FD; iii) Competencias disciplinares del diseño Industrial; iv) El ABP como estrategia pedagógica en el Diseño industrial; v) La FD como recurso tecnológico educativo; y vi) Campos de desempeño del diseñador industrial.

La educación y el diseño industrial en Colombia.

El diseño industrial en Colombia es reconocido por el Ministerio de Educación como una carrera universitaria profesional, que se concibe como el conjunto de actividades relacionadas con el diseño y la proyección del uso, la función, la manufactura y la distribución de productos industriales, cuya esencia radica en ayudar a la sociedad. La educación de diseño industrial en Colombia data de mediados del siglo XX, y ha enfrentado vacíos programáticos, didácticos y de normalización en su enseñanza, situación que generó un detrimento en el desarrollo integral de las competencias profesionales y el rezago de su proceso de evolución disciplinar, como expone la Asociación Colombiana Red Académica de Diseño (RAD), miembro activo de la World Design Organization (WDO), (Baquero et al., 2007), donde explica que a los programas universitarios de diseño industrial en Colombia durante la primera década del siglo XXI se les asignaron dentro de sus planes de estudio diversos discursos, que devienen en enfoques que favorecen solo determinados factores, sin importar el menoscabo conceptual, y en contra de la integralidad y coherencia que exige un plan de estudios de calidad para el área industrial.

En la actualidad el RAD ejecuta un plan estratégico hacia el 2022 que busca el tránsito de la educación del diseño industrial, a la práctica de la investigación formativa a través de los semilleros de investigación, como parte fundamental del currículo, el cual tiene como derrotero dar respuesta a problemáticas ambientales y sociales de forma sostenible, en vez de centrarse en el desarrollo de productos con objetivos comerciales o de consumo (Aguirre, 2018). En este sentido López (2017) sostiene que el Diseñador Industrial debe ser un profesional responsable y reflexivo en su papel como generador de la cultura material que le rodea, circunstancia que lo llevará a estar centrado en las personas, más que en el crecimiento económico, a través de estrategias que permitan el desarrollo social; por consiguiente es adecuado que el énfasis en determinadas áreas disciplinares, dentro del currículo y el plan de estudio institucional vinculen secuencias didácticas, que posibiliten los resultados de aprendizaje asociados al contexto tecnológico que generen un rezago en el desarrollo de sus competencias disciplinares, estimando la creciente demanda y la evolución técnica del contexto productivo.

El currículo, el ABP y la FD

La relevancia de integrar la FD articulada al ABP dentro del currículo de la carrera de Diseño Industrial, radica en que esta posibilita a los estudiantes como generadores de la cultura material, resultados de aprendizaje que le van a permitir a este converger iterativamente hacia un impacto deseado (Voûte, et al, 2020). En este sentido la adopción del ABP en la Universidad de Stanford (Estados Unidos), ha facilitado los resultados de aprendizaje esperados por el currículo, cuando permite que los estudiantes durante la ejecución de un proyecto tengan la oportunidad de superar los desafíos reales para el diseño de un producto, pero además puedan desarrollar las competencias disciplinares para resolver tareas críticas, aplicando las tecnologías digitales de fabricación (Taratukhin et al., 2020).

La introducción de la fabricación aditiva como tecnología de FD en el plan de estudios del Programa de Diseño de Producto de la Universidad de Griffith (Australia), cambió el rol del estudiante de diseño industrial en la forma de construir su aprendizaje autónomo, ya que potenció este significativamente al cambiar la relación del estudiante en la forma de gestionar su conocimiento entre lo virtual y lo físico (Ausín, et al., 2016). De esta manera las tecnologías de FD le posibilitaron explorar a los estudiantes de diseño industrial, sus ideas desde la interfaz hasta la realidad y viceversa en un proceso iterativo e interconectado (Loy, 2014, p.10). Esta estrategia identificó además a la fabricación aditiva como una de las áreas más evolucionadas del diseño industrial.

