

APRENDIZAJE-SERVICIO Y LA CULTURA MAKER

Desarrollo de material educativo para niños con
parálisis cerebral y discapacidades cognitivas

SERVICE-LEARNING AND MAKER CULTURE
Development of Educational Tools
for Children with Cerebral Palsy (CP)
and Cognitive Disabilities

LEONARDO SAAVEDRA MUNAR

Universidad Autónoma de Occidente
0000-0002-1993-0393

DIEGO MARTÍNEZ CASTRO

Universidad Autónoma de Occidente
0000-0002-2618-0834

JORGE ALONSO MARULANDA BOHÓRQUEZ

Universidad Autónoma de Occidente
0000-0003-3984-1803

ELIZABETH NARVÁEZ-CARDONA

Universidad del Valle
0000-0002-4589-8331

Recibido: 25 de junio del 2021
Aprobado: 1 de febrero del 2022
doi: <https://doi.org/10.26439/limaq2022.n010.5246>

Articular metodologías colaborativas, con participación comunitaria y enfoque experiencial, es una oportunidad para que los estudiantes se involucren en el diseño, realización y evaluación de proyectos de aprendizaje-servicio, aplicando conocimiento sobre la cultura y participando de esa manera en el llamado movimiento o cultura maker. Este artículo presenta una experiencia con estudiantes de ingeniería de una universidad del suroccidente colombiano que desarrollaron material didáctico para una institución educativa que trabaja con niños con parálisis cerebral y discapacidades cognitivas. El proyecto implicó la definición del problema con la comunidad de la escuela, el desarrollo de prototipos en el FabLab Cali —un laboratorio de fabricación digital— y su validación con el colectivo de maestros de la institución beneficiaria. El equipo de trabajo estuvo conformado por dos profesores de ingeniería, uno de diseño y otro de educación, el grupo de maestros de la institución beneficiaria y los estudiantes de ingeniería (veinte en total). Se entregaron a la institución beneficiaria cinco dispositivos didácticos asequibles y adaptables a las condiciones que plantearon el problema.

aprendizaje-servicio, cultura maker, *design thinking*, práctica formativa

Service-learning projects are pedagogical opportunities to immerse students into collaborative methodologies, community participation, and experiential learning by implementing and evaluating design projects that educate them on Maker culture. This article presents a learning experience with Engineering students from a private university in southwestern Colombia, who developed didactic materials for an educational institution committed to children with cerebral palsy and cognitive disabilities. The project started by narrowing down the problem with the school community and developing prototypes at Cali Fablab, which were later validated with teachers of the beneficiary institution. The work team consisted of Engineering (2), Design (1), and Education (1) professors, the teachers of the beneficiary institution, and twenty engineering students. Five didactic devices, which were affordable and adaptable to the conditions of the project problem, were delivered to the beneficiary institution.

design thinking, experiential practice, maker culture, service-learning

INTRODUCCIÓN

El contexto actual pide al profesional el desarrollo de ciertas habilidades que se convierten en retos para la academia. Es el caso de la solución de problemas complejos; el pensamiento crítico; la creatividad; el manejo de personas; la coordinación con los demás; la inteligencia emocional; el juicio y la toma de decisiones; la orientación al servicio; la negociación; y la flexibilidad cognitiva (World Economic Forum, 2016). Este requerimiento obedece a diversos factores que afectan el panorama general de la producción, como la cuarta revolución industrial, los cambios demográficos, así como las situaciones coyunturales de pobreza, hambre, crisis ambientales y alta explotación de los recursos naturales. Estos aspectos se convierten en un llamado a la acción a los centros de formación, pidiendo alinear sus programas formativos con las apuestas globales.

La búsqueda de alternativas para integrar estas nuevas habilidades y roles en la formación del estudiante de ingeniería es el tema del presente artículo, que encuentra en las metodologías de intervención y en especial en el aprendizaje-servicio (*service learning*) un modelo de enseñanza competitivo para formar a ese nuevo profesional. Este enfoque por proyectos brinda la posibilidad de interactuar directamente con el medio circundante y concebir alternativas para problemáticas reales mediante dinámicas de trabajo interdisciplinarias. En cuanto al rol del estudiante de ingeniería en particular, la actividad de intervención en problemáticas le permite aplicar los conocimientos adquiridos de índole disciplinario enfocados en la cultura maker, mientras adquiere otros de orden social y cualitativo derivados de la misma experiencia profesional.

El reto que plantea el aprendizaje-servicio a la academia es, entonces, incorporar nuevas habilidades como competencias de clase, superando el modelo de enseñanza convencional del salón y el laboratorio. A continuación presentaremos algunos antecedentes del aprendizaje-servicio en el contexto de la enseñanza en ingeniería.

Un primer antecedente es el *learning factories* (Penn State University), un modelo de práctica que orienta la investigación hacia la capacitación (Abele et al., 2015, p. 2). Para el actor de una cadena de producción, este modelo le brinda la posibilidad de actuar, evaluar y reflexionar sobre sus acciones, dándole a la actividad de producción un enfoque de aprendizaje. Concretamente sobre el aprendizaje-servicio, Berg y

colegas lo definen como una estrategia empleada en las instituciones educativas con el fin de alentar el compromiso cívico y “comprometer al estudiante en procesos de pensamiento crítico mientras adquiere un amplio sentido cívico y de responsabilidad social a través de la dirección de su participación en actividades de servicio comunitario significativas” (Berg et al., 2016, p. 2).

Siguiendo la cita anterior, Bosman y algunos colegas definen el *service learning* como una pedagogía educativa que acentúa el aprendizaje a través de la experiencia. Se trata de aprender creando su propio conocimiento a partir del incremento de la experiencia. (Bosman et al., 2017). Sobre esta pedagogía, Duffy y colegas aportan la siguiente definición: “una forma de educación experiencial en la que los estudiantes participan en actividades que aborden necesidades humanas y comunitarias junto con oportunidades estructuradas, diseñadas intencionalmente para promover el aprendizaje y desarrollo de los estudiantes. La reciprocidad y la reflexión son conceptos claves del aprendizaje- servicio” (Duffy et al., 2000, p. 3).

En este contexto, se desarrolló una experiencia de clase basada en el *service learning*, donde los estudiantes contribuyen con su conocimiento a producir materiales educativos para una escuela sin ánimo de lucro para niños con parálisis cerebral y/o discapacidades cognitivas. Durante esta experiencia, los alumnos y alumnas, siguiendo un procedimiento de diseño estructurado y con el apoyo de un equipo interdisciplinario de profesores (uno de ingeniería, dos de diseño y otro de educación), integraron sus conocimientos y experiencias, estimulando la creatividad desde perspectivas globales generadas a partir del cruce de saberes, mediante el estudio comparativo de diversas temáticas en un ambiente de convivencia y tolerancia, logrando de esta forma la construcción armónica de soluciones colectivas.

