



Integración del movimiento *maker* en el aula: una experiencia práctica en el primer año de un proyecto educativo

Integration of the maker movement in the classroom:
a practical experience in the first year of an
educational project

Oriol Nadal ✉

Departamento de Pedagogía, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España
<https://orcid.org/0000-0002-0449-0997> | oriol.nadal@urv.cat

Xavier Domínguez

IAAC Fab Lab Barcelona, Barcelona, España
<https://orcid.org/0000-0003-4721-7541> | xavier.dominguez@iaac.net

Recibido: 17/04/2023 Aceptado: 07/06/2023

Resumen

Actualmente, algunos centros de educación primaria y secundaria están considerando un cambio de enfoque para responder a las necesidades del siglo XXI. En este sentido, muchos apuestan por el aprendizaje centrado en el *maker*, como eje principal para promover la creatividad, la resolución de problemas y la innovación. El siguiente artículo tiene como objetivo dar las instrucciones necesarias para todo centro educativo que tenga interés en participar en el cambio. Se introduce en el aula y paralelamente aporta beneficios para el alumnado como el aumento de motivación, mejora en la adquisición de habilidades y conocimientos y la disminución del miedo a equivocarse. En definitiva, se pretende tener en cuenta el bienestar del alumnado y su desarrollo integral. Se describe paso a paso cómo implementar en los centros este nuevo concepto, desde los pasos previos hasta un primer año de puesta en práctica en la escuela o instituto. Para tener una visión más realista, se va explicando, paralelamente a las instrucciones, cómo ha sido la experiencia de un proyecto coordinado por IAAC Fab Lab Barcelona en el que se introduce la cultura *maker* mediante el STEAM en una clase de 3º de primaria. Se concluye que se necesita un trabajo previo para evaluar los recursos disponibles y conocer la formación del profesorado.

Palabras clave

Aprendizaje centrado en maker, formación docente, educación primaria, evaluación.

Abstract

Currently, some primary and secondary schools are considering a change of approach to meet the needs of the 21st century. In this sense, many are turning to maker-centered learning to promote creativity, problem solving and innovation. The following article aims to provide the essential instructions for any educational center interested in participating in the change. In this way, a maker culture approach can be introduced in the classroom and simultaneously provide benefits for students such as: increased motivation; improved acquisition of skills and knowledge; and decreased fear of making mistakes. In short, the maker culture approach is intended to take into account the welfare of students and their overall development. It describes step by step how to put this new concept into practice in centers, from the very beginning to the first year of implementation in the school or institute. To demonstrate, a case study is explained in parallel to the instructions, using the experience of a project coordinated by IAAC Fab Lab Barcelona in which maker culture is introduced through STEAM in a primary class of 3rd grade students. The case study concludes that additional previous work is needed to evaluate a school's available resources and to understand the prior training of teachers.

Keywords

Maker-centered learning, teacher training, primary education, evaluation.

Introducción

Las escuelas igual que la sociedad, avanzan paralelamente a un ritmo considerable introduciendo nuevas metodologías y formas de aprendizaje en las etapas de educación infantil y primaria. El objetivo común que se persigue en la mayoría de los centros educativos es, entre otros, desarrollar el alumnado con un espíritu crítico, capaz de enfrentar los desafíos que les ofrece el siglo XXI (Del Moral, 2023). Actualmente, se está haciendo mucho énfasis en dos ámbitos; por un lado, se pretende dejar de formar de manera rígida e intentar promover el trabajo competencial a través del aprendizaje por proyectos en diferentes ámbitos. Un claro ejemplo es el de STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) que pretende capacitar al alumnado en el ámbito científico y tecnológico y promover el pensamiento crítico del estudiante (Sánchez Ludeña, 2019). Por otro lado, es importante ver cómo se introducen estos ámbitos para aumentar la curiosidad, la motivación y la autoeficacia haciendo uso innovador y coherente de la tecnología. Esta acompaña los centros cada día con más fuerza, por el simple hecho de que estamos viviendo en una sociedad tecnológica y así se debe transmitir al alumnado. Durante los últimos años, ha entrado de manera fugaz a escuelas e institutos del país y se trabaja día a día para mejorarlo.

1. Movimiento y cultura maker

Una de las maneras de implementar este tipo de metodologías activas en las escuelas es a través del movimiento *maker*. Esta cultura ha surgido durante los últimos años y tiene como base el "*Do-IT Yourself*", o también "Hazlo tú mismo". La cultura *maker* es un movimiento global basado en la filosofía de un grupo de individuos con la

capacidad de crear o reparar objetos utilizando un amplio conjunto de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y las tecnologías de exploración y fabricación (EFT) (Blikstein et al., 2017).

