

PALABRAS CLAVE

Tecnologías de fabricación digital, Fabricación digital aditiva, FabLabs, Educación en diseño, Diseño industrial

KEYWORDS

Digital fabrication technologies, Maker culture, FabLabs, Design education, Industrial design

RECIBIDO

30 DE ABRIL DE 2022

ACEPTADO

7 DE FEBRERO DE 2023



EL CONTENIDO DE ESTE ARTÍCULO ESTÁ BAJO LICENCIA DE ACCESO ABIERTO CC BY-NC-ND 2.5 AR

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL PARA LA EDUCACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL. EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL DUOC UC EN CHILE

DIGITAL FABRICATION TECHNOLOGIES FOR INDUSTRIAL DESIGN EDUCATION. THE DIGITAL FABRICATION LABORATORY OF DUOC UC IN CHILE

> **DAVID A. TORREBLANCA-DÍAZ**
Universidad Pontificia Bolivariana
Facultad de Diseño Industrial

> CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO (NORMAS APA):

Torreblanca-Díaz, D. A. (Noviembre de 2022 – Abril de 2023). Tecnologías de fabricación digital para la educación en Diseño Industrial. El Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC en Chile. [Archivo PDF]. *AREA*, 29(1), pp. 1-15. Recuperado de https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2901/2901_torreblanca-diaz.pdf

RESUMEN

Las tecnologías digitales están cambiando los paradigmas conceptuales, metodológicos y la praxis en las disciplinas proyectuales, en ámbitos profesionales, educativos e investigativos. Neil Gershenfeld, creador de los FabLabs propone una nueva manera de entender y usar la tecnología, planteando que las comunidades se apropien de la tecnología en forma activa para resolver problemas locales. En este texto se da a conocer la experiencia de creación, implementación y puesta en marcha del Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC, sede Plaza Oeste en Chile, para el programa de Diseño Industrial, en el período comprendido entre los años 2008 y 2015; se da a conocer un análisis cualitativo y reflexivo de las actividades y enfoques del laboratorio.

ABSTRACT

Digital technologies are changing conceptual, methodological paradigms and praxis in design disciplines, in professional, educational and research fields. Neil Gershenfeld, creator of Fab Lab concept, proposes a new way of understanding and using technology, suggesting that communities take ownership of technology actively to solve local problems. This text shows the experience of creation and implementation and startup of the Digital Fabrication Laboratory at Duoc UC, Plaza Oeste in Chile, for the Industrial Design program, in the period between 2008 and 2015 year. A qualitative and reflective analysis of the activities and approaches of the laboratory is shown.

> ACERCA DEL AUTOR

DAVID A. TORREBLANCA-DÍAZ. Magíster en Tecnologías del Diseño por la Universidad Nacional Andrés Bello, Chile. Diseñador de productos por la Universidad de Valparaíso, Chile. Participa en proyectos de investigación sobre diseño biológico desde una convergencia transdisciplinaria entre biología, diseño, algoritmos y tecnologías digitales. Desde 2002 es docente e investigador en diferentes instituciones

de educación superior; relator en conferencias, workshops y exposiciones internacionales. Profesor Asociado en el programa de Diseño Industrial, en la Universidad Pontificia Bolivariana, en Medellín, Colombia. Director de comunicaciones en SIGraDi y estudiante de Doctorado en el Institute for Biodigital Architecture and Genetics, en la Universidad Internacional de Cataluña en Barcelona, España.

✉ <david.torreblanca@upb.edu.co>

Introducción

Las tecnologías de fabricación digital, que se han posicionado en los últimos años en ámbitos profesionales, educativos y sociales, con posibilidades e impactos sin precedentes, se pueden entender como un sistema tecnológico integrado que vinculan las tecnologías denominadas *Computer Aided Design* (CAD), *Computer Aided Manufacturing* (CAM) y *Computer Aided Engineering* (CAE); estas herramientas se han potenciado con el aporte de software paramétrico-asociativos, ofreciendo diversas ventajas técnicas para realizar procesos más inteligentes, eficientes e integrados, en plataformas digitales que facilitan el trabajo colaborativo y multidisciplinario; con posibilidades como la generación, transformación y materialización de geometrías complejas-asociativas, la fabricación de prototipos funcionales personalizados, la integración de diversos materiales en el mismo proceso, la fabricación remota, entre muchas otras. Se ha destacado la fabricación digital aditiva, popularmente conocida como impresión 3D, esta tecnología está cambiando radicalmente los procesos de fabricación y de comercialización en el mundo; se podrá fabricar en cualquier lugar, en el momento preciso y al alcance de todos, con ciclos de diseño y desarrollo de productos más cortos, para materializar productos con mayor precisión, con una amplia variedad de técnicas y materiales (Gómez, 2016). La fabricación aditiva está reduciendo los tiempos, costos y problemas técnicos asociados a la fabricación de sistemas complejos (Tee, Maconachie, Pilla, Leary, Do y Tran, 2021). Las tecnologías de fabricación digital confluyen con otras tecnologías disruptivas, tales como la inteligencia artificial (IA), la robótica colaborativa, el internet de las cosas (IOT), los nanomateriales, el manejo de grandes volúmenes de información o Big Data, la biotecnología, entre otras, de tal manera que esta convergencia tecnológica está planteando nuevos paradigmas en la manera de trabajar, vivir y relacionarnos, cambiando el contexto económico, social y cultural, articulando con el fenómeno denominado la cuarta Revolución Industrial (Schwab, 2016).