En este panorama se ha visto pertinente articular el *service learning* con la cultura maker que, inspirada en la frase “Hazlo tú mismo”, busca posicionarse a escala mundial a partir del reconocimiento de portales, personalidades importantes en redes, grupos consolidados y eventos internacionales para compartir una amplia selección de documentos que difunden su ideología: el reparamiento de sus productos, la autonomía de las personas, el conocimiento abierto y la visión sostenible del movimiento (Torrone, 2006; Sugru, s. f.; Hatch, 2014).

La cultura maker se define como “el creciente número de personas que se dedican a la producción creativa de artefactos en su vida diaria y que encuentran foros físicos y digitales para compartir sus procesos y productos con otros” (Halverson & Sheridan 2014, p. 496). Como corriente derivada del movimiento Art & Craft, involucra artesanía, sistemas de fabricación y la transformación de objetos físicos, como una práctica desarrollada en espacios de creación públicos para el intercambio de habilidades compartidas (Salem Press Encyclopedia, 2021).

En su trayectoria, el movimiento se consolida con la aparición de la revista *Make* (Dougherty, 2012), que comienza publicando guías tecnológicas y que luego es ampliada con la llegada de Internet y la aparición del “Manifiesto Hacker” en 1986, postulando como principios el hacer (crear y expresarnos es parte fundamental del ser humano); equiparse (acceder a herramientas adecuadas para lo que estás haciendo); compartir (dar a hacer conocer lo que has hecho); jugar (fundamental para el conocimiento); el apoyo (base para pensar un futuro mejor); el cambio (apertura para una visión completa de ti); participar (contactar con gente que siente alegría en el hacer); dar/ofrecer (dar desinteresadamente lo que has hecho); y aprender (aprender para hacer y aprender lo que puedes hacer) (Cohen et al., 2017 p. 20). En la actualidad, el movimiento se caracteriza por relacionar a las artes y los oficios con la electrónica y los medios de fabricación digitales, imbricados con procedimientos como la carpintería y la metalurgia, en una tendencia a la democratización del desarrollo de productos físicos a través de la fabricación digital con impresoras 3D y cortadoras láser (Bell et al., 2010; Gershenfeld, 2012).

La idea de consolidar un movimiento que refuerce las tradiciones artesanales persigue ante todo que el campo del hacer aporte a la formación como herramienta pedagógica, vinculándose a la actividad de museos y centros comunitarios y a la educación formal (Dougherty, 2012). En este sentido, diversos autores han enmarcado el movimiento maker dentro del constructivismo, subrayando su apoyo al logro de propósitos educativos mediante la participación activa en el hacer y el intercambio público de objetos físicos (Papert, 1991; Halverson & Sheridan, 2014; Martínez & Stager, 2013; Vossoughi & Bevan, 2014). Así, el movimiento maker resalta dos pilares del constructivismo, el hacer y el intercambiar, en una actividad más allá de la construcción mental que brinda al autor la oportunidad de contextualizar el objeto en los límites de un sistema (Papert, 1991).

El aprendizaje y las actividades vistos en el movimiento maker se hacen evidentes en sus encuentros denominados “Maker Faires”, donde los participantes desarrollan sus actividades técnicas en un contexto multidisciplinario para la solución de problemas, el intercambio de ideas, la autonomía y el empoderamiento del aprender. Los principios que rigen su ideología son los siguientes: 1) la creación, construcción y deconstrucción interdisciplinarias de artefactos para el conocimiento de sus procesos y componentes; 2) la iteración, desarrollo del proceso de diseño para incrementar el conocimiento y las habilidades; 3) el intercambio, el aprendizaje colaborativo o la cognición distribuida; y 4) la autonomía, el trabajo en proyectos autodirigidos para el consumo público, aprovechando la personalización de las tecnologías actuales (Cohen et al., 2017, pp. 5-12).

La idea de aprender haciendo, así como el trabajo colaborativo y autodirigido, se articulan con modelos de educación, como el STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics), y justifican la creación de espacios maker, valorando de esta tendencia el prototipado, el desarrollo del pensamiento y la promoción de la cultura abierta. Se presentan una serie de consideraciones al momento de planear un proyecto de espacio maker: espacios que ofrecen producción de bajo impacto, de tipo abierto, pero con normas y desarrollos eventuales de proyectos específicos. El personal disponible se ajusta al tipo de equipamiento y experiencia de los usuarios. El espacio es dinámico y orientado al intercambio, que no se articula con la idea de área para la contemplación o silencio. Las determinantes estructurales son variables, el equipamiento disponible estará en circulación y el tipo de financiación determina el plan de implementación (Burke, 2015, pp. 502-503).

Este movimiento está circunscrito a la inclusión de las destrezas de programación de informática para diseñar recursos digitales que respondieron a problemas planteados. El aprendizaje desde esta óptica se basa en potenciar el aprendizaje basado en problemas y, por supuesto, el aprendizaje de la tecnología. De esta manera, los estudiantes se ubican en el lugar activo en el que proponen soluciones creativas a los problemas. Es importante mencionar que los modernos lenguajes de programación acercan el uso y la tecnología a estudiantes de diversas edades. Asimismo, el carácter multidisciplinar permite que los alumnos prueben, examinen y practiquen, considerando sus intereses y destrezas, y también posicionándose en diferentes roles (Blikstein, 2018, pp. 7-8).

Otros autores evalúan este tipo de proyectos de implementación, argumentando entre sus debilidades la poca vinculación con asuntos locales, los proyectos pequeños y dispares, la limitada experiencia en proyectos sociales y la discontinuidad entre la formación y el trabajo. Por su parte, ven como amenazas el tipo de proyectos sin claridad en el impacto, la falta de tecnificación de la asistencia, los pocos productos nuevos y las réplicas no sostenibles. En cuanto a fortalezas, se resalta su carácter multidisciplinario, el fomento de la mentalidad curiosa y exploratoria, el trabajo sobre tecnologías abiertas, los espacios de relación entre pares, la creación de puestos de trabajo de tipo técnico, artesano o creativo, la colaboración de aceleradores para impulsar el propio espacio y los modelos claros de participación de nuevos integrantes (García, 2016, pp. 59-61).

METODOLOGÍA

La propuesta se articula, en primera instancia, con el proyecto formativo de la Universidad Autónoma de Occidente (UAO, 2015), que orientado hacia las metodologías activas define al docente como un facilitador y concentra toda la actividad en la participación del estudiante (Saavedra, 2019). Derivado de este enfoque se plantea la asignatura “Actividad complementaria”, que desarrolla prácticas de enriquecimiento formativo a partir de actividades estructuradas en metas precisas y alcances delimitados, planteadas para ser desarrolladas en las dieciséis semanas de duración del periodo académico (Vega & Saavedra, 2018).