De ahí que la presente investigación se propuso describir y comprender de qué manera el uso de la FD incorporada al ABP desarrolla las competencias específicas del estudiante de diseño industrial, que como en investigaciones de Fang (2018) y Young y Jiin (2012) se vinculan al desarrollo de destrezas intelectuales y físicas, las cuales los alumnos necesitan tener en el ejercicio de su disciplina, en cuanto al proceso de fabricación con la tecnología emergente, durante el diseño y desarrollo de Producto (Cruz-Maldonado, 2016).

Competencias disciplinares del diseño Industrial.

En el contexto del diseño industrial, las competencias disciplinares son aquellas en las que el profesional de esta disciplina aplica su conocimiento especializado a los procesos, los materiales, la tecnología y su ser, para dar respuesta a la creación de productos, bajo criterios de seguridad y de funcionalidad, orientados al usuario. Por lo cual, adoptar el modelo de educación basada en competencias para apoyar la formación enfocada en el mundo laboral, permite vincular a los estudiantes con la productividad que se pueda desempeñar en el medio, en el sentido de enfocar a los futuros egresados en la incorporación activa y productiva en su entorno laboral cuando concluyan su programa académico. Es así como el proceso de enseñanza y aprendizaje según Barrón (2016) como aspecto fundamental debe promover el desarrollo integral de los estudiantes para lograr la manifestación de reglas con las cuales el actuar competente no

depende sólo de llevar a cabo acciones y tareas, sino como una verdadera y real forma de constituir una experiencia, relacionando la inteligencia y situación, en virtud de la que no se puede hablar de la una sin la otra e inversamente.

Dentro de este contexto, el enfoque de trabajo por competencias busca reducir a menor escala posible, el tiempo de adaptación al entorno laboral, por lo que la referencia formativa del contenido curricular institucional debe enfocarse a ser el trabajo mismo, y logre un desarrollo integral de saberes y del individuo, expresado según el análisis de las funciones que se cumplen en el cargo, o bien la norma o práctica operativa aplicable en el caso de actividades específicas, lo que ha llevado a que el contexto donde se adelantó la presente investigación, se oriente a partir de un modelo cognitivo, flexible en la planeación de la enseñanza, que involucra: el proceso de enseñanza- aprendizaje, metodología de diseño y desarrollo de producto. Es así que, este modelo toma el enfoque por competencias y las secuencias de aprendizaje, desde la perspectiva didáctica de Ángel Díaz Barriga (2014), quien expone que, para tener una mejor comprensión conceptual de los principios de las secuencias didácticas, así como de las posibilidades de desarrollo que presta el enfoque por competencias, es necesario reconocer la coexistencia de ambas corrientes.

El ABP como estrategia pedagógica en el Diseño industrial

La estrategia del ABP utilizada para el proceso de enseñanza en el diseño de nuevos productos recurre a un enfoque interdisciplinario, para la integración de las actividades y los conceptos; esta busca que el estudiante potencie su pensamiento creativo, para dar solución a un problema no claramente delimitado, de forma innovadora, utilizando diversas metodologías docentes, las cuales plantean fases como la empatía, imaginación, experimentación, prototipado colectivo, pensamiento integrador y aprendizaje iterativo (Lebid, 2020, p.581). Estas metodologías de tipo holístico fomentan siempre la participación de diversos puntos de vista, dentro del proceso de análisis y mejoramiento continuo, para obtener soluciones radicales e innovadoras a través de un proceso que avanza o retrocede, a lo largo de sus diferentes fases, hasta encontrar la solución esperada (Hennessey y Mueller, 2020)

La FD en el contexto del presente trabajo de investigación funciona como un recurso didáctico y tecnológico dentro de la estrategia del ABP, cuya articulación busca que los estudiantes de diseño industrial construyan su conocimiento en forma autónoma y contextualicen su aprendizaje de una manera significativa, al darle solución a problemas reales, mediante el trabajo colaborativo. Por lo tanto el uso de la herramienta FD , articulada al ABP constituye una oportunidad de aprendizaje para la formación de los estudiantes de diseño industrial, en el desarrollo de sus competencias específicas, ya que dicha tecnología usada como recurso tecnológico, posibilita la realización de las fases de diseño, digitalización, fabricación y comprobación de un producto, a partir de la misma herramienta, para abreviar el camino que existe entre el proceso de conceptualización bidimensional y la materialización física de éste en la comprobación tridimensional de un diseño (Loy, 2014).