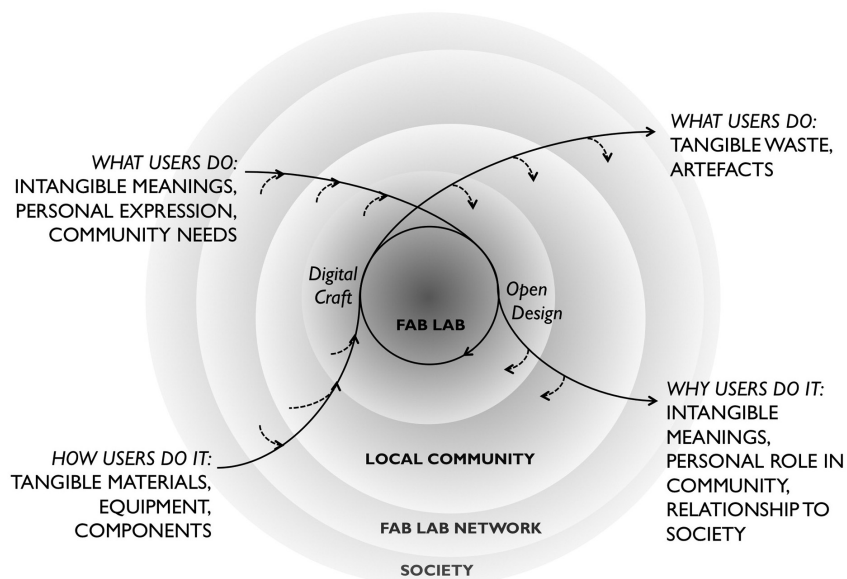
En este contexto emergen los *FabLabs* y *Makerspaces*, orientados a transformar las ideas en productos tangibles, en entornos colaborativos donde se trabaja con los conceptos de *design-learning*, un aprendizaje activo basado en proyectos de diseño,

donde los participantes pueden desarrollar sus habilidades cognitivas y creativas por medio de diversas herramientas tecnológicas y colaborativas. Los *makerspaces* son entornos pensados para el desarrollo de proyectos e investigaciones interdisciplinarias, a menudo para resolver problemas complejos; los *FabLabs* son similares, pero se pone mayor énfasis en el uso de equipos a menudo predefinidos, tales como impresoras 3D, cortadoras láser, escáneres digitales, entre otros (Soomro, Casakin y Georgiev, 2022). El concepto de *FabLab* (abreviación de *Fabrication Laboratory*) fue propuesto por Neil Gershenfeld, en 2006, en el *Center for Bits and Atoms* (CBA) del Massachusetts Institute of Technology (MIT). El proyecto de laboratorio se creó a partir de un curso experimental en el MIT lanzado por Gershenfeld en 1998 llamado *Cómo construir (casi) cualquier cosa*, cuya intención fue integrar la fabricación personalizada con las herramientas digitales, creatividad individual y colaboración grupal para originar comunidades innovadoras, abiertas, accesibles y colaborativas. Gershenfeld propone una nueva manera de entender y usar la tecnología, planteando que las comunidades se apropien de la tecnología en forma activa para resolver problemas locales, con el liderazgo de los *maker*, personas centradas en el hacer y construir por medio de tecnologías digitales (Carqueijó et al., 2022). En la Figura 1 se pueden ver los elementos que se articulan en los *FabLabs*, teniendo como ejes fundamentales el *Open Design* y el *Digital Craft*; el *Open Design* es una idea de diseño abierto, colaborativo y transdisciplinario y el *Digital Craft* se sustenta en la

Figura 1

Esquema acerca de los elementos que se articulan en los *FabLabs*.

Fuente: Kohtala (2017).



materialización de productos y/o sistemas mediante las tecnologías de fabricación digital. Los usuarios utilizan materiales tangibles (materiales, equipos, componentes) para resolver problemas locales, se originan artefactos y desechos; como resultado es posible generar significados para los usuarios y, para el *FabLab*, comprender su rol con la comunidad y la sociedad (Kohtala, 2017). Como consecuencia de lo anterior, las tecnologías de fabricación digital y los espacios llamados *Fablabs* están planteando nuevos escenarios para el diseño industrial, cambiando los paradigmas para la conceptualización, análisis, evaluación, prototipado y validación de ideas de diseño de productos, entendiendo que es un proceso cíclico e iterativo. Jennifer Loy, Sam Canning y Chris Little (2015) dicen que los diseñadores industriales deben romper la manera convencional de entender la fabricación digital, cambiar los paradigmas en que consideran las tecnologías digitales y los procesos involucrados; dicha fabricación se debe pensar como un fenómeno integral y es engañoso considerar estas tecnologías de una manera aislada.

En este texto se muestra el proceso de creación, implementación y puesta en marcha del Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC (Departamento Universitario Obrero Campesino de la Pontificia Universidad Católica de Chile), sede Plaza Oeste, para el programa de Diseño Industrial, en el período comprendido entre los años 2008 y 2015; se da a conocer un análisis cualitativo y reflexivo.

El Duoc UC es un instituto profesional chileno, ofrece carreras profesionales y técnicas, como así también programas de diplomados y capacitaciones. Duoc UC es una institución educativa que actualmente cuenta con 18 sedes, nueve escuelas, 70 programas de pregrado, más de 100 mil estudiantes, tiene una acreditación institucional de siete años, el máximo otorgado en Chile y ha sido un actor relevante, siendo representante de las instituciones técnico-profesionales ante el gobierno y el medio empresarial chileno.

El proyecto educativo del Duoc UC se sustenta en los valores *ético-cristianos* para una formación integral, un sistema de enseñanza-aprendizaje centrado en el estudiante, de quien se espera un rol activo en su proceso formativo y un modelo basado en competencias laborales. “El Modelo Educativo del Duoc UC está basado en la formación de competencias que buscan desarrollar habilidades, destrezas y actitudes para

enfrentar los procesos desde las diferentes disciplinas, en forma eficiente y eficaz” (Duoc UC, 2022a; 2022b).

Inicio, objetivos y estrategias del Laboratorio de Fabricación Digital

Gabriela Celani (2012) plantea la clasificación de los laboratorios de fabricación digital en tres tipos, cada uno con diferentes objetivos: los laboratorios de investigación para generar conocimiento; laboratorios de desarrollo, orientados a obtener información relevante para profesionales en el diseño y desarrollo de productos, y por último, los laboratorios educativos orientados al desarrollo de las capacidades específicas del programa donde se inserta, en algunos casos con actividades de investigación; la autora advierte que los objetivos de estos laboratorios deben ser diseñados cuidadosamente para cumplir su objetivo adecuadamente.

En 2008 el Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC, se propuso con una orientación académica, en el contexto de la creación de un nuevo *pensum* del programa de Diseño Industrial y con posibilidades de vinculación con el medio empresarial, ya que estaba emplazado en el cordón industrial de la comuna de Cerrillos en la ciudad de Santiago de Chile. El objetivo principal fue apoyar la incorporación sistemática de competencias técnicas relacionadas con estas tecnologías digitales en la formación de diseñadores industriales, herramientas con un desarrollo incipiente en ámbitos académicos en ese momento. El planteamiento de este laboratorio se realizó entonces, después de un levantamiento de competencias para el nuevo *pensum* del Diseño Industrial, estas competencias se construyeron con base en la información obtenida del medio empresarial e industrial del país y con esto se crearon las asignaturas vinculadas a las tecnologías de fabricación digital.