Para la cohorte 2019-3 de la asignatura se planteó la propuesta del trabajo para la comunidad, estableciendo contacto con la Asociación de Discapacitados del Valle (Asodisvalle)-Cali, en busca de aportar en la optimización de las herramientas didácticas utilizadas para los procesos de escolarización que la Asociación lleva a cabo. El acuerdo de colaboración se estableció bajo el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, “Educación de calidad” (Naciones Unidas, s. f.), particularmente las metas 4 y 8, que buscan fortalecer las competencias en jóvenes y adultos para la empleabilidad y las condiciones locativas de la formación.

La asignatura se articuló con otras instancias de la institución, vinculando a los estudiantes al semillero Maker UAO, una iniciativa de apoyo a la investigación formativa que prestó servicio de asesoría y apoyo técnico. También se establecieron relaciones con diversos laboratorios de la institución, entre los cuales están el laboratorio “maker” FabLab Cali,

que promueve la apropiación tecnológica, la exploración y fabricación digitales; Expin Media Lab, un espacio creado para desarrollar experiencias relacionadas con la ciencia, el arte y la tecnología; y el laboratorio de innovación InnoLab, que fomenta procesos creativos que permitan la interacción de personas y actores sociales.

Contando con el soporte físico y logístico antes mencionado, el presente artículo describe el proceso y los resultados de un proyecto en *service-learning* estructurado a partir del esquema metodológico planteado por Roser Batlle en su *Guía práctica de aprendizaje-servicio* (2018). Para la autora, el aprendizaje-servicio aporta a la enseñanza efectos directos, como el incremento de la experiencia del estudiante y los cambios provocados en el entorno, así como efectos indirectos, como la formación de buenos ciudadanos y el servicio a la comunidad.

El modelo metodológico de Batlle se compone de las siguientes siete fases: esbozo de la idea; establecimiento de alianzas en el entorno; planificación del proyecto; preparación del proyecto con el grupo; ejecución del proyecto; cierre del proyecto con el grupo; y evaluación multifocal (Batlle, 2018, pp. 7-22). A continuación, se presenta la metodología en el contexto del presente trabajo.

Fase 1: esbozo de la idea

La propuesta se desarrolla en la asignatura “Actividad complementaria”, obligatoria para los programas de ingeniería de la universidad. Se completa el equipo con los miembros de los semilleros maker. El equipo resultante estuvo conformado por estudiantes de ingeniería electrónica, mecatrónica, biomédica e industrial y docentes de ingeniería, educación y diseño.

Fase 2: establecimiento de alianzas en el entorno

En enero de 2019 se contacta a la Asociación de Discapitados del Valle (Asodisvalle) para proponerle un proyecto de colaboración, poniendo al servicio de dicha idea a los estudiantes y profesores de la asignatura en mención y a los miembros de los semilleros.

Fase 3: planificación del proyecto

En reunión con Jimmy Aristizábal (director académico de Asodisvalle) y docentes de la universidad, se acuerda los siguientes

términos para el desarrollo del proyecto: 1) la universidad aporta los insumos materiales y técnicos y expertos para el desarrollo de un material didáctico a utilizarse en las aulas regulares de Asodisvalle; 2) los docentes de Asodisvalle contribuyen con un diagnóstico inicial del material didáctico que requiere la Asociación, a manera de ideas inspiradoras.



Figura 1
*Asociación de
Discapacitados del
Valle (Asodisvalle)*

Fase 4: preparación del proyecto con el grupo

Se realiza una actividad entre los docentes de la universidad y Asodisvalle para desarrollar un diagnóstico inicial de las necesidades de material didáctico. Los resultados se resumen en el siguiente listado de sugerencias para el equipo desarrollador:

- Educaplay: material escolar de diferentes áreas y temas
- Tabla pitagórica: operaciones aritméticas y trabajo con puntos cardinales y lateralidad
- Ludifichas: vocabulario (inglés y español), gramática, números y secuencias, lateralidad y escritura creativa
- Ábaco: operaciones aritméticas
- Tablero mágico: desarrollo de motricidad fina, desarrollo de conceptos básicos
- Cuerpo humano 3D: reconocimiento cuerpo y sistemas, ética y valores, ciencias naturales

- Mapa 3D de Colombia: motricidad fina, reconocimiento país, regiones y departamentos.

A partir del diagnóstico anterior, el grupo desarrollador define el modelo *design thinking* como metodología de trabajo: empatizar, definir, idear, prototipar, probar (Cross, 2014). Finalmente se define un cronograma para el desarrollo del material didáctico:

Tabla 1

Cronograma de desarrollo del material didáctico

Actividad (semanas)	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16
Definición de requerimientos	■	■												
Ideación de alternativas			■	■	■									
Desarrollo del juguete					■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Pruebas con usuarios								■	■	■	■	■	■	
Entrega de juguetes													■	■
Presentación de resultados														■

Fase 5: ejecución del proyecto

El desarrollo orientado hacia la cultura maker se realizó siguiendo el modelo *design thinking* (Cross, 2014), que determina las siguientes fases:

- Empatizar: se lleva a cabo un proceso de relación directa con el grupo de docentes de Asodisvalle, que aporta al análisis del equipo desarrollador.
- Definir: se alinean recursos y requerimientos.
- Idear: el equipo desarrollador se concentra en definir el enfoque de los resultados (*insight*). Esta etapa se desarrolló mediante reuniones semanales en el laboratorio de innovación InnoLab, haciendo uso de sus diferentes recursos para incentivar el proceso creativo.
- Prototipar: se aplica el enfoque planteado, confrontado con los requerimientos, mediante el desarrollo de propuestas en alta y baja resolución haciendo uso de la plataforma de laboratorios y talleres de la UAO, principalmente, del FabLab Cali. Se desarrolla en paralelo material técnico escrito.

- Test: se articula el prototipado con la fase del proyecto “cierre del proyecto”.



Figura 2
Proceso de desarrollo del material didáctico en el FabLab UAO



Figura 3
Proceso de desarrollo del material didáctico

Fase 6: cierre del proyecto con el grupo

En septiembre del 2019 el equipo desarrollador llevó a cabo una actividad de entrega del material didáctico en Asodisvalle. Se invitaron a todos los docentes de la Asociación a una actividad de evaluación del material didáctico desarrollado, teniendo como referencia el diagnóstico inicial realizado con ellos.

- Se realizó una sesión de presentación a manera de feria tecnológica, donde cada docente planteó sus comentarios en un formato.
- Reunidos en equipos, los docentes de Asodisvalle plantearon propuestas iniciales de integración del material a sus clases. Los resultados fueron socializados y retroalimentados.
- En una actividad de cierre, el equipo desarrollador recolectó las impresiones generales con la intención de atender las sugerencias para el desarrollo de una siguiente versión del material didáctico.
- El grupo de docentes de Asodisvalle acordó un programa de implementación con seguimiento del equipo de la universidad.