Sin embargo, el movimiento *maker* ha experimentado un crecimiento en los últimos años, entre otros motivos porque el uso de la tecnología ha permitido acelerar todos los procesos de diseño, prototipado y creación. Esta cohesión entre el pasado y el presente es una especie de conexión entre el mundo físico y el mundo digital (Unterfrauner & Voigt, 2017).

En el mundo *maker*, también hay un punto esencial que es el de compartir. Es un movimiento colaborativo y uno de los puntos imprescindibles es que se comparta la información tanto del proceso como de la elaboración (García Arranz, 2019). Frecuentemente, se crean redes o blogs *maker* a través de internet, una de las maneras más rápidas para compartir la información.

Un aspecto que caracteriza el movimiento *maker* es que es universal. No hay ningún miembro que no pueda participar en el movimiento, al contrario; pequeños, mayores, de cualquier raza o etnia, y evidentemente de cualquier género, pueden ser partícipes (Dougherty, 2012). Esto permite desarrollar habilidades y competencias clave al involucrar a los estudiantes en la resolución de problemas reales, promoviendo así el pensamiento crítico, la colaboración y el desarrollo de habilidades. Su implementación en el aula proporciona una experiencia de aprendizaje significativa y relevante para preparar al alumnado (Blikstein, 2018).

Maker es un término bastante general e incluye los procesos de adaptación y reutilización de objetos o materiales. Para concretar, Anderson (2016, como se citó en Morales & Dutrénit, 2017), propone tres principios angulares respecto al movimiento *maker*. En primer lugar, es esencial disponer de herramientas digitales en el ámbito personal, como escáneres 3D, cortadoras láser o impresoras 3D. Además, se han de tener en cuenta que los elementos elaborados tienen un componente social y se tienen que compartir con otros usuarios que tengan intereses similares por un beneficio común. Finalmente, se dispone de empresas que ofrecen servicios propios de impresión 3D o fabricación digital que pueden fabricar a cualquier escala gracias a los programas y herramientas que disponen.

1.1. Aprendizaje centrado en el *maker*

El aprendizaje centrado en el *maker* (MCL, por sus siglas en inglés) sitúa al estudiante en el centro del aprendizaje, haciéndolo más responsable de su propio proceso de aprendizaje. Al trabajar en proyectos centrados en el aprendizaje *maker*, los estudiantes aprenden a pensar por sí mismos, a investigar y a aprender de sus errores y aciertos, adquiriendo un conocimiento más profundo a través de la exploración activa de los retos y problemas del mundo real (Clapp et al., 2016). Se trata de un estilo de aprendizaje activo y basado en la indagación.

Para resumir los beneficios que nos puede ofrecer el aprendizaje centrado en el *maker*, Clapp et al. (2016) proponen en la siguiente tabla las ventajas para el alumnado:

Tabla 1. Beneficios del aprendizaje basado en maker

Beneficios principales del aprendizaje basado en maker	
Desarrollar la agencia del alumno	
Fabricación de cosas	Encontrar oportunidades para hacer cosas que sean significativas por cada individuo y asumir la responsabilidad del proceso <i>maker</i> .
Comunidad <i>Maker</i>	Encontrar oportunidades para hacer cosas que sean significativas por la propia comunidad y apropiarse de este proceso de creación, ya sea de forma independiente o con otras personas.
Construir carácter	
Elaboración propia	Desarrollar competencias como <i>maker</i> , construir confianza con las propias habilidades <i>maker</i> , formar identidad <i>maker</i> .
Disposiciones generales de pensamiento	Apoyar diferentes patrones de pensamiento que se perciben como beneficiosos en todos los ámbitos.
Beneficios secundarios del aprendizaje basado en maker	
Cultivar conocimientos y habilidades específicas de cada disciplina	
Fomentar el desarrollo de conocimientos y habilidades dentro de las materias STEAM y otras disciplinas cubiertas en los itinerarios <i>SheMakes</i> .	
Cultivar conocimientos y habilidades específicas de los creadores	
Fomentar el desarrollo de conocimientos y habilidades en relación con las herramientas, tecnologías, procesos y prácticas específicas de los creadores.	