En el proceso de creación del laboratorio se visualizaron diferentes dimensiones: una dimensión académica, otra administrativa-operativa y una dimensión estratégica. La dimensión académica es el núcleo del laboratorio y está relacionada con el objetivo principal, la formación de competencias técnicas para diseñadores industriales; la dimensión estratégica nace para ampliar el radio de acción del laboratorio y su trascendencia a futuro, esta dimensión se desarrolla a través de actividades de vinculación con el medio y de visibilidad, tales como proyectos

colaborativos con empresas, congresos, organización y participación en concursos, entre otros. Por último, la dimensión administrativa-operativa es la que soporta y da viabilidad a las otras dos dimensiones a través de la gestión de recursos humanos, físicos y financieros. En la Figura 2 se pueden ver las diferentes áreas y actividades del laboratorio, todas relacionadas con las tres dimensiones mencionadas.

Como punto de partida para realizar el proyecto del laboratorio, los directivos identificaron la necesidad del liderazgo de un coordinador, esta figura no existía, entonces se definió un perfil laboral y las funciones del cargo. Se estableció que el coordinador debería ser un profesor interno del programa de Diseño Industrial, con un perfil tecnológico, con contrato a tiempo

completo, dividiendo su jornada laboral entre la docencia y la administración del laboratorio. La primera labor del coordinador fue plantear un plan estratégico para la gestión, implementación y puesta en marcha del Laboratorio de Fabricación Digital, con un horizonte de cinco años, acorde con el funcionamiento y dinámicas institucionales. El plan propuesto incluyó el presupuesto para el diseño y construcción del espacio, la compra de máquinas, capacitaciones para profesores, diseño de asignaturas, actividades de vinculación con el medio y de difusión. En la Figura 3 se puede ver un render y el espacio físico del laboratorio, en su primera ubicación, ya que posteriormente fue trasladado a otro lugar de la sede. Con respecto a las máquinas de fabricación digital se hace un análisis del estándar



Figura 2

Esquema de las áreas y funciones del Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC.

Fuente: elaboración propia.

Figura 3

Render y foto del primer espacio del Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC.

Fuente: elaboración propia.





requerido, analizando laboratorios académicos de Europa y Estados Unidos de Norteamérica, esto por la ausencia en el país de laboratorios académicos, con las características antes descritas. Se propone la compra de una impresora 3D, una fresadora CNC, una cortadora láser, al mismo tiempo que se considera la compra de una termoformadora; aunque esta última no funciona digitalmente, es un buen complemento, por ejemplo, para fabricar piezas usando moldes o modelos hechos con la fresadora por CNC. En la Figura 4 se pueden ver imágenes del espacio físico del laboratorio, en su segunda ubicación.

Este laboratorio también se concibió como un espacio para la colaboración activa entre los estudiantes, profesores y actores externos, por ejemplo, representantes de empresas. Se plantea como un espacio propicio para hacer diversas pruebas técnicas,

exploraciones y experimentaciones con diferentes tecnologías y materiales para encontrar la mejor alternativa de diseño y lograr los objetivos de los proyectos de los estudiantes. En la Figura 5 se pueden ver los estudiantes trabajando en forma colaborativa en el laboratorio.

Actividades del Laboratorio de Fabricación Digital

Apoyo a las asignaturas

Las asignaturas apoyadas por el laboratorio están orientadas al desarrollo de competencias para la representación digital de ideas de diseño de productos en sus diferentes etapas, a través de la integración de las tecnologías de Diseño Asistido por Computadora (CAD por sus siglas en inglés), Ingeniería Asistida por Computadora

Figura 4

[Arriba] Fotografías del espacio del Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC, en su segunda ubicación de la sede. Fuente: registro fotográfico propio.

Figura 5

[Abajo] Estudiantes de diseño industrial, trabajando en el laboratorio. Fuente: registro fotográfico propio.

(CAE por sus siglas en inglés) y Fabricación Asistida por Computadora (CAM por sus siglas en inglés), desde la conceptualización, comunicación de la idea, diseño detallado, simulaciones digitales de mecanismos y esfuerzos mecánicos, hasta prototipos físicos para realizar validaciones de usabilidad, funcionalidad y apariencia. Las principales asignaturas apoyadas por el laboratorio fueron: Modelado CAD Avanzado, Prototipado, Prototipado Digital, Taller de Diseño para la Manufactura, Taller de Productos Competitivos, Taller de Innovación en Productos, Taller Profesional y Proyecto de Título.

A continuación, se muestran y analizan proyectos destacados, desarrollados en las diferentes asignaturas apoyadas por el laboratorio, con énfasis en el desarrollo tecno-productivo.

Asignatura Prototipado Digital

La asignatura Prototipado Digital tuvo como objeto la realización de simulaciones y análisis digitales CAE, en el entorno del *software* paramétrico *Inventor*®. En esta asignatura se realizaron análisis de interferencia de ensamblajes, análisis de esfuerzos mecánicos a través del Método de Elementos Finitos (MEF) y simulación dinámica, es decir simulación de mecanismos y sistemas en movimiento. En la Figura 6 se pueden apreciar diferentes simulaciones y análisis digitales realizados en el proyecto de diseño de lámparas.