Figura 4
Participantes de Asodisvalle y la universidad en la actividad de cierre del proyecto



Figura 5
Propuestas de integración de los desarrollos didácticos en clases

Fase 7: evaluación multifocal

Este momento final se desarrolló de la siguiente manera:

- Un momento inicial de implementación del material didáctico desarrollado, comprendido entre septiembre y diciembre de 2019.
- Modelo de seguimiento de la universidad, convenido en reportes parciales de los docentes de Asodisvalle, reportando el desarrollo de la segunda versión del material didáctico planteado por el equipo desarrollador.
- Se propone una actividad de cierre que realice un balance de la implementación, donde se encuentren los docentes de Asodisvalle con el equipo desarrollador de la universidad para elaborar un acta de conclusiones.

RESULTADOS

El trabajo desarrollado por el equipo de la universidad con el apoyo de los docentes de Asodisvalle presenta los siguientes productos.

Producto 1: supermercado para comercio de frutas

Figura 6
Visualización
del producto:
supermercado
para comercio de
frutas

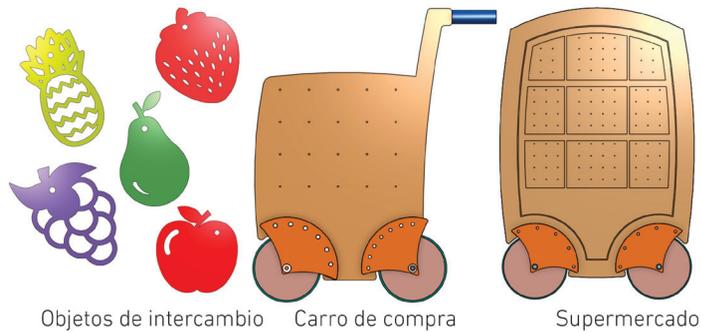
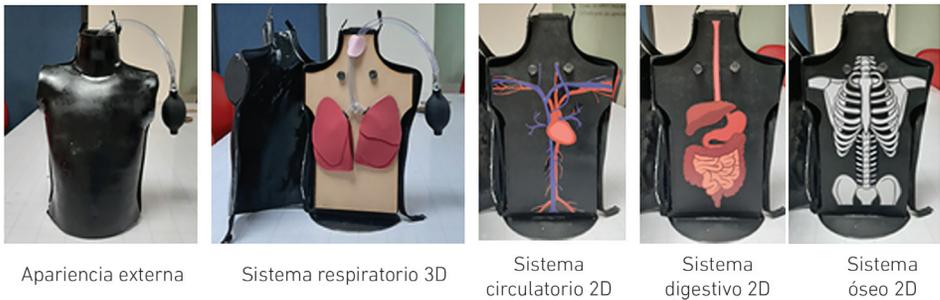


Tabla 2*Descripción técnica del producto: supermercado para comercio de frutas*

Nombre desarrollo	Supermercado para comercio de frutas.
Idea originaria	Ludifichas, ábaco.
Descripción	Herramienta didáctica para el fortalecimiento de las habilidades matemáticas de los niños de 1° a 6°.
Características	Dispositivo en madera, corte láser y pintura. Un estante de mercado, cinco carritos de mercado, 210 frutas y 420 monedas de distintos valores.

Producto 2: torso humano, aparatos y sistemas 3D**Tabla 3***Descripción técnica del producto: torso humano, aparatos y sistemas 3D*

Nombre desarrollo	Torso humano, aparatos y sistemas 3D.
Idea originaria	Cuerpo humano 3D.
Descripción	Herramienta orientada a las ciencias naturales, específicamente al reconocimiento de los aparatos y sistemas del cuerpo humano.
Características	Dispositivo realizado en fibra de vidrio, madera, corte en láser y pintura, foami. Cuerpo en 3D realizado en fibra de vidrio, sistema respiratorio (capa 1) en 3D, sistemas circulatorio, digestivo y óseo en capas inferiores, representados en 2D.

Figura 7*Visualización del producto: torso humano, aparatos y sistemas 3D*

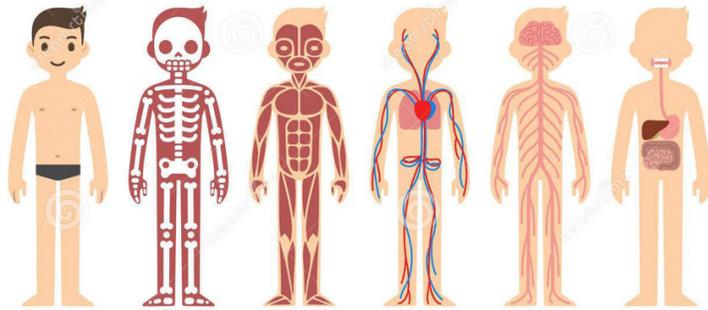
Producto 3: sistemas del cuerpo humano 2D

Figura 8

Visualización del producto: sistemas del cuerpo humano 2D



Visualización del producto



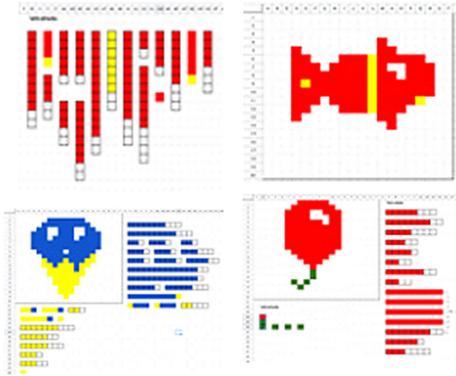
Esquemmatización sistemas por capas

Tabla 4

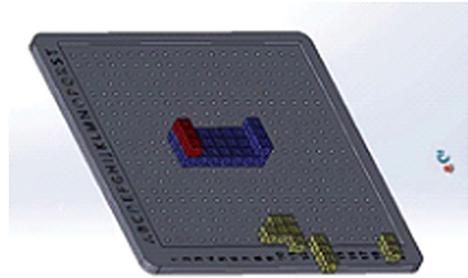
Descripción técnica del producto: sistemas del cuerpo humano 2D

Nombre desarrollo	Sistemas del cuerpo humano 2D.
Idea originaria	Cuerpo humano 2D.
Descripción	Dispositivo a manera de rompecabezas para formar los diversos sistemas que conforman el cuerpo humano: sistema óseo, muscular, nervioso, circulatorio y digestivo. Los sistemas se acoplan a una base mediante ordenamiento por capas.
Características	Dispositivo en madera, corte láser e impresión de gráficos. Una base general y cinco capas, una para cada sistema.

Producto 4: pixel con fracciones



Ejemplos figuras 2D resultado operaciones



Visualización graficación 3D

Tabla 5

Descripción técnica del producto: pixel con fracciones

Nombre desarrollo	Pixel art con fracciones.
Idea originaria	Ábaco, tablero mágico.
Descripción	Dispositivo didáctico que tiene como objetivo la realización de operaciones aritméticas o fracciones, con las cuales conformar imágenes en calidad pixel, a partir de una guía de aplicación.
Características	Dispositivo en madera, corte láser y pintura. Consta de un tablero (20 x 20 cm) con coordenadas X-Y. Cuenta con cuatrocientas piezas (bloques) para realizar las operaciones y con las cuales se consigue realizar las figuras (2D y 3D).