Nota. Adaptado de "Maker-Centered Learning: Empowering Young People to Shape Their Worlds", por Clapp et al. (2016, p.41)

En la tabla 1 se muestran los beneficios que aportan al alumnado. En este caso, se centra en las ventajas individuales y que van directamente relacionadas con el carácter y las habilidades de las personas. Es también una manera de conectar las habilidades y competencias *maker* con la vida cotidiana. Los beneficios se dividen en dos grupos; en el primero se resumen los beneficios principales y en el segundo los beneficios secundarios. En el primer grupo, se destaca la fabricación de materiales que incluye el aspecto motivador de crear artefactos significativas para el estudiante. Es importante trabajar por intereses y no dando instrucciones directamente, siempre y cuando se acompañe y se guíe al alumnado. En definitiva, se pretende desarrollar la agencia del estudiante, que hace referencia al propio control para ser protagonistas de su aprendizaje en base a la experiencia. Por otro lado, el segundo apartado del primer grupo va más enfocado a la mejora individual; se debe practicar para adquirir experiencia y desarrollar competencias como persona *maker* y finalmente crear una identidad *maker*. Lo complementa las disposiciones generales de pensamiento. En cuanto a los beneficios secundarios, se cultivan conocimientos y habilidades en cada

ámbito, así como también se desarrollan habilidades relacionadas con las herramientas y con el uso de la tecnología (Clapp et al., 2016).

Para intentar establecer una relación entre las dimensiones y los beneficios para el alumnado, en la tabla 2 se muestran las dimensiones desde una perspectiva social, ética y circular de acuerdo con los beneficios que pueden aportar:

Tabla 2. Dimensiones del aprendizaje centrado en el maker

Diseño circular	Desarrollo de habilidades Maker	Iniciativa e Intencionalidad	Resolución de problemas y pensamiento crítico
Conectar proyectos con experiencias e intereses personales.	Reconocer conceptos básicos de programación.	Participar activamente. Fijar tu propio objetivo.	Resolver problemas reales a través de la iteración.
Utilizar los materiales de manera innovadora.	Desarrollar código para la creación de aplicaciones y máquinas.	Correr riesgos intelectuales y creativos.	Analizar detalladamente los componentes del problema.
Diseño distribuido y abierto como concepto clave del diseño circular.	Utilizar circuitos electrónicos para el prototipado de productos.	Ajustar los objetivos en función de las evidencias y la respuesta de los fenómenos físicos.	Buscar ideas, herramientas y materiales para solucionar el problema.
Perseverar y aprender de los fracasos.	Conocer principios de diseño para el prototipado y fabricación de artefactos reales.		Consultar soluciones alternativas.
Comprender la complejidad y la aplicación de las 5 erres.			
	Comprensión conceptual	Impacto Colectivo	Compromiso social y emocional
	Hacer observaciones y formular preguntas.	Comunicación abierta y continua.	Trabajar en equipo.
	Probar ideas provisionales.	Aprovechar o remezclar las ideas y proyectos de otros.	Enseñar y ayudarse mutuamente.
	Construir razonamientos.		Expresar sentimiento de orgullo y responsabilidad.
	Aplicar soluciones a nuevos problemas.	Enseñar y ayudarse mutuamente.	Documentar/
		Colaborar y trabajar en equipo.	Compartir ideas con los demás.

Nota. Adaptado de "Pop-Machina Circular Maker Academy. Building circular maker capacity through training" por Schmidt et al. (2021, p. 35), Leuven: Pop Machina project 821479-H2020

Tal y como se puede observar en la tabla 2, el aprendizaje centrado en el *maker* tiene un impacto relevante hacia el estudiante. En este caso, se muestran los beneficios vinculados al compromiso que tiene el estudiante con la sociedad. Schmidt et al. (2021) proponen la distribución de 7 dimensiones a tener en cuenta cuando se realiza una intervención donde se introduce el aprendizaje centrado en el *maker*. Estas dimensiones están distribuidas por colores. Dentro de cada dimensión, se pueden apreciar las acciones necesarias para una adecuada evolución de la dimensión. Se puede observar que no solamente se desarrollan acciones para el desarrollo de habilidades *maker* como utilizar circuitos o saber programar; también se conectan proyectos con experiencias personales, se aprende de los fracasos y se participa activamente fijando un objetivo propio. Otras dimensiones también son imprescindibles como el compromiso social y emocional o el impacto colectivo.

1.2. Fab Labs

Aunque muchos *makers* tenían su propio espacio de trabajo, se necesitaba un lugar donde poder cooperar, compartir y crear conjuntamente. Este espacio se denomina *Fab Lab* y es el punto de encuentro entre *makers* (Kohtala, 2014). Básicamente está equipado con una serie de herramientas de diseño y de creación, como pueden ser las cortadoras láser o las cortadoras de vinilo, entre otras. Aunque la idea comienza a nivel local y nacional, cada vez en más países piensan que es una buena idea, hasta que finalmente se crea una red de *Fab Labs* de todo el mundo.