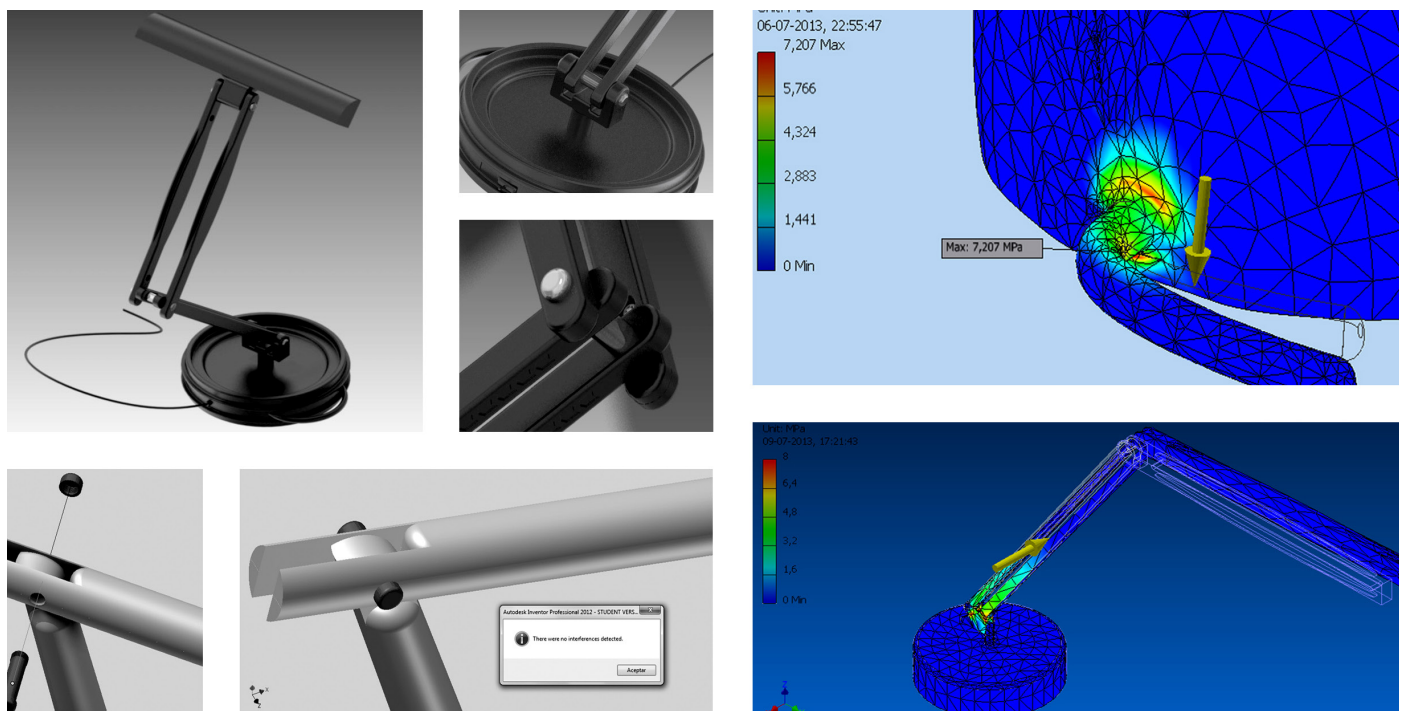
Asignatura Prototipado

La asignatura Prototipado tuvo como objeto la materialización de ideas de diseño de productos a través de tecnologías CAM y en complemento con técnicas analógicas y en forma sinérgica con la asignatura Prototipado Digital. Se utilizan tecnologías de fabricación digital, tales como impresión 3D, fresado por CNC (*Computer Numerical Control*), corte y grabado láser; técnicas analógicas, tales como termoformados, coladas de resinas, entre otras.

El estudiante no solo conoció aspectos técnicos de las tecnologías de fabricación digital, se enfatizó la experimentación con materiales y procesos. La asignatura estuvo soportada en contenidos teóricos sobre las representaciones tridimensionales para las diferentes etapas del proceso de diseño, con definiciones y casos de estudio sobre maquetas, modelos y prototipos. Esta asignatura cobró especial interés de los estudiantes, ya que en este espacio pudieron experimentar con diferentes materiales y tecnologías, crear y materializar sus propias propuestas, con una actitud activa y autónoma, con temáticas atractivas que permitieron desarrollar sus capacidades cognitivas y técnicas; como consecuencia esta experiencia despertó su motivación, que se puede entender, siguiendo a Juan Antonio Huertas (1997), como un proceso psicológico, con una alta intensidad afectivo y emocional, que impulsa previamente a una persona a realizar una acción o actividad con un alto interés y decisión.

Figura 6

Simulaciones y análisis digitales realizadas por los estudiantes de diseño industrial del Duoc UC para la asignatura Prototipado digital, profesor Torreblanca-Díaz. Fuente: elaboración propia.



A continuación, se muestran algunos proyectos destacados en la asignatura Prototipado. En estos ejercicios se definen parámetros y restricciones, respecto de las dimensiones, los materiales y los procesos utilizar; esto permite, por un lado, facilitar el trabajo de los estudiantes, tener un control respecto los tiempos de construcción y, por otro, asegurar resultados de calidad.

Diseño de personajes: el proyecto consistió en la creación y materialización de

personajes mediante técnicas analógicas y digitales. Primero se realizó la conceptualización de los personajes por medio de bocetos, posteriormente se hizo la modelación digital en el *software* CAD *Rhinoceros*®, se materializaron los modelos con la impresora 3D (modelo Zprinter de ZCorporation). Finalmente, se hicieron moldes con caucho silicona y series cortas de resina de poliéster, viniléster y epóxica, experimentando con diferentes cargas y acabados (Figura 7).



Figura 7
Proyectos de diseño de personajes desarrollado por estudiantes de Diseño Industrial del Duoc UC, asignatura Prototipado, profesor Torreblanca-Díaz. Fuente: registro fotográfico y capturas de pantalla de los estudiantes y el autor.

Diseño de autos de juguete: este ejercicio abordó la creación y materialización de autos de juguete, por medio de la integración de técnicas analógicas y digitales. El proceso arrancó con los bocetos conceptuales, luego se realizó la modelación en un *software*

CAD (opcionalmente *Rhinoceros*® o *Inventor*®). Finalmente, para la materialización de los juguetes se usaron diferentes técnicas, tales como corte láser, fresado por CNC y termoformados, el acabado de estos últimos se hace con pintura automotriz (Figura 8).

Figura 8
Proyecto de diseño de autos de juguete realizado por estudiantes de Diseño Industrial del Duoc UC, asignatura Prototipado, profesor Torreblanca-Díaz. Fuente: registro fotográfico y capturas de pantalla de los estudiantes y el autor.



Diseño de muebles: el proyecto consistió en diseño y materialización muebles de madera, mediante técnicas analógicas y digitales. Se trabajó con el sistema por encajes, sin utilizar tornillos ni ningún tipo de elemento de anclaje; por otra parte, se buscó experimentar con formas orgánicas, tratando de explorar y desarrollar

muebles con geometrías de un mayor grado de complejidad respecto los muebles convencionales. Al igual que los proyectos anteriores se inicia con bocetos conceptuales, luego modelación digital y finalmente se hicieron los prototipos, en la Figura 9 se pueden ver los prototipos finales, construidos por los estudiantes.