Figura 9

Visualización del producto: pixel con fracciones

Producto 5: mapa 3D de Colombia



Capa superior del mapa. Departamentos

Capa inferior del mapa. Regiones

Figura 10
Visualización del producto: mapa 3D de Colombia

Tabla 6

Descripción técnica del producto: mapa 3D de Colombia

Nombre desarrollo	Mapa 3D de Colombia.
Idea originaria	Mapa 3D de Colombia.
Descripción	Dispositivo didáctico para la identificación y ubicación de los departamentos de Colombia, con sus actividades económicas más representativas. Se ha desarrollado a manera de rompecabezas, lo que permite reconocer los límites, la ubicación y la forma de cada departamento. El dispositivo busca fortalecer la motricidad fina de los estudiantes.
Características	Dispositivo en madera corte láser y graficación a través de impresión y pegue. Base segmentada por regiones del país (caribe, andina, pacífica, orinoquía, amazonía) y piezas sueltas con la forma de cada departamento.

En cuanto a la experiencia formativa, los estudiantes manifestaron reconocer las etapas generales y subetapas de la metodología de diseño, lo cual es sumamente importante en el proceso de formación

en ingeniería, puesto que les permite tener un proceder enfocado en el desarrollo de alternativas de solución y ser críticos al momento de aplicar la metodología e iterar para lograr resultados basados en las necesidades de las personas.

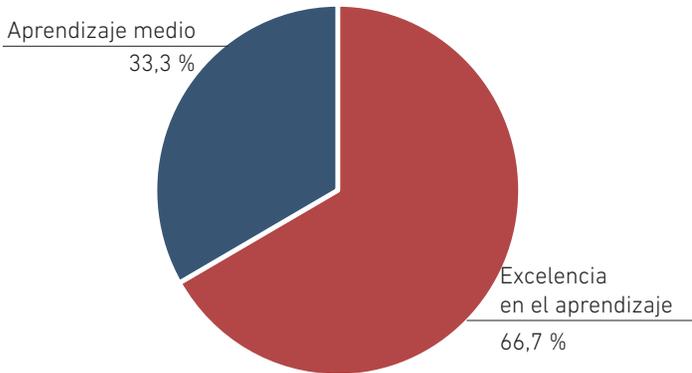


Figura 11

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la competencia "Solución a problemas complejos". Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3

Con relación al desarrollo de competencias, sigue siendo notoria la evolución de los estudiantes (desde su perspectiva), puesto que la totalidad de ellos eligió las dos primeras opciones de respuesta asociadas al desarrollo de las competencias "Solución a problemas complejos" y "Pensamiento crítico": "Excelencia en el aprendizaje", con 66,7 %, y "Aprendizaje medio", con 33,3 %.

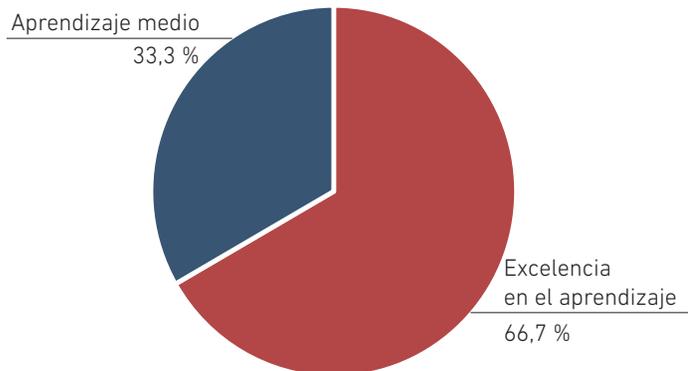


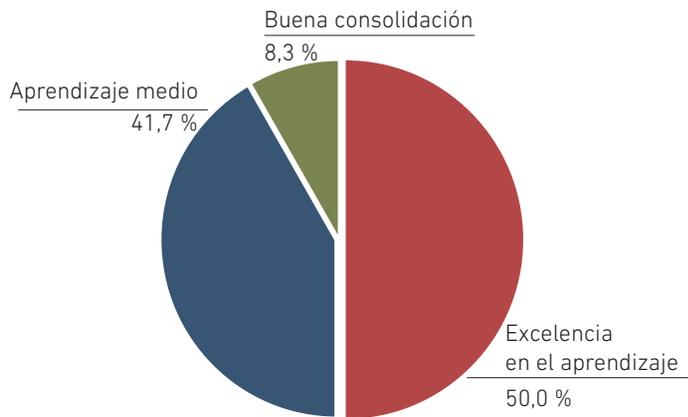
Figura 12

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la competencia "Pensamiento crítico". Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3

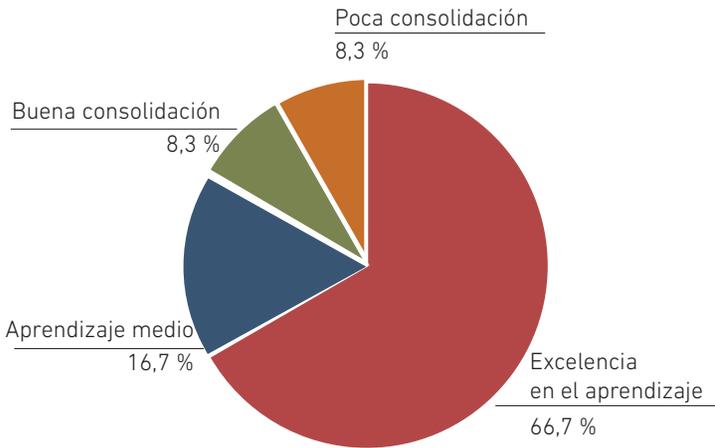
El espacio formativo de "Actividad complementaria" se desarrolla en grupos de trabajo de tres personas. Participan como guías, un mentor (en este caso, el coordinador del semillero, Leonardo Saavedra Munar) y un tutor. Asimismo, para la práctica, se contó con el apoyo del ingeniero Diego Martínez Castro, el diseñador Jorge

Alonso Marulanda y Elizabeth Narváez, fonoaudióloga y experta en educación. El soporte de los diferentes actores del proceso permitió tener múltiples puntos de vista sobre la problemática; por lo tanto, la capacidad de escuchar cada punto de vista tomó muchísima fuerza al trabajar en equipo, volviendo un reto cada una de las actividades trazadas para el desarrollo de la práctica de enriquecimiento formativo (PEF). En la Figura 13 se percibe el punto de vista de los estudiantes sobre el desarrollo de la habilidad asociada al trabajo en equipo. En ella se muestra cómo la mayoría (41,7 %) reconoce que hicieron una buena labor (aprendizaje medio), pero que es importante seguir trabajando para fortalecer mucho más esta habilidad.