La iniciativa de crear un *Fab Lab* surge en el *Instituto de Tecnología de Massachusetts* (MIT), concretamente en el *Centre for Bits and Atoms* (Blikstein, 2018). Se comienza creando un curso de fabricación digital, que supone bastante interesante para los participantes, y por lo tanto evoluciona hasta acabar creando el concepto de *Fab Lab*. El objetivo principal de los espacios es ofrecer a la ciudadanía todos los recursos necesarios para poder diseñar y crear nuevos objetos que puedan dar respuesta a un problema (Blikstein, 2018).

En Cataluña, también hay algunos *Fab Labs* presentes en esta red. El *Fab Lab Barcelona* es uno de los ejemplos. Situado en la zona del Poblenou y dentro del Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IAAC), fue uno de los primeros de la Unión Europea en constituirse como *Fab Lab* en el año 2007. Básicamente se trabaja en investigación e innovación, englobando el mundo *maker* y los procesos de creación digital. Además, tienen vinculados diversos proyectos educativos dentro de esta cultura *maker*, e incluso lideran programas para el futuro de esta.

1.3. Implementación en el aula: el proyecto TECLA

Uno de los proyectos destacables que lidera IAAC *Fab Lab Barcelona* es el proyecto *TECLA* (*Technology Learning Academic*). Es un proyecto de investigación y tiene como objetivo analizar cuáles son los efectos de introducir el aprendizaje centrado en *maker* para desarrollar las habilidades y competencias del estudiante (Hanna Carrasco, 2023).

En este se diseña un modelo de implementación para diversas escuelas de primaria para introducir el aprendizaje centrado en el *maker* y STEAM como base. Se pretende

acercar a los estudiantes a esta cultura para desarrollar las habilidades necesarias para el siglo XXI, ante la actual y futura demanda de empleos de este tipo. En concreto, se plantea una investigación basada en diseño (IBD) con una perspectiva de duración de 3 cursos académicos. La IBD se aplica mediante el análisis, diseño y desarrollo de la intervención en un contexto real (De Benito, 2016). En este caso, se diseña un prototipo de intervención con la intención de implementarlo un total de tres años o tres cursos académicos para poder proponer mejoras y acabar teniendo una intervención modelo.

A lo largo de su implementación, se ha tenido en cuenta la inclusión y la igualdad respecto al género. Aunque históricamente, el *maker* había sido criticado por el perfil de individuo que predominaba (hombre, blanco, de país desarrollado) cada vez está siendo más equitativo, ya que muchas mujeres están interesadas en diseñar y crear. Por lo tanto, en *TECLA* se tienen en cuenta todos estos aspectos desde el inicio hasta el final de la intervención.

2. Introducción a proyectos centrados en el aprendizaje *maker* en escuelas de primaria

Frecuentemente se quieren desplegar proyectos de estas características, pero la estructura del currículo y de las escuelas dificultan su implementación (Litts et al., 2019). El problema del cual se parte y se quiere dar solución en este artículo, es la dificultad para implementarlo en las aulas. Se plantea esta guía para mostrar cuál debería ser el camino de forma generalizada pero centrado en algunos aspectos más concretos que pueden ser factores clave para el éxito. Para profundizar con estas ideas, se explica a través del proyecto *TECLA* y se muestra cómo ha sido el primer año de implementación en el centro. A destacar que ambos autores del presente artículo han participado de primera mano en el diseño e implementación del proyecto *TECLA*.

2.1. Fase previa al cambio

En primer lugar, es prioritario explicar a docentes del mismo claustro los cambios que se quieren generar durante los próximos cursos. Es recomendable que el cambio no lo lleve a cabo un miembro del equipo, sino que lo hagan varios; se puede crear un equipo de profesorado de ámbitos diversos, tanto en las escuelas como en los institutos, para que estos cambios se generen en todo el centro y en todas las materias.

Uno de los primeros pasos es realizar un autorretrato inicial en el propio centro. El proceso consiste en ver cuáles son los puntos fuertes y los puntos débiles del pasado, para ser conscientes del presente y ver cómo se puede mejorar de cara al futuro. En este sentido, se puede analizar cómo ha sido la apropiación de la tecnología, cuál ha sido la evolución y cuál ha sido el proceso de socialización en relación con las TIC (Casillas & Ramírez, 2021).

Este capital tecnológico se constituye como capital cultural cuando el alumnado lo pone en práctica para reforzar con el aprendizaje de contenidos y/o de experiencias. Según Casillas y Ramírez (2021) reuniría todo el conjunto de saberes, pero también el saber hacer y saber utilizar por parte de los agentes educativos de las TIC.