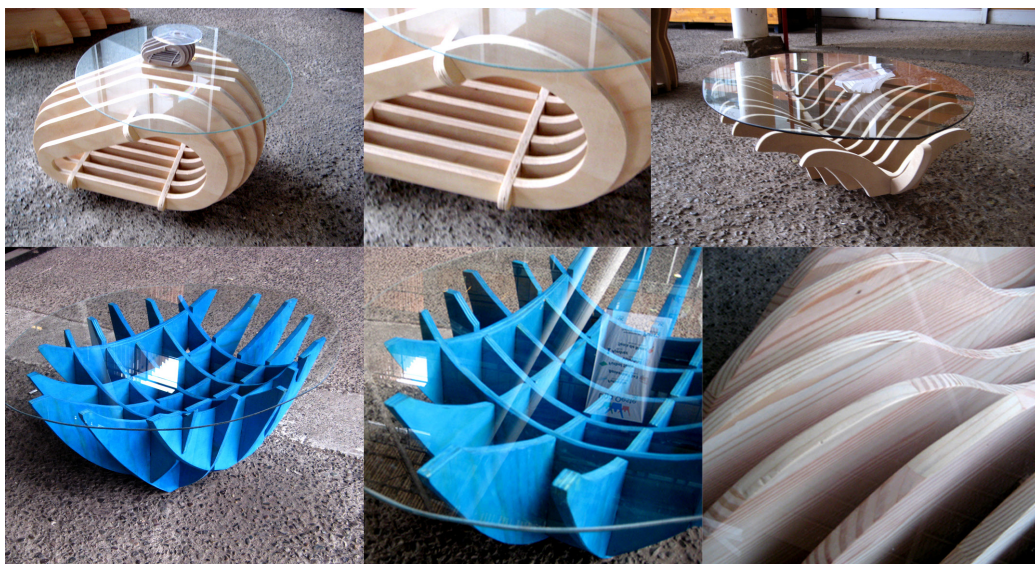


Figura 9

Proyecto de diseño de muebles, realizado por estudiantes de Diseño Industrial del Duoc UC, asignatura Prototipado, profesor Torreblanca-Díaz. Fuente: registro fotográfico de los estudiantes y el autor.

Asignatura Taller de Diseño, séptimo semestre

La asignatura Taller de Diseño (VII semestre), está orientada a desarrollar las capacidades metodológicas, conceptuales, técnicas y actitudinales para desempeñarse en el ámbito profesional local. Se hizo un análisis del contexto laboral local y se concluyó que en Chile se reducen paulatinamente las empresas de producción industrial, también se observó un incremento en pequeñas empresas orientadas al desarrollo de series cortas, personalizadas o de piezas únicas.

Por otra parte, se vio un creciente apoyo desde el gobierno para desarrollar de emprendimientos creativos, considerando otorgar financiamiento para diferentes etapas del proyecto y para la participación en ferias internacionales, con el objeto de posicionar el diseño chileno en el mundo. En este contexto, la asignatura se perfila hacia emprendimientos creativos, orientados al diseño y fabricación de objetos cotidianos, con soluciones funcionales, de calidad, con una estética atractiva y en muchos casos con un alto valor simbólico y emocional.



Figura 10

Proyecto de diseño de objetos cotidianos realizados por los estudiantes de Diseño Industrial, en el Taller de Diseño de séptimo semestre, profesor Ibar Páez, del Duoc UC. Fuente: registro fotográfico de los estudiantes, Ibar Páez y el autor.

Proyectos colaborativos con empresas

La realización de proyectos colaborativos con empresas ha sido una importante estrategia utilizada en la Escuela de Diseño del Duoc UC desde sus orígenes, permitiendo vincular a los estudiantes con el contexto laboral real, con todas las dinámicas y variables que esto implica. Los proyectos colaborativos han permitido desarrollar en los estudiantes las competencias proyectuales, las capacidades técnicas y las habilidades actitudinales, y de esta manera ser autónomos, aprender a comunicarse de manera efectiva, ser persistentes, autocríticos, ejercitarse para reaccionar en tiempos breves con alta exigencia, y a enfrentar variables que no siempre están presentes en las aulas. En el laboratorio de Fabricación Digital se gestionaron varios proyectos en colaboración con empresas, con el decidido apoyo de los directivos de la sede, y trabajando en forma conjunta con los profesores de los diferentes talleres de Diseño Industrial. Estos proyectos colaborativos se desarrollaron con empresas de la zona industrial de Cerrillos, en Santiago de Chile, lugar donde está inserta la Sede Plaza Oeste, permitiendo por un lado, conocer la realidad *laboral-productiva* de esa zona y, por otra parte, tener una oportunidad importante para promover las ventajas y posibilidades de las tecnologías de fabricación digital, las cuales son prácticamente desconocidas para este sector y en ese momento. Como consecuencia se logró mantener la

relación con algunas de estas empresas, a través de asesorías técnicas, alumnos en práctica, pasantías de profesores, ponencias de estas empresas en eventos del Duoc UC, entre otras vinculaciones.

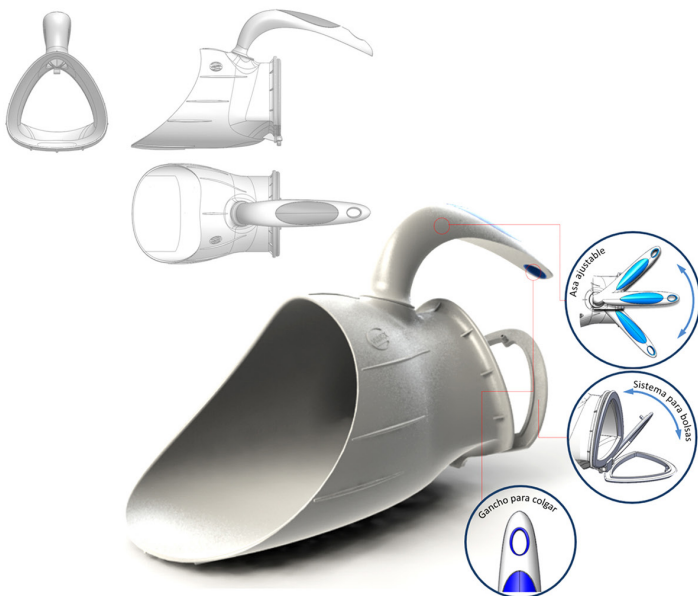
A continuación, se sintetizan tres proyectos colaborativos relevantes, desarrollados en las Sede Plaza Oeste, gestionados desde la coordinación del Laboratorio de Fabricación Digital y con el apoyo de los directivos de la sede.