La FD como recurso tecnológico educativo

Como recurso didáctico la FD articulado al ABP, implica que los agentes educativos trabajen de forma colaborativa, correlacionen el desarrollo de sus proyectos con prácticas más cercanas a la realidad, generen un trabajo interdisciplinario y un ambiente más autónomo en el proceso de enseñanza- aprendizaje. En esta forma, la FD funciona como recurso didáctico activo en la formación, favoreciendo el desarrollo de competencias genéricas (o transversales) y las profesionales (que son específicas de cada profesión) como afirma Rangel (2015), siempre y cuando se cuente con una propuesta curricular competente que incluya la idoneidad epistémica, cognitiva, interaccional, medicinal, afectiva y ecológica.

Además la FD como recurso didáctico, incorporado al aprendizaje por proyectos coayuda a la solución de problemas en el aprendizaje del diseño industrial, como se observó en la Universidad de Griffith, Australia, cuando se determinó que la FD permite a los estudiantes evidenciar el alto grado de sofisticación de los modelos desarrollados de forma virtual en 3D, en contraste con sus habilidades manuales, para el desarrollo de un modelo tridimensional, fabricado en un taller tradicional (Loy, 2014,p.110). En este orden de ideas, se puede considerar a la FD , con su proyección para la innovación tecnológica como detalla Paritala et al. (2017), puede ser un recurso didáctico que aporta a la resolución de problemas y que también está asociado a las propiedades de las didácticas activas, como el aprendizaje significativo, ya que, durante la práctica del desarrollo de proyectos, cuando se incorpora el recurso tecnológico de la FD , los estudiantes hacen la transferencia de la solución, a los problemas reales.

Campos de desempeño del diseñador industrial

En esencia, el diseñador industrial es un proyectista que genera valor e innovación a la organización o empresa, logrando dar un resignificado de su profesión, como lo propone Nazarenko y Kazachkova (2019), ya que la interacción industrial tiene la proyección de propiciar experiencia humana en el ámbito virtual, objetos

y espacio. Para este cambio, la educación en diseño industrial no solo debe centrarse en la forma de cosas, sino en diseñar comportamientos entendiendo el significado de la tecnología a partir de perspectiva humana; por lo tanto, en su proceso formativo el estudiante de diseño industrial necesita desarrollar las competencias que le permitan alinearse continuamente a las nuevas formas de desarrollar productos, a medida que la revolución digital aumenta su incidencia en las prácticas industriales y las formas de producir a nivel global (Loy, 2018).

Nazarenko y Kazachkova (2019) definen que, en el ejercicio profesional el diseño industrial es un proceso estratégico de resolución de problemas que impulsa a la innovación y conduce a una mejor calidad de vida a través de productos, sistemas, servicios y experiencias innovadores, por lo que puede incursionar en diferentes mercados, tanto en sectores privados y públicos del gobierno, así como en la industria de la manufactura, donde los profesionales en el área pueden desempeñar diferentes roles y funciones laborales, que comprenden desde la evaluación de la calidad en el uso y la manufactura de un producto, hasta el registro de una patente o marca para éste, prácticamente el diseño industrial está presente en todas los objetos de uso cotidiano, y les permite a éste determinar sus propiedades formales, funcionales y ergonómicas.

METODOLOGIA

La presente investigación utiliza un modelo mixto, para la exploración y descripción del contexto de una comunidad educativa, con el propósito de generar las perspectivas teóricas del fenómeno estudiado, soportándose en métodos de recolección de datos no estandarizados y sin pretender generalizar de manera probabilística los resultados obtenidos, pero si definiendo la realidad, a través de las interpretaciones de los participantes. En el proyecto participaron 30 estudiantes pertenecientes al programa de diseño Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) de Bogotá. La selección de la muestra fue a conveniencia, con sujetos voluntarios para documentar las experiencias vividas por estos, como estudiantes de diseño industrial, que practican la FD incorporada al ABP, dentro de su plan de estudios.