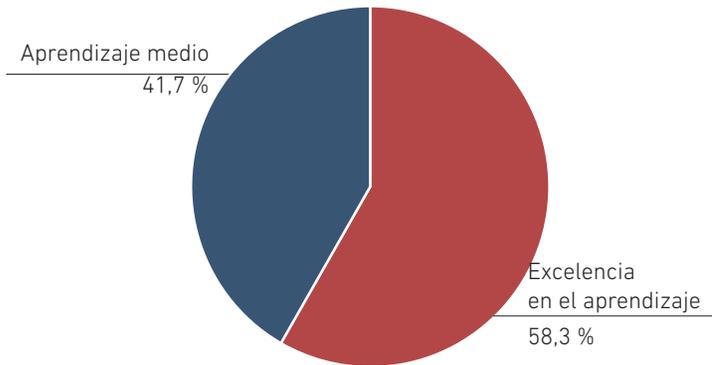
Figura 13
Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la competencia "Manejo de personas y coordinación con los demás". Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3



Las habilidades de modelado por computador y modelado físico de objetos fueron sumamente importantes en el desarrollo de la PEF, puesto que los estudiantes presentaron diversos modelos de comprobación que permitieron analizar el uso y la forma de las alternativas de solución, haciendo indispensable una rápida fabricación y la posibilidad de desarrollar cambios en los modelos a un costo bajo. En la Figura 14 se muestra cómo la opción asociada a la excelencia en el aprendizaje del modelado por computador fue seleccionada por el 66,7 % de los estudiantes, mientras que en la Figura 15 se observa que la selección asociada a esa misma opción es del 58,3 % para la habilidad relacionada con el modelado físico de objetos.

**Figura 14**

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la habilidad relacionada con el modelado por computador. Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3

**Figura 15**

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la habilidad relacionada con el modelado físico de objetos. Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3

Para el caso de las habilidades asociadas al uso de tarjetas de desarrollo y el reconocimiento de las bases de circuitos y electrónica, es notorio que en algunos casos se da una consolidación baja, esto debido a que solo en ideas iniciales de solución se llegó a pensar en la posibilidad de incluir electrónica. Luego de esto, los actores del proceso concluyeron que debido a las particularidades de los usuarios de Asodisvalle, no era conveniente incorporar estas tecnologías en los desarrollos. Esto muestra una evolución en el pensamiento crítico de los estudiantes, puesto que estructuraron alternativas de solución con tecnologías adecuadas para el público al que iban dirigidas, sin importar que la formación profesional los pudiera inclinar a utilizar tecnologías

asociadas a la electrónica que no tendrían la mejor acogida y el mejor uso en el contexto de aplicación.

En la Figura 16 se observa que menos de la mitad de los estudiantes (41,7 %) manifiestan haber logrado la excelencia en el aprendizaje asociado a las bases de circuitos y electrónica, mientras que en la Figura 17, la selección asociada a dicha opción es mucho menor (16,7 %), mostrando que el uso de tarjetas de desarrollo, como Arduino y Makey Makey, no se consolidó, debido a las razones explicadas con anterioridad.

Figura 16

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la habilidad relacionada con el desarrollo de bases de circuitos y electrónica. Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3

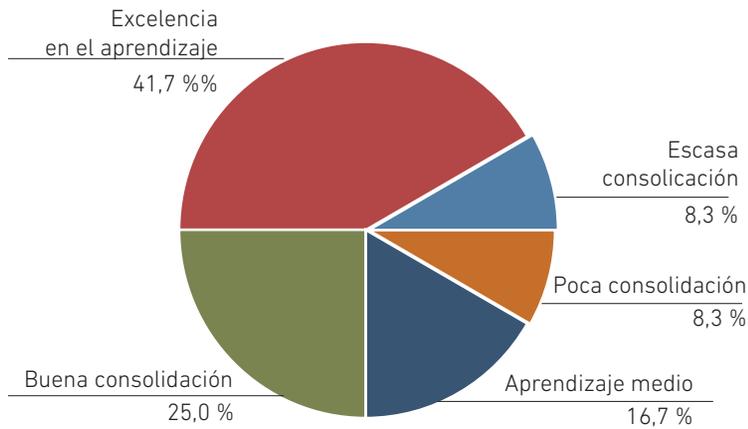
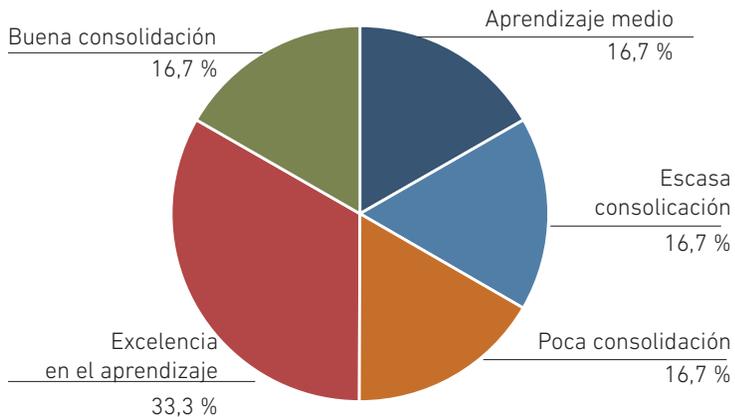


Figura 17

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la habilidad relacionada con el uso de tarjetas de desarrollo. Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3



La destreza para el desarrollo de objetos manualmente fue requerida, sin embargo, el uso de máquinas de corte láser la desplazó en algunos momentos, puesto que la velocidad en la que se podían desarrollar los modelos físicos de acuerdo a la experiencia adquirida en diseño conceptual, era mayor utilizando las tecnologías de fabricación digital. Lo anteriormente mencionado se observa en las respuestas de los estudiantes, que señalan que la apropiación del *hacking* (50 % en excelencia en el aprendizaje) fue mayor que la del *crafting* (41,7 % en excelencia en el aprendizaje).

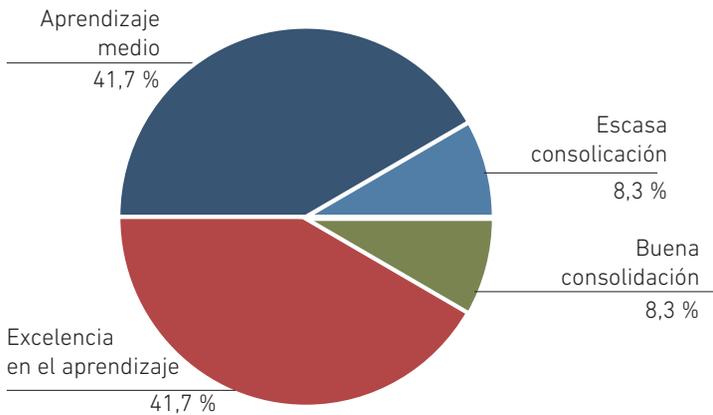


Figura 18
Percepción de los estudiantes sobre la consolidación del crafting. Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3

Con relación a la autonomía, la curiosidad y el autoaprendizaje, los estudiantes manifestaron un nivel de consolidación muy alto, puesto que el 75 % de las respuestas dio como resultado la excelencia en el aprendizaje. Esto permite concluir que la PEF desarrollada por ellos no solo llamó su atención, sino que fomentó el desarrollo de la autonomía y el autoaprendizaje, dos elementos indispensables en cualquier proceso de formación.

Figura 19

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación del hacking. Actividad complementaria-PEF-483, Período académico 2019-3

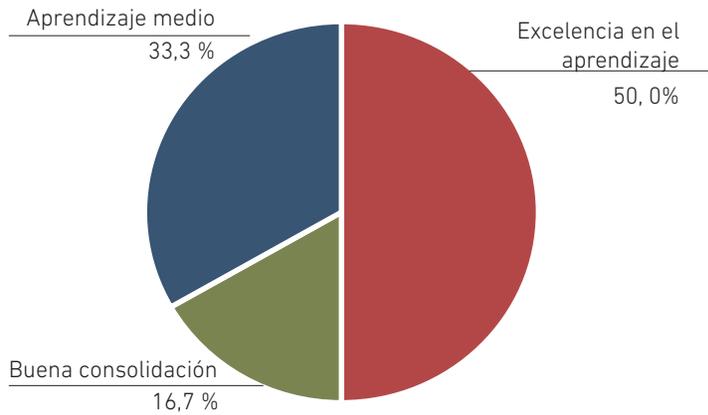


Figura 20

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la autonomía. Actividad complementaria-PEF-483, período académico 2019-3

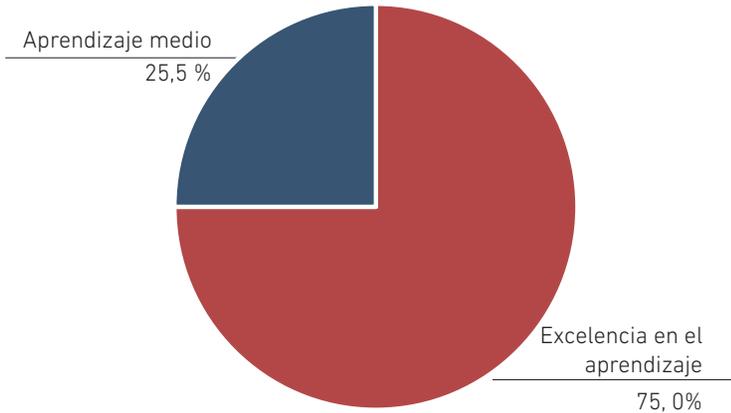
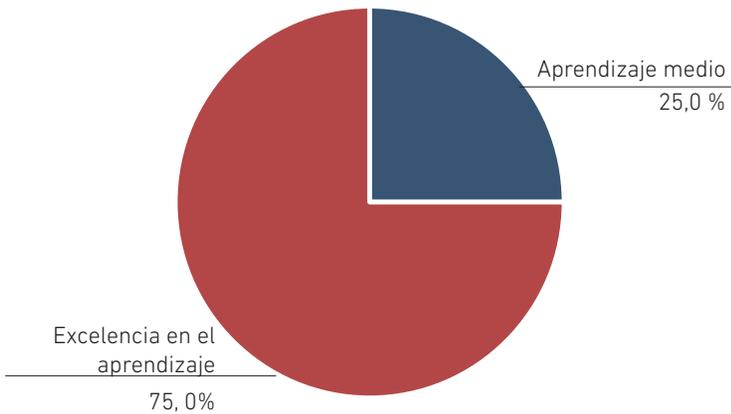
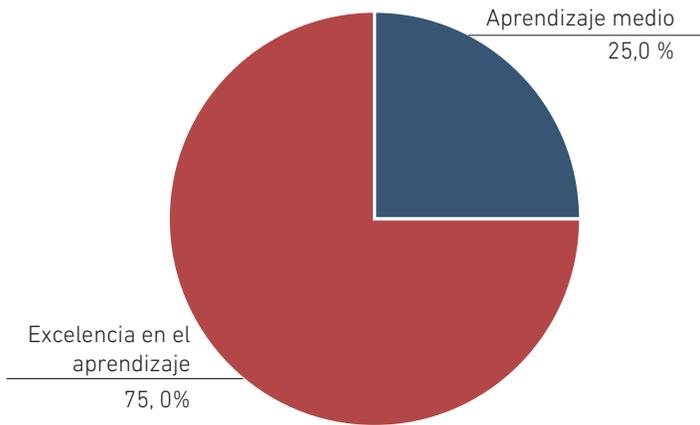


Figura 21

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación de la curiosidad. Actividad complementaria-PEF-483, período académico 2019-3



**Figura 22**

Percepción de los estudiantes sobre la consolidación del autoaprendizaje. Actividad complementaria-PEF-483, periodo académico 2019-3

Desde el punto de vista docente, los resultados obtenidos demuestran una construcción de la autonomía y el empoderamiento de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. El desarrollo del proyecto fue principalmente autodirigido, a pesar de contar con asesores docentes cuando lo requerían, pero el espacio formativo en el que se desarrolló dicho proyecto no es escolarizado.

El intercambio de ideas en el equipo de trabajo, la estructuración de acuerdos, la objetividad en la toma de decisiones y la empatía con la comunidad que demostraron los estudiantes van de la mano con las “6 C” del siglo XXI: carácter; creatividad; comunicación; ciudadanía; colaboración; y pensamiento crítico (Fullan & Langworthy, 2013), y con el perfil institucional enunciado por la Universidad Autónoma de Occidente, en el cual se define como una “institución comunitaria y para la comunidad” (UAO, 2021), denotando progreso en el desempeño personal, social y de impacto positivo en el contexto de los estudiantes.

Los productos desarrollados se alejaron del tecnocentrismo y se basaron en las necesidades de las personas de Asodisvalle, pensadas desde el contexto específico en el que estas se encuentran, denotando la apropiación crítica y responsable de la metodología aplicada y de las herramientas utilizadas en el despliegue de dicha metodología.

CONCLUSIONES

A partir del presente proyecto, aplicando el enfoque *service learning*, se puede plantear una serie de reflexiones sobre sus aportes a Asodisvalle y al proceso de formación de los estudiantes de ingeniería.

Aporte del proyecto a Asodisvalle

Se consigue entregar un grupo de materiales didácticos terminados (versión 1 de desarrollo). Dicho material cuenta con las siguientes características: se logra un proceso replicable de baja inversión, su desarrollo es asequible en el ámbito del laboratorio de prototipado de una universidad o taller independiente enfocado en la construcción. El material es adaptable a las condiciones de inclusión que requieren los estudiantes de la Asociación, así como versátil para diferentes usos didácticos, temáticos y niveles de enseñanza.

Aporte del proyecto a estudiantes de ingeniería y docentes

El proceso logró cuestionar el enfoque altamente tecnológico de los resultados al que una comunidad académica universitaria está acostumbrada: digitalización y automatización de proceso e interfaces basadas en uso de pantallas. El equipo estuvo participando en procesos interdisciplinarios donde la sensibilidad contextual era un factor determinante al momento de formular el problema. También surgieron nuevos retos no contemplados en un proceso normal de aula de clase, enfrentando al equipo a problemas que demandan una autorreflexión constante y profundas reflexiones del participante, un aumento en el índice de cohesión grupal y una mejora en la dinámica de aprendizaje. Una relación del proceso del proyecto con las habilidades para el trabajo 2020 plantea la siguiente evaluación.

Tabla 7

Relación del proceso formativo con las habilidades para el trabajo 2020

Habilidades para el trabajo 2020	Relación habilidad para el trabajo y proyecto con relación al estudiante
Solución a problemas complejos	Problema real de dimensión superior a la disciplinar
Pensamiento crítico	Desarrollo orientado al beneficio social
Creatividad	Proponer más allá de lo establecido, buscar valor agregado
Manejo de personas y coordinación con los demás	Equipos de trabajo con asignación de responsabilidades
Inteligencia emocional	Desarrollo sobre agenda, trabajo con supervisión y presentación de informes
Juicio y toma de decisiones	Interpretación del problema para definir atributos de los resultados (productos)
Orientación al servicio	Acoger el problema real: necesidad de material para institución de enseñanza
Negociación y flexibilidad cognitiva	Proyecto interdisciplinar e intersectorial

Además, los estudiantes respondieron al desarrollo de habilidades propias del movimiento Maker, tales como el modelado por computador, el trabajo en equipo, el modelado físico de objetos y el uso de tarjetas de desarrollo.

REFERENCIAS

- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., ElMaraghy, H., & Ranz, F. (2015). Learning factories for research, education, and training. *Procedia CIRP*, 32, 1-6.
- Battle, R. (2018). *Guía práctica de aprendizaje-servicio*. Santillana Educación, S. L. <https://roserbattle.net/wp-content/uploads/2018/09/Guia-practica-ApS.pdf>
- Bell, L., Brown, A., Bull, G., Conly, K., Johnson, L., McAnear, A., & Sprague, D. (2010). A special editorial: educational implications of the digital fabrication revolution. *TechTrends*, 54(4), 2-5. doi:10.1007/s11528-010-0423-2)
- Berg, D. R., Buchanan, E. A., & Lee, T. (2016). A methodology for exploring, documenting, and improving humanitarian service learning in the university. *Journal of Humanitarian Engineering*, 4(1).
- Blikstein, P. (2018). Maker movement in education: History and prospects. *Handbook of technology education*, 419, 437.
- Bosman, L., Chelberg, K., & Winn, R. (2017). How does service learning increase and sustain interest in engineering education for underrepresented pre-engineering college students? *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(2).
- Burke, J. (2015). Making sense: can makerspaces work in academic libraries? *ACRL Proceedings 2015* (pp. 497-504). http://www.ala.org/acrl/sites/ala.org/acrl/files/content/conferences/confsand_preconfs/2015/Burke.pdf
- Cohen, J. Jones, W. M., Smith, S., & Calandra, B. (2017). Makification: towards a framework for leveraging the maker movement in formal education. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 26(3), 217-229.
- Cross, N. (2014). *Design thinking: understanding how designers think and work*. Berg.
- Dougherty, D. (2012). The maker movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 7(3), 11-14. doi:10.1162/INOV_a_00135
- Duffy, J., Tsang, E., & Lord, S. (2000). *Service-learning in engineering: what, why and how*. 2000 Annual Conference.
- Expin Media Lab. (s. f.). <https://expin.uao.edu.co/>
- FabLab Cali (s. f.). <https://www.fablabcali.org>
- Fullan, M. G., & Langworthy, M. (2013). *Towards a new end: new pedagogies for deep learning*. Collaborative Impact.
- García, C. (2016). (Casi) *Todo por hacer. Una mirada social y educativa sobre los fab labs y el movimiento maker*. Fundación Orange. <http://www.fundacionorange.org/>

- fundacionorange.es/wpcontent/uploads/2016/05/Estudio_Fablabs_Casi_Todo_por_hacer.pdf
- Gershenfeld, N. (2012). How to make almost anything: the digital fabrication revolution. *Foreign Affairs*, 91(6), 43-57. <http://www.foreignaffairs.com/articles/138154/neil-gershenfeld/how-to-make-almostanything?page=show>
- Halverson, E., & Sheridan, K. (2014). The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495-505. doi:10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063
- Hatch, M. (2014). *The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. McGraw-Hill Education.
- Martínez, S., & Stager, G. (2013). *Invent to learn: making, tinkering, and engineering in the classroom*. Constructing Modern Knowledge Press.
- Naciones Unidas (s. f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Papert, S. (1991). Situating constructionism. En S. Papert & I. Harel (Eds.), *Constructionism* (pp. 1-11). Ablex.
- Saavedra, L. (2019, septiembre). La filosofía maker como estrategia para el fortalecimiento de competencias transversales en ingeniería. Simposio "Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2019".
- Salem Press Encyclopedia (2021). *Maker culture and society*. <https://ezproxy.uao.edu.co:2813/eds/detail/detail?vid=2&sid=7aaf106b-5c24-47a5-8b84-c09c3ebc8567%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbm9ZXMmc210ZT1lZHMtG12ZQ%3d%3d#AN=148527086&db=ers>
- Sugru (s. f.). *The Fixer Manifesto*. <https://sugru.com/our-mission#pm-36734>
- Torrone, B. (2006). The maker's bill of rights. *Make Magazin*, 80. <https://makezine.com/2006/12/01/the-maker-s-bill-of-rights/>
- Universidad Autónoma de Occidente (2015). Proyecto Educativo Institucional. Colección Documentos Institucionales.
- Universidad Autónoma de Occidente (2021a). Misión, visión y perfil. <https://www.uao.edu.co/informacion-institucional/mision-y-vision/>
- Universidad Autónoma de Occidente (2021b). Semillero Maker UAO. <https://www.uao.edu.co/semillero-makeruao/>
- Vega, C., & Saavedra, L. (2018). Actividad complementaria, espacio formativo desescolarizado desde la perspectiva de aprendizaje basado en equipos. PBL 2018.
- Vossoughi, S., & Bevan, B. (2014). Making and tinkering: a review of the literature. *National Research Council Committee on Out of School Time STEM*, 1-55. http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_089888.pdf
- World Economic Forum (2016, enero). The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. *Global Challenge Insight Report, World Economic Forum*. http://www3.weforum.org/docs/WEF_FOJ_Executive_Summary_Jobs.pdf