Proyecto colaborativo con la empresa Virutex-Ilko

El proyecto colaborativo con la empresa Virutex-Ilko, fue planteado en la modalidad de concurso, se desarrolló en el Taller de Diseño (VI semestre) del programa de Diseño Industrial. El taller fue dirigido por la profesora Paula Concha y consistió en el rediseño de utensilios o sistemas de productos para cocina y aseo del hogar, buscando mejorar aspectos funcionales, de usabilidad y de comunicación del producto, teniendo coherencia con la identidad de marca de la empresa. Se realizó un análisis de los productos existentes en el mercado, luego se hicieron entrevistas no estructuradas y semiestructuradas con los usuarios objetivo (de libre elección por el estudiante), con esto se pudieron identificar diversas problemáticas y se definieron los requerimientos de diseño, posteriormente se hicieron bocetos conceptuales, modelos digitales y finalmente se hizo la materialización de las propuestas, a través de la tecnología de impresión 3D (Figuras 11 y 12).

Figura 11

Proyecto del estudiante de Diseño Industrial José Valenzuela, proyecto colaborativo con la empresa Virutex-Ilko, en el Taller de Diseño (VI semestre), profesora Paula Concha. Fuente: José Valenzuela y el autor.





Proyecto colaborativo con la empresa Cristal Chile

El proyecto hecho en colaboración con la empresa Cristal Chile, empresa líder del país en la producción de envases de cristal, se desarrolló en el Taller de Diseño (II semestre) del programa de Diseño Industrial del Duoc UC y fue dirigido por el profesor Iván Orrego. El proyecto consistió en el diseño de un envase para agua mineral gasificada *premium*, para un usuario de un nivel socio económico alto, los requerimientos lo caracterizaban como un producto elegante, con alta carga simbólica y cómodo en su uso. Se hizo un análisis de los envases existentes en el mercado, una conceptualización de aspectos semánticos del producto, estilo de vida e intereses del segmento objetivo, con estos antecedentes se hicieron las propuestas conceptuales y las modelaciones digitales. En la Figura 13 se pueden ver las mejores propuestas hechas por los estudiantes, materializadas de la tecnología de impresión 3D, con la máquina Zprinter de ZCorp, y en un material compuesto cerámico-polimérico.

Proyectos especiales

El Laboratorio de Fabricación Digital es parte de la comunidad de la sede, por tanto, debe responder también a necesidades que aparecen en forma eventual en ese contexto, entonces a todos estos proyectos que corresponden a casos particulares e inusuales, se les denominó *proyectos especiales*. Uno de estos proyectos fue el diseño y construcción de un carro para llevar libros a las diferentes clases y espacios de la sede, un encargo

hecho desde biblioteca para promover la lectura entre los estudiantes, esto debido al creciente desinterés en esta actividad, el llamado *biblio-móvil*, también ha servido para promover la lectura de los libros recién adquiridos por la institución. Otro encargo fue la fabricación de un trofeo para el evento *Cinco días de Diseño (5dD)*, diseñado por un estudiante de Diseño Industrial, el trofeo tiene el objetivo de dar un reconocimiento a la mejores conferencias y exposiciones. 5dD es un importante evento que nace en la Sede Plaza Oeste y posteriormente se hace en todas las sedes que ofrecen las carreras de diseño, a nivel nacional; el 5dD fue concebido para exponer, promover y debatir sobre las diferentes especialidades del diseño, a través de exposiciones, conferencias y *workshops*; en estas actividades se dan a conocer trabajos

Figura 12

Proyecto del estudiante de Diseño Industrial Leonardo Araya, proyecto colaborativo con la empresa Virutex-Ilko, en el Taller de Diseño (VI semestre), profesora Paula Concha. Fuente: Leonardo Araya y el autor.

Figura 13

Propuestas hechas por estudiantes de Diseño Industrial, en el contexto del proyecto colaborativo con la empresa Cristal Chile, en el Taller de Diseño (II semestre), profesor Iván Orrego. Fuente: registro del autor.



de estudiantes, profesores e invitados externos, el evento se realiza en forma intensiva en una semana, una vez al año y con un alto interés de la comunidad educativa en el Duoc UC. También se puede mencionar en esta categoría de *proyectos especiales*, los diferentes objetos, sistemas o dispositivos que se han diseñado y construido en el laboratorio para diferentes necesidades específicas de esa unidad, por ejemplo, para optimizar procesos, guardar piezas o exhibir proyectos de estudiantes; uno de estos proyectos fue el diseño de un mueble exhibidor móvil que tiene la función de exhibir los modelos y prototipos en el laboratorio y también ofrece la posibilidad de ser llevado a diferentes lugares de la sede para eventos o exposiciones. En la Figura 14 se pueden ver algunos de los proyectos mencionados.

Actividades de difusión tecnológica

Desde la creación del laboratorio se consideró la difusión tecnológica como una actividad estratégica de esta unidad.

Las acciones de difusión permitieron dar a conocer las ventajas, oportunidades y las nuevas maneras para abordar el proceso de diseño que ofrecen las tecnologías de fabricación digital, dan la posibilidad de ampliar el tendido de redes con empresas y diferentes actores externos. Estas actividades gestionadas desde la coordinación del laboratorio fueron diversas, incluyendo exposiciones, charlas, workshops y congresos. Se destaca la creación y organización del Seminario Tecnológico C3, Tecnologías CAD/CAM/CAE, este evento en su primera versión solo tuvo tres invitados locales, luego fue creciendo y en versiones posteriores tuvo invitados internacionales, exposiciones y workshops. También se destaca el workshop *Printing Toys*, orientado al diseño y construcción de juguetes y objetos cotidianos, mediante la tecnología de impresión 3D, en el contexto del evento 5Dd. En la Figura 15 se puede ver el afiche del evento C3 y algunas imágenes del workshop *Printing Toys*.