Figura 1. Elementos del centro para analizar



Nota. Adaptado de "Saberes digitales en la educación" por Casillas y Ramírez (2021)

Tal y como se muestra en la figura 1, dentro de este proceso también es importante ver qué agentes utilizan las TIC y en qué grado de profundidad lo hacen. Cabe destacar que la voluntad del profesorado del claustro por cambiar la metodología es también un factor clave para el éxito.

En la parte superior de la figura 1 se encuentra el tiempo de trabajo invertido, como podrían ser los cursos escolares, los talleres, los cursos fuera de la escuela u otros procesos de aprendizaje formales y no formales. En la parte inferior se incluyen todos los saberes digitales, como el uso de los dispositivos, programas, creación y manipulación de contenido de datos, entre otros. A menudo, disponer de muchas herramientas no conlleva el éxito en los proyectos; es imprescindible saber utilizarlas y saber cómo aplicar la parte pedagógica.

Finalmente, es importante que los centros también tengan en cuenta la propia red de conexiones; esta incluye todos los vínculos con entidades relacionadas con las STEAM, profesorado o familiares del entorno que puedan aportar en este ámbito, incluso redes de profesorado interesado en la tecnología educativa y que también pueda contribuir con la escuela o instituto.

2.2 Herramientas, tecnologías y procesos maker

Además de analizar las características del centro, se debe analizar los dispositivos que dispone el centro. Las herramientas que podrían haber en un *makerspace* pueden ser de muchos tipos. Para tener una idea general de cuáles pueden ser, en la tabla 3 se describen las herramientas, el coste aproximado, la dimensión, los niveles de sonido, niveles de suciedad, la ventilación y el tipo de fabricación de cada máquina. Los niveles de sonido se muestran con una escala del 1 al 3, siendo 1 el más bajo y 3 el más alto. Asimismo, los niveles de suciedad se muestran con una escala del 1 al 7, siendo 1 el más bajo y 7 el más alto.

Es importante tener claro que, dependiendo de las herramientas de las que dispongamos, pero también de otros factores como el espacio o el tiempo, se determinará qué tipo de intervención se plantea.

Tabla 3. Características de las herramientas *maker*

Máquinas/ Herramientas	Coste aproximado	Dimensión	Niveles de sonido (1 a 3)	Niveles de suciedad (1 a 7)	Ventilación	Proceso
CNC	1.500€	1.15x0.97m	3	6	Si	Fabricación Substractiva
Cortadora láser	1.500€	1.5x1x1.7m	2	4	Si	Fabricación Substractiva
Cortadora de vinilo	320€	1x0.8x0.8m	1	1	No	Fabricación Substractiva
Impresora 3D	850€	0.6x1x1m	1	2	No	Fabricación Aditiva
Sistema Precious Plastics	15.000€	0.5x1x1.3m	1	3	Si	Reutilización y reciclaje de plástico
Electrónica (Kit + Fabricación)	52€	3x1x2.7m	2	3	No	Diseño de circuitos y programación de microchips
Herramientas de mano	186€	3x3.5x2.7	1	4	No	Prototipaje rápido

Nota. Tabla de elaboración propia

En la columna de la izquierda, se encuentran todas las máquinas que se podrían adquirir. Con el fin de definir de manera general cada máquina, a continuación se hace una breve descripción:

- CNC: Sistema de control numérico computerizado. Con esta herramienta se pueden realizar diferentes funciones: corte, grabado y marcado. Se pueden controlar variables como la velocidad.
- Cortadora láser: En esta máquina se puede cortar diferentes materiales como madera gracias a un potente láser que lleva integrado. También permite grabar.
- Cortadora de vinilo: Herramienta que principalmente se utiliza para trabajar con vinilo. Gracias al pequeño cortador que lleva, el vinilo adopta la forma que se solicita.
- Impresora 3D: Dispositivo que crea objetos tridimensionales mediante la superposición de capas sucesivas de material.

- Precious plastics: Gracias a estas máquinas se puede convertir el plástico en objetos de uso cotidiano. Se puede trabajar con materiales del día a día y que son fáciles de adquirir.
- Electrónica: Este kit de electrónica contiene diferentes placas y sensores, además de material como cobre para trabajar la conductividad.
- Herramientas de mano: Herramientas de fabricación como pueden ser un martillo, un destornillador o una sierra. Complementan la fabricación digital y son imprescindibles para la fabricación.

Hay diferentes posibilidades en cuanto a la adquisición de herramientas y máquinas. En la tabla 3, se muestran las características principales de cada máquina. Uno de los primeros factores a tener en cuenta es la dimensión; no siempre se dispone del espacio necesario y según qué máquina se adquiere, puede no adaptarse a nuestra disponibilidad. Algunas como la CNC, la cortadora láser o las herramientas manuales pueden ocupar más espacio, a diferencia de la impresora 3D. Sin embargo, uno de los factores que más influye además del espacio, son los recursos económicos. Habitualmente no se establece una relación entre los costes de adquisición de la máquina y la utilidad que puede tener; un buen ejemplo sería una cortadora de vinilo, tiene muchas oportunidades y tiene un coste bastante reducido. Entre las más caras, destacan la CNC y el Sistema Precious Plastics.

Por otra parte, también se debe tener en cuenta los niveles de sonido, especialmente si conviven con espacios no relacionados con el aprendizaje centrado en el *maker* o si tenemos otras aulas cerca. La CNC puede generar un ruido considerable, mientras que la cortadora de vinilo es bastante silenciosa. En los espacios *maker* o *Fab Labs*, también se debe tener presente las diferentes zonas según la suciedad que genere la máquina. Habitualmente, se distingue entre zona limpia y zona sucia. La CNC o la cortadora láser son de las máquinas que más pueden ensuciar, a diferencia de la impresora 3D o la cortadora de vinilo. Sin embargo, estas dos necesitan extracción de humos, otro factor a contemplar. Finalmente, en la tabla 3 también se puede observar el tipo de fabricación de cada máquina; en la aditiva, se van construyendo los objetos capa a capa, mientras que en la sustractiva se quita parte del material para crear piezas.

Es fundamental que el profesorado reciba una formación previa antes de utilizar estas máquinas. En el siguiente apartado se describe un posible programa de formación que cubre los temas principales que deben abordarse para garantizar un uso adecuado y seguro de las herramientas.

2.3. Estructura de formación *maker*

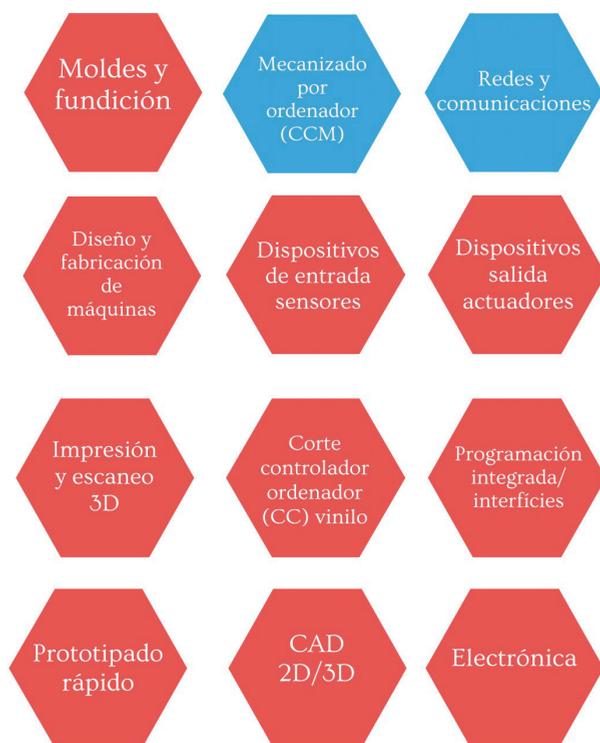
Toda intervención educativa exitosa requiere de una buena formación para que el profesorado pueda transmitir el conocimiento al estudiante. En ella, no es necesario seguir módulos indispensables, sino que también se debe elegir en función de los intereses de cada centro. No es recomendable realizar la formación mientras se está desarrollando en el aula paralelamente; hay que empezar por la formación previa y una vez esté consolidada, aplicarla.

Para desplegar más esta idea y ponerla en contexto, a continuación se explica cómo fue la formación referente al proyecto TECLA. En el proyecto participaban dos maestras de la escuela Voramar de Barcelona. A una de ellas se le aplicaba la intervención *maker* en su aula, la segunda era la coordinadora TIC del centro.

El acompañamiento se realizó por parte de *IAAC Fab Lab Barcelona*, que queda bastante cerca de la escuela. Se planteó una formación de 30 horas, en concreto 18 horas presenciales y 12 horas de trabajo personal. En este caso, su intervención fue durante el segundo y tercer trimestre. La parte formativa se realizó previamente durante el primer trimestre, de septiembre a diciembre. Los encuentros eran de 2 horas por semana y se formaba principalmente en aprendizaje centrado en educación *maker*, educación STEAM socio-emocional e inclusiva, modelo pedagógico *TECLA* (5E + ABP *Maker*) y co-creación.

A continuación, en la figura 2, se muestran las habilidades *maker* trabajadas por parte de las docentes durante este proceso de formación:

Figura 2. Infografía de procesos *maker* trabajados durante la formación de *TECLA*



Nota. Elaboración propia

Tal y como se puede apreciar en la figura 2, las docentes se centraron en estos módulos. Se incluyeron los que aparecen en la figura de color rojo; no se hizo lo mismo con el mecanizado por ordenador (CCM) y las redes y comunicaciones, que aparecen

de color azul. Se profundizó en cada proceso según cómo se aplicaría posteriormente en el aula. Por ejemplo, el prototipado rápido y la impresión y escaneo 3D se pasaron bastante rápido ya que no era un tema en el que se indagara mucho; sí que es cierto que se profundizó más en la electrónica, utilizando placas y sensores y trabajando con diferentes materiales conductores. También fue relevante el bloque referente a la programación, ya que el alumnado lo puso en práctica en alguna de las sesiones posteriores. Por otro lado, también se plantearon diferentes desafíos y actividades relacionados con el diseño y fabricación de máquinas. En definitiva, se llevó a cabo una formación bastante completa que reforzó los conocimientos y habilidades de las docentes para posteriormente poder ponerlo en práctica en el grupo de 3º A de la escuela Voramar.

Dentro de los módulos que se observan en la figura 2, hay algunos que están relacionados con los procesos de prototipaje: CAD 2D/3D, prototipado rápido, programación integrada/interfaces, diseño y fabricación de máquinas. Otros módulos están relacionados con la electrónica, como los dispositivos de entrada y salida o la misma electrónica. Además, se incluyen algunos procesos de fabricación subtractiva como el corte de vinilo o algunos de fabricación aditiva como la impresión y el escaneo 3D o los moldes y la fundición.

Es importante destacar que la idea inicial era también incluir redes y comunicaciones y mecanizado por ordenador (CCM), pero finalmente se decidió dejarlo de lado por el poco tiempo del que se disponía. Este hecho no conlleva un fracaso en cuanto al proyecto, todo lo contrario; centrarse en unos procesos y excluir otros puede ser motivo de éxito, ya que se puede profundizar más, aportando más beneficios hacia el alumnado.

2.4. Fase de co-diseño

Una vez se han adquirido los conocimientos y habilidades necesarias, es importante plantear una siguiente fase de co-diseño entre el equipo impulsor y el profesorado de la propuesta didáctica en el aula. Esta fase debería conectar los conocimientos y habilidades adquiridos por parte del profesorado en las pertinentes formaciones (ya mencionados en el anterior apartado) con el diseño que se pretende aplicar.

Una de las posibilidades para hacer este planteamiento es el modelo 5E. Este modelo defiende las ideas de las que parte el alumnado para construir el nuevo conocimiento (García i Grau et al., 2018). A continuación, se muestra una breve descripción de cada fase del modelo 5E¹:

- Enganchar: La finalidad inicial es despertar el interés del alumnado.
- Explorar: A través de la exploración y la experiencia, el alumnado aumenta la motivación.
- Explicar: Los estudiantes explican los conceptos trabajados a sus compañeros de manera sencilla y con sus propias palabras.

¹ Elaborado a partir de "El modelo de enseñanza 5E del BSCS: Creando momentos de enseñanza." por R.W. Bybee (2016).

Integración del movimiento *maker* en el aula: una experiencia práctica en el primer...

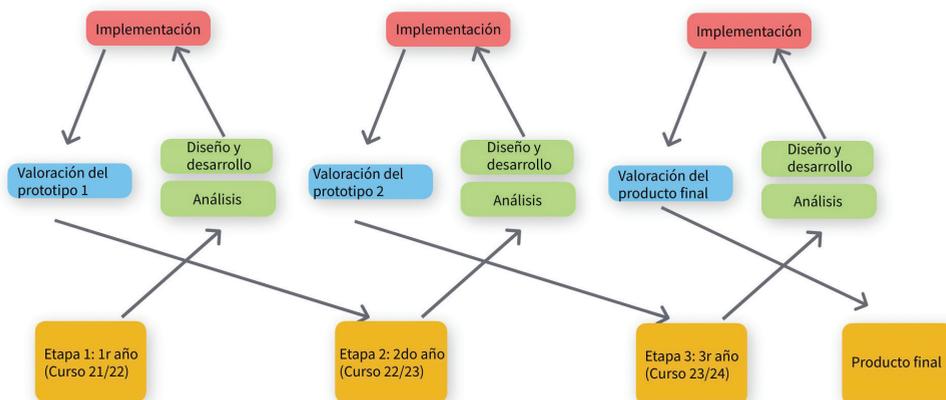
- Elaborar: En esta fase, los estudiantes aplican los contenidos aprendidos a nuevas experiencias.
- Evaluar: El alumnado debe recibir *feedback* y ser consciente de su aprendizaje.

2.5. Pilotaje

Hasta aquí se han descrito todos los pasos previos al cambio. No es un proceso complejo pero sí largo; si se siguen una a una las instrucciones previas, se puede pasar al siguiente paso: implementarlo en el centro. El reto no es fácil, pero tampoco se trata de tener unas expectativas muy altas ya que es una primera versión y una prueba piloto. Por lo tanto, toda pequeña aportación será positiva para el cambio.

En el marco del proyecto *TECLA*, esta fase se realizó de la siguiente manera: se planteó una intervención de dos trimestres; en el primero, se introducía el aprendizaje centrado en el *maker* en la unidad didáctica sobre el universo. En el segundo, se hacía lo mismo con la unidad didáctica sobre la historia de Europa. Tal y como se puede observar en la figura 3, se planteó una investigación basada en el diseño (IBD), para hacer una primera prueba piloto el curso 2021/2022, una segunda prueba mejorada el curso 2022/2023, una tercera versión el curso 2023/2024 con la metodología bastante consolidada, para acabar teniendo, el siguiente curso, un producto final. A continuación se muestra el proceso:

Figura 3. Proceso de la IBD en el contexto del proyecto *TECLA*



Nota. Adaptado de "Metodología STEAM-Maker a primaria: un estudi mixte" por Nadal-Solanas (2022)

Como se puede ver en la figura 3, pueden pasar años hasta que se tenga un producto final en forma de intervención modelo. Durante este proceso, además de revalorizar estas intervenciones y ver las fortalezas y debilidades, el profesorado puede seguir formándose y adquiriendo nuevos conocimientos.

Cuando finaliza el primer año de iteración del proyecto *TECLA*, se realiza un análisis DAFO para poder mejorar la intervención durante el segundo año. Como debilidades,

destaca la falta de acceso a todos los documentos informativos relacionados con el proyecto por parte de los agentes implicados. Como amenazas, el contexto de COVID-19 y la falta de conocimientos y cultura STEAM y *maker* por parte de las familias y agentes educativos.

Por otro lado, destacan como fortalezas el liderazgo de *IAAC Fab Lab Barcelona* y el apoyo sobre conocimientos *maker* y STEAM en general. La implicación del profesorado y de los investigadores también es clave para el buen desarrollo de la propuesta didáctica. Finalmente, se mencionan las oportunidades y destaca la implicación de las familias, el barrio y la escuela.

3. Instrumentos y resultados

3.1 Instrumentos

Una de las incógnitas que pueden surgir es cómo saber si estamos haciendo correctamente el proceso, si está dando buenos resultados. Para justificar lo que se está poniendo en práctica y tener evidencias de que es positivo para el alumnado, hay diversos métodos de recopilar datos y ver su evolución.

A continuación, se describen algunas posibilidades de las que se disponen para la recopilación de datos y evidencias:

- Cuestionario de contenido: Se puede diseñar un cuestionario sobre los contenidos que se traten en la unidad didáctica. Sería ideal pasarlo antes y después de la intervención, para ver su evolución. El concepto es similar al de examen o prueba.
- Cuestionario de habilidades: Dejando de lado los contenidos que se trabajan, se puede pasar un cuestionario de autonomía y habilidades, para ver qué aptitudes se han mejorado. Igual que en el anterior, se puede pasar antes y una vez finalizada la intervención, para ver su evolución. Se puede preguntar por determinadas capacidades, o en la autoeficacia para las asignaturas STEAM.
- Retos para observar las habilidades o autonomía: A modo de pequeños retos, se puede plantear una prueba para diseñar o fabricar algo que se haya visto en las sesiones, para tener una idea sobre la evolución individual o colectiva del estudiante o grupo.
- Entrevistas: Se pueden pasar entrevistas al alumnado para ver de primera mano cuál es su experiencia. Asimismo, se pueden realizar entrevistas a las docentes, para ver desde su punto de vista cómo mejoran o qué cambios se pueden observar.
- Observación a través de cámaras: Siempre y cuando haya los permisos correspondientes para hacerlo, se pueden grabar algunas de las sesiones y posteriormente analizar su contenido, con las finalidades similares a las entrevistas.