El modelo mixto empleado, tuvo un estatus dominante cualitativo, que combinó la aplicación simultanea de un instrumento cuantitativo y otro cualitativo para una misma fase de estudio. Como instrumento cuantitativo se aplicó la encuesta tipo *Likert* para evaluar las actitudes de los estudiantes en cuanto el uso de la FD incorporada al ABP, para la metodología de desarrollo de producto (Opacic et al. 2018); para el instrumento cualitativo se empleó un cuestionario con preguntas abiertas para hacer el mapeo de los estudiantes en tres dimensiones: el conocer (saber), las actitudes (saber ser) y la práctica (saber hacer) durante su práctica académica, con la FD incorporada al ABP, con el fin de interpretar sus constructos personales.

Para determinar los elementos y construcción de ítems o reactivos de los instrumentos, cada ítem se planteó con alto grado de precisión técnica, conceptual, pedagógica y didáctica, enfoque implementado en el campo de la modernización y la calidad educativa propuesta por la "Teoría con Respeto al Ítem (TRI)". Los instrumentos de la presente investigación fueron evaluados y certificados por tres docentes investigadores expertos en el área del diseño industrial y desarrollo de producto, quienes ejercen en instituciones de educación superior, en la ciudad de Bogotá. Para la triangulación de los instrumentos el estudio definió categorías de análisis para agrupar los datos de acuerdo con la escritura y expresión original expresadas por los estudiantes de diseño industrial (Dellinger y Leech, 2007).

RESULTADOS

Se estableció la consistencia interna de la escala Likert, con los reactivos señalados en la figura 1, calculando el coeficiente Alfa de Cronbach mediante el recurso tecnológico SPSS (Paquete estadístico para las ciencias sociales), donde la coeficiencia calculada fue de 0,918 para la prueba piloto y de 0,816 para la aplicación definitiva del mismo, a los 30 casos de la muestra. Luego se procedió a realizar un análisis descriptivo, donde la distribución de las frecuencias de las respuestas estableció que el 80% de los estudiantes de la muestra están de acuerdo con que la FD incorporada al ABP influye de manera positiva en el método diseño y desarrollo de producto (Opacic et al, 2018). El 20% restante de la muestra, reafirma esa dirección actitudinal positiva, al estar totalmente de acuerdo.

En este sentido la escala Likert posibilitó establecer cómo la FD incorporada al ABP influyó en el método diseño y desarrollo de producto, codificándose como categorías los reactivos, con una evaluación de actitud más favorable. Estas categorías se codificaron en las dimensiones asociadas a las respectivas fases del método, Diseño y desarrollo de producto (Opacic et al, 2018). para simplificarlas posteriormente en cinco tipologías; a) Evaluación de esfuerzos Físicos, b) Herramienta analítica, c) Composición multimaterial, d) Complejidad de ensamble y, e) Vehículo de comunicación. A través de la codificación selectiva se tomó como categoría nuclear, a la capacidad del profesional en diseño industrial, para utilizar los prototipos fabricados digitalmente, con la finalidad de comunicar de manera tridimensional los conceptos y requerimientos, a los diferentes actores, que participan dentro del contexto académico o profesional. En la categoría nuclear, el

prototipo toma gran relevancia al constituirse como un vehículo que posibilita el desarrollo de las demás categorías, como la validación de los componentes estructurales, la definición de las interfaces de un diseño, la definición de la geometría, la resistencia y la confiabilidad de los componentes previos al ensamble y producción de un producto.

Fig. 1. Reactivos con la evaluación más favorable por parte de los estudiantes que conforman la muestra.

Por otra parte, el diseño del cuestionario consideró el conjunto de saberes asociados, al conjunto de habilidades, conocimientos y comportamientos, que los estudiantes en la educación superior dominan de manera sistémica en la cotidianidad de su práctica académica, a través de las dimensiones conductual, afectiva y cognitiva, según lo ilustran Bond et al. (2020). En la codificación se clasificaron, ordenaron e integraron los códigos de una manera abstracta, alrededor de los aspectos con mayor significado, tomando las unidades de análisis que permitieron emerger las categorías del instrumento cuestionario, como se detalla en la tabla 1. para detallar las categorías emergentes soportadas con los conceptos, constructos, hechos y significados más relevantes para los objetivos de la investigación, resaltando con un asterisco (*) las Categorías centrales para la investigación.

Tabla 1: Categorías emergentes del instrumento cuestionario, codificación de segundo nivel.

#	Categorías	Frecuencia absoluta
1	Requerimientos para el diseño de producto	07
2	Metodología para el diseño de producto	14
3	La Impresión 3D como racionalizador del diseño de producto	09
4	Competencias disciplinares adquiridas mediante la impresión 3D *	15
5	La impresión 3D en la comunicación de un proyecto de D. I.*	15
6	Rol del estudiante usando la I3D bajo el trabajo por proyectos *	34
7	Impresión 3D en la práctica del diseño y desarrollo de producto	20
8	Facilidad para detallar un producto con la impresión 3D	21
9	Software y Hardware para fabricar un producto digitalmente	20
10	Modelado virtual en el diseño y desarrollo de producto	3
11	El aprendizaje autónomo usando la impresión 3D	3

Marco referencial

Evaluando las competencias vinculadas al uso de la FD bajo el ABP, la triangulación de la Escala Likert y el cuestionario posibilitó comparar las categorías de los instrumentos (Dellinger y Leech, 2007), asociadas a las aptitudes disciplinares del uso la FD bajo la estrategia pedagógica del ABP. Estas capacidades fueron soportadas por las categorías que emergieron del corpus de la investigación y la revisión literaria de diferentes autores sobre las competencias necesarias del profesional en diseño industrial.

Dentro de las competencias disciplinares establecidas en el marco referencial, surgió como una de las categorías, la capacidad de agregar o mantener valor a las piezas que se integran a un todo (Costa Junior, Diehl y Secomandi, 2018, p.72, 2004, p.69), lo que apunta a los conocimientos básicos vinculados al recurso de la FD incorporado al ABP, lo que agrupo a las subcategorías que representaron el entendimiento espacial en conjunto de las piezas que configuran un producto y cómo estas se pueden simplificar y refinar con gran precisión, para un ensamble que haga eficiente su producción. Otra competencia donde convergen las categorías de los instrumentos es la de comunicar conceptos en gran detalle a otros diseñadores y colegas utilizando medios digitales de carácter bidimensional y tridimensional, lo que para Wylant (2016) es una flexibilidad inherente de percepción y consideración que permite a los diseñadores llegar a nuevas ideas y evaluar críticamente su trabajo a medida que se desarrollan los esfuerzos, lo que apoyado con la FD ha actuado como un medio de comunicación para socializar las ideas de los estudiantes, de manera tangible y palpable, aportando a la integración en el trabajo colaborativo con los demás actores educativos.

El conocimiento de los estudiantes sobre dibujo y diseño asistido por computador, a través de interfaces gráficas y tridimensionales se suma a las competencias vinculadas a las categorías emergentes de los instrumentos de la investigación, Estas enmarcaron los requerimientos metodológicos disciplinares, pedagógicos e instrumentales para el diseño de un producto y su disposición final, como la fabricación mediante la práctica de la FD, como un recurso tecnológico en el aula.

La capacidad de usar la forma para significar y comunicar ideas, a través del mapeo de diferentes rutas tecnológicas (Voûte et al, 2020, p.61), es otra de las característica disciplinar que se vinculó a la FD bajo el ABP, que concentró a las categorías que representan la libertad que da la FD al estudiante, para representar los conceptos de diseño industrial como la estructura, la ergonomía, la plástica y la funcionalidad de un producto, de manera heterodoxa, desligándose de los medios de fabricación tradicional. La capacidad de usar el modelado como herramienta analítica (Costa Junior, Diehl y Secomandi, 2018, p.72) es finalmente la última aptitud vinculada al recurso de la FD bajo el ABP, donde las categorías que emergieron de los instrumentos de la investigación, concuerdan en que este recurso tecnológico hace tangible, de manera eficiente, la evolución e innovación constante del diseño de un producto, durante las fases previas que se cumplen para su producción definitiva y posteriormente, para el perfeccionamiento y soporte de otros nuevos productos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la población seleccionada y objeto de estudio, se logra establecer que el abordaje de proyectos fue mediado con objetivos de formación y los resultados de aprendizaje se enfocaron en la búsqueda de alternativas de solución innovadoras, a través del planteamiento de problemáticas complejas. Las situaciones problema planteadas incluyeron temas de interés personal, trabajo colaborativo, estimulación de capacidades de comunicación mediante el desarrollo de prototipos fabricados digitalmente. A su vez, se incentivaron los proyectos colaborativos, la toma de decisiones y el progreso de la actitud crítica. Se estimuló la propuesta de soluciones innovadoras a una necesidad u objetivo de mercado, a través del diseño de un producto.

Desde el campo disciplinar estudiado, se logró evidenciar que las competencias vinculadas son posibles de manejar, independiente de los complejos sistemas integrados de la FD, dispositivos e interfaces que intervienen; de allí la importancia, de la estrategia pedagógica del ABP como estrategia de inserción del estudiante, la mediación docente utilizada y los contextos abordados. En este caso la estructura curricular es un factor incidente en los procesos de enseñanza – aprendizaje ya que esta es la base fundamental de la construcción de objetivos, actividades, estrategias de evaluación, uso de recursos tecnológicos para la enseñanza del diseño y desarrollo del producto (López 2017). Para el plano de la comunidad educativa, esta investigación aporta la integración de categorías emergentes compuesta por tipologías y temas sobre las capacidades y conocimientos vinculados al uso de la FD bajo el ABP para el diseño de productos fortaleciendo el desarrollo de objetivos de formación y resultados de aprendizaje. Además, la práctica de la FD articulada al ABP en el Diseño industrial, incorporó actividades prácticas con otras disciplinas, como la ingeniería y la física, las cuales son necesarias para el desarrollo estructural de los productos, donde los sistemas asistidos por computador de diseño e ingeniería facilitaron el aprendizaje autónomo respecto al cálculo de factores como la durabilidad, resistencia y ergonomía de las piezas en un diseño industrial (Cruz-Maldonado, Obregón y Puello-Socarras, 2020).

Uno de los aspectos relevantes de la investigación, que se puede trasladar a otras áreas de la educación, consistió en asociar al prototipo fabricado digitalmente, como un vehículo de aprendizaje, que tiene la capacidad de adaptarse de manera eficiente a la solución de una situación problema, por su facilidad de obtención y replica. Lo anterior potencia la comunicación entre los actores educativos en contraste con otros recursos como la expresión bidimensional o incluso la verbal, facilitando de esta manera la materialización del resultado de un aprendizaje esperado. Otros hallazgos de la investigación consistieron en señalar cómo el recurso de la FD articulada a la estrategia pedagógica el ABP constituyó una experiencia de aprendizaje

innovadora (Zaqoot y Oh, 2018), la cual permitió a los estudiantes practicar el diseño y desarrollo de un producto, desligado de la rigidez de los modelos de fabricación convencional, cuando concede a esta libertad en la exploración y materialización irrestricta, en cuanto a la forma y la funcionalidad.

Lo anterior potencia la comunicación entre los actores educativos en contraste con otros recursos como la expresión bidimensional o incluso la verbal, facilitando de esta manera la materialización del resultado de un aprendizaje esperado, así como lo expone, Taratukhin, Pulyavina, y Becker (2020) las interacciones entre el estudiante y el docente permite el desarrollo del contrato didáctico en virtud del aprendizaje significativo. Se infiere que los estudiantes de diseño industrial requieren una actualización en sus competencias disciplinares vinculadas al uso de la FD, siempre en una estrategia pedagógica articulada a dicho recurso, como lo es el ABP; ya que en el contexto académico, esta alineación posibilitará que los estudiantes desarrollen significativamente su lenguaje objetual y formal, para comunicar con precisión los conceptos de diseño, en forma tangible, incluso aquellos conceptos en los cuales los contextos productivos eran inviables, pero que mediante el uso de este recurso, pueden ahora materializarse. Este resultado concuerda en la investigación adelantada por Bond et al. (2020), donde los estudiantes de primer y último año de estudio alinearon sus constructos personales ante las necesidades actuales de la industria. Este estudio obtuvo como resultado, que la articulación entre la pedagogía, la educación de diseño, la ingeniería y las tecnologías digitales, son necesarias para alcanzar los resultados de aprendizaje a través estrategias prácticas que tengan como propósito el desarrollo de las capacidades para mejorar y transformar ideas, como la visualización, manipulación y aplicación de datos para la resolución de problemas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada y a los resultados obtenidos, se pueden plantear las siguientes conclusiones principales: 1. Los agentes educativos necesitan tener presente el uso de la FD bajo el ABP, tanto en el diseño como en las fases de manufactura de productos, puesto que puede llegar a ser una herramienta detonante en el desarrollo de las competencias disciplinares y la configuración del entorno de los estudiantes de diseño industrial; 2. El empleo del recurso de la FD articulada al ABP posibilitaría una experiencia de aprendizaje disruptivo en la medida que favorece la exploración y materialización heterodoxa de la estructura formal, así como, la funcional de un objeto; y 3. La vinculación de la FD al entorno educativo facilitaría un aprendizaje integral a nivel afectivo, cognitivo y pragmático mediante el uso de las tecnologías avanzadas para el desarrollo de producto si se tiene en cuenta la posibilidad que esta estrategia genera en cuanto al abordaje de problemáticas auténticas, no simuladas y la proposición de productos con soluciones innovadoras, susceptibles de implementación en la realidad.

REFERENCIAS

- Aguirre, J. A., Pistas para aproximarse al diseño social: antecedentes y posturas. *Kepes*, 15(17), 9-26, (2018).
- Ausín, V., Abella, V., Delgado, V., & Hortigüela, D., Aprendizaje basado en proyectos a través de las TIC: una experiencia de innovación docente desde las aulas universitarias, doi: 10.4067/S0718-50062016000300005, *Formación Universitaria*, 9(3), 31-38, (2016).
- Baquero, M., García, H. y otros 5 autores., *Fundamentos del diseño en la universidad colombiana*. Medellín, Colombia: Red académica de diseño, (2007).
- Barriga, Á., Construcción de programas de estudio en la perspectiva del enfoque de desarrollo de competencias, ISSN 0185-2698, *Perfiles educativos*, 36(143), 142-162, (2014).
- Barrón, M., Formación profesional y competencias genéricas, ISSN:2362-3349, *Revista de la escuela de ciencias de la educación*, 11(2), 195-216, (2016).
- Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., Zawacki-Richter, O., & Kerres, M., Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: A systematic evidence map, doi: 10.1186/s41239-019-0176-8, *International journal of educational technology in higher education*, 17(1), 2, (2020).
- Briede, J. C., & Mora, M. L., Propuesta evaluativa para el taller de diseño centrado en el usuario (DCU), en la carrera de diseño industrial de la Universidad del Bío-Bío, Chile, doi: 10.4067/S0718-50062013000200005, *Formación Universitaria*, 6(2), 33-42, (2013).
- Costa, J. D., Diehl, J. C., & Secomandi, F., Educating for a systems design approach to complex societal problems, doi: 10.1080/09544828.2018.1436162, *Journal of engineering design*, 29(3), 65-86, (2018).
- Cruz, R. I., La impresión tridimensional, una herramienta que fortalece el proceso de enseñanza aprendizaje del estudiante de diseño, doi: 10.23850/25392379.739, *Revista INNMODALAB*, (1), 54-81, (2016).
- Cruz, R. I., Obregón A.E., y Puello G.E., *Modelo de mejoramiento productivo para mipymes: siete claves para el desarrollo empresarial sostenible*, serie 5, Inclusión social, páginas 1-137, ISBN: 978-958-763-404-4, Corporación Minuto de Dios, Bogotá, Colombia, (2020).

- Dellinger, A. y Leech, N., Toward a unified validation framework in mixed methods research, doi: 10.1177/1558689807306147, *Journal of Mixed Methods Research*, 1(4), 309-332., (2007).
- Fang, N., Student experiences with collaborative problem-based learning (CPBL) in a second-year undergraduate engineering course, doi: 10.1109/FIE.2018.8658674, *IEEE Frontiers in education conference (FIE)*, 1-5, (2018).
- Hennessey, E. y Mueller, J., Teaching and learning design thinking (DT). *Canadian journal of education/revue canadienne de l'éducation*, 43(2), 498-521, (2020).
- Lebid, A. E. y Shevchenko, N.A., *European journal of contemporary education*, doi: 10.13187/ejced.2020.3.572 , 9(3), 572-583, (2020)
- Lo, C. H., A Study of the influence of career counseling perception on the employment competencies of design students in central taiwan, doi:10.3390/app9235072, *Applied Sciences*, 9(23), 5072-5089, (2019).
- López, P., Diseño industrial, Un hacer responsable con la sociedad. *Revista interamericana de investigación, educación y pedagogía Riiep*, 10(2), 123-137, (2017).
- Loy, J., e-Learning and e-Making: 3d printing blurring the digital and the physical, doi: 10.3390/educsci4010108, *education sciences*, 4(1), 108-121, (2014).
- Loy, J., Understanding the scope for a product design education discourse on additive manufacturing, doi: 10.15187/adr.2018.05.31.2.15, *Archives of design research*, 31(2), 15 – 23, (2018).
- Nazarenko M. y Kazachkova, O., Quality management in industrial design. Modern tendencies, doi: 10.1109/ITQMIS.2019.8928355, *International conference quality management, Transport and information security, information technologies (IT&QM&IS) IEEE*, pp. 291-293 (2019).
- Opacic, L., Sowlati, T., y Mobini, M., Design and development of a simulation-based decision support tool to improve the production process at an engineered wood products mill, *International journal of production economics*, 199, 209-219, (2018).
- Paritala, P. K., Manchikatl, S., y Yarlagadda, P. K., Digital manufacturing-applications past, current, and future trends. *Procedia engineering*, 174, 982-991, (2017).
- Rangel, H., Metodologías para la innovación curricular universitaria basada en el desarrollo de competencias, doi: 10.1016/j.pe.2015.11.003, *Perfiles educativos*, 37(147), 228-234, (2015).
- Rodríguez, B., Ordoñez, M., & Meneses, L., Strengthening of reasoning levels in higher education students through the use of learning strategies (problem-based learning and collaborative learning) using ICT'S. *Electronic journal of research in educational psychology*, 16(2), 477-502, (2018).
- Taratukhin, V., Pulyavina, N., & Becker, J., Next-gen design thinking. Using project-based and game-oriented approaches to support creativity and innovation. (2020).
- Wylant, B., Design and thoughtfulness, doi: 10.1162/DESI_a_00366, *Design issues*, 32(1), 72-82 (2016)
- Young, B. y Jiin, E., Problem based learning in engineering service design program, doi: 10.1109/EDUCON.2012.6201087, *Proceedings of the 2012 IEEE global engineering education conference (EDUCON)*, 1-7, (2012).
- Voûte, E., Stappers, P. J. y otros 3 autores, A innovating a large design education program at a university of technology, doi: 10.1016/j.sheji.2019.12.001, *she ji: The journal of design, economics and innovation*, 6(1), 50-66, (2020).
- Xie, Y., Mejia, G., Coseo, P., & Cheng, C., A participatory design case study in environmental design education, doi: 10.1145/3384772.3385152, 87- 94, (1) (2020).
- Zaqoot, W., y Oh, L., Teaching design thinking using online whiteboarding in a graduate-level digital innovation course. *26 International conference on computers in education*, 573-582, (2018).

Página en blanco