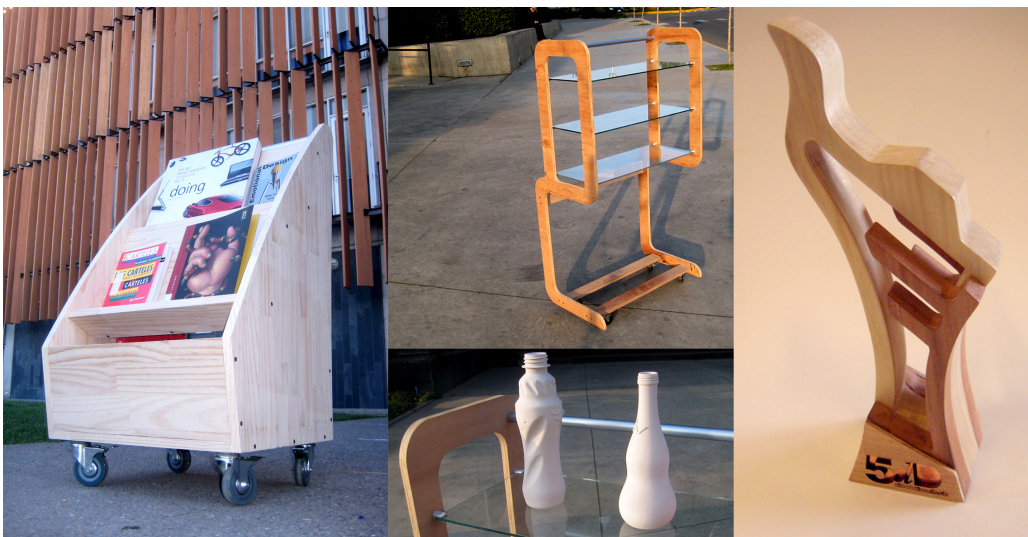


Figura 14

Proyectos especiales diseñados y construidos en el Laboratorio de Fabricación Digital. De derecha a izquierda se puede ver el biblio-móvil, el exhibidor móvil de modelos y prototipos, por último, uno de los trofeos para el evento 5Dd. Fuente: registro propio.



Figura 15

Imágenes de actividades de difusión, gestionadas desde el Laboratorio de Fabricación Digital. De derecha a izquierda se puede ver el afiche del Evento C3 y fotos del workshop *Printing Toys*. Fuente: registro propio.

Análisis

A la luz del proceso de creación, implementación y puesta en marcha del Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC, sede Plaza Oeste en Chile, para el programa de Diseño Industrial, se pueden hacer diversos análisis. La primera etapa estuvo centrada en el apoyo a la docencia y el desarrollo de competencias técnicas, también en las capacidades cognitivas y creativas de los estudiantes a través de la docencia, para ello se implementó la infraestructura física, la adquisición de maquinarias, de software y la organización administrativa; en forma simultánea y progresiva se fueron integrando a lo largo de los años, actividades de difusión y proyectos colaborativos con empresas del cordón industrial de Cerrillos, en Santiago de Chile. Con esto, el laboratorio tuvo un crecimiento no solo en la adquisición de máquinas y tecnologías, tuvo una evolución, abriéndose al contexto, respondiendo a las problemáticas locales y

haciendo actividades de promoción de las tecnologías digitales, poco conocidas en ese momento; este tipo de actividades junto con la docencia aumentaron la motivación de los estudiantes por la carrera y las posibilidades laborales, de hecho, varios de los estudiantes fueron contratados por las empresas que se relacionaron con el Duoc UC (Figura 16). Ahora, aunque el laboratorio no fue concebido bajo el modelo de FabLab propuesto por Gershenfeld, se consideró ese modelo como un referente importante, entonces con el objetivo de proponer mejoras o nuevas perspectivas, se hizo un análisis cualitativo para comparar los aspectos más relevantes de los FabLabs del MIT y este laboratorio del Duoc UC. En la Tabla 1 se puede ver que el laboratorio tiene un alto nivel de afinidad con respecto a la propuesta del MIT acerca del énfasis en el uso de las tecnologías de fabricación digital y la propuesta de aprendizaje activo basado en el hacer, un bajo nivel de coincidencia en relación con la apertura a la comunidad, a promover la

Figura 16

Esquema conceptual de las actividades y evolución del Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC.
Fuente: elaboración propia.

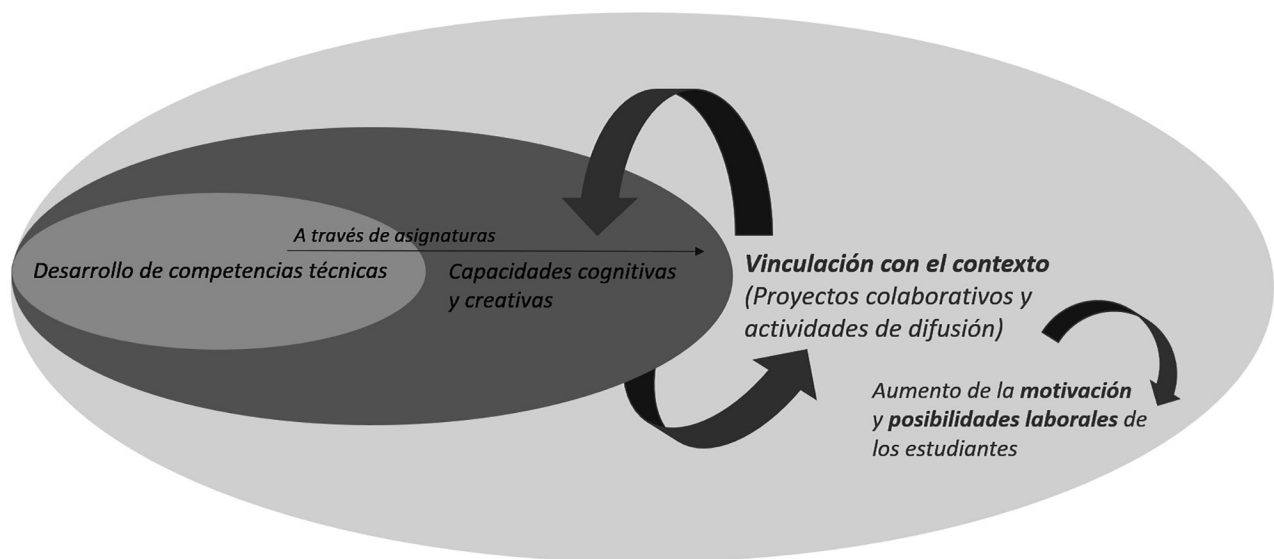


Tabla 1. Afinidad respecto entre la propuesta de FabLabs del MIT y el Laboratorio de Fabricación Digital del Duoc UC

FABLABS DEL MIT	NIVEL DE AFINIDAD CON EL LABORATORIO DEL DUOC UC
Énfasis en el uso de fabricación digital	Alto / Tiene el mismo énfasis
Aprendizaje activo a través del hacer	Alto / Propone el mismo tipo de aprendizaje
Abierto a la comunidad	Bajo / Es cerrado
Colaborativo (a nivel interno y externo)	Medio / Predominio de colaboración interna
Multidisciplinario	Medio / Participan mayoritariamente diseñadores industriales
Promueve la autonomía	Bajo / Predominio de trabajo guiado
Solución de problemas locales	Medio / Solo a nivel de proyectos colaborativos con empresas
Se conecta con redes de FabLabs	Bajo / No se conectó con redes de FabLabs

Fuente: elaboración propia.

autonomía de los participantes y a la conexión con redes de otros laboratorios. Este laboratorio estuvo enfocado a la comunidad de diseño industrial, con un predominio del trabajo guiado, con bajos niveles de autonomía y hubo poco contacto con otros laboratorios de su tipo. Con respecto al carácter colaborativo y multidisciplinario, se trabajó con una cooperación principalmente interna con profesores –diseñadores e ingenieros–, y solo en proyectos colaborativos se trabajó con profesionales o entidades externas. Finamente se abordaron problemas locales en el contexto de proyectos colaborativos con empresas de la zona, pero desde el laboratorio no hubo otras iniciativas en torno a identificar problemas específicos de la comunidad cercana.

Consideraciones finales y perspectivas

Las tecnologías de fabricación digital proponen nuevos paradigmas en los procesos metodológico-proyectuales en el diseño industrial, afectando como consecuencia la enseñanza de esta disciplina. En el ámbito educativo es importante dar a conocer estas tecnologías como un sistema integrado, más allá de una herramienta práctica y operativa, comprender que son nuevas maneras de abordar los proyectos de diseño; esto requiere nuevas metodologías y didácticas educativas que aborden adecuadamente el funcionamiento y dinámicas de este sistema. En este contexto los laboratorios de fabricación digital o *Fablabs* propuestos por Gershenfeld han jugado un rol relevante, ya que promueven un aprendizaje activo basado en la resolución de problemas a través del *design-learning* y con énfasis en el uso de tecnologías digitales, promoviendo la cultura *maker* en contextos

colaborativos y transdisciplinarios para resolver problemas locales. El Laboratorio de Fabricación Digital de la sede Plaza Oeste del Duoc UC, en Santiago de Chile, según la experiencia observada desde su creación en 2008, hasta el año 2015, alcanza los objetivos planteados, en sus dimensiones académica, administrativa-operativa y estratégica. Efectivamente se cumple con el desarrollo de las competencias técnicas de los estudiantes de Diseño Industrial en el contexto de un nuevo *pensum*, dando un apoyo permanente para las diferentes asignaturas, progresivamente se fueron integrando actividades de difusión tecnológica y proyectos colaborativos con empresas. Con el tiempo amplió su radio de acción superando la generación de capacidades técnicas, también aportó a la mejora de las capacidades cognitivas y creativas, con todo esto aumenta la motivación de los estudiantes y el sentido de pertenencia institucional. A la luz del análisis comparativo con los *FabLabs* del MIT es recomendable propiciar instancias que permitan identificar problemáticas del contexto local (no solo empresas), fomentar una participación activa de la comunidad cercana; también sería ideal tener una intervención más solícita y autónoma de los estudiantes en el laboratorio desarrollando sus proyectos; facilitar la participación de los estudiantes y los profesores de otras carreras o externos al Duoc UC para promover las interacciones transdisciplinarias, por último, es deseable participar en redes de laboratorios para colaborar, integrar experiencias, actividades y conocimientos. Con todo esto el laboratorio o nuevas propuestas de laboratorios podrían tener un enfoque más abierto, accesible, colaborativo, transdisciplinario y conectado con el contexto para aportar soluciones a través del diseño con énfasis en las tecnologías digitales ■

> REFERENCIAS

- Carqueijó, S., Ramos, D., Gonçalves, J., Carvalho, S., Murmura, F., Bravi, L., Doiro, M., Santos, G. y Zgodovová, K. (2022). The Importance of Fab Labs in the Development of New Products toward Mass Customization. [En línea]. *Sustainability*, 14(14). DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su14148671>
- Celani, G. (2012). Digital Fabrication Laboratories: Pedagogy and Impacts on Architectural Education. [Archivo PDF]. *Nexus Network Journal*, (14), pp. 469-482. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00004-012-0120-x>
- Duoc UC. (2022a, 13 de octubre). *Duoc UC*. [En línea]. Recuperado de <https://www.duoc.cl/>
- Duoc UC. (2022b, 13 de octubre). *Duoc UC*. [En línea]. Recuperado de <http://www.duoc.cl/carrera/disenio-industrial>
- Gómez, S. (2016). *Impresión 3D*. Barcelona: Marcombo.
- Huertas, J. A. (1997). *Motivación, querer aprender*. Buenos Aires: Aique.
- Kohtala, C. (2017). Making "Making" Critical: How Sustainability is Constituted in Fab Lab Ideology. [Archivo PDF]. *The Design Journal*, 20(3), pp. 375-394. DOI: <https://doi.org/10.1080/14606925.2016.1261504>
- Loy, J., Canning, S. y Little, C. (2015). Industrial design digital technology. [Archivo PDF]. *Procedia Technology*, 20, pp. 32-38. Recuperado de <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/116329>
- Schwab, K. (2016). *La Cuarta Revolución Industrial*. Bogotá: El Tiempo Casa Editorial.
- Soomro, S.A., Casakin, H. y Georgiev, G.V. (2022). A Systematic Review on FabLab Environments and Creativity: Implications for Design. [En línea]. *Buildings* 2022, 12(804). DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12060804>
- Tee, Y. L., Maconachie, T., Pille, P., Leary, M., Do, T. y Tran, P. (2021, noviembre). From nature to additive manufacturing: Biomimicry of porcupine quill. [En línea]. *Materials and Design*, 210(110041). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110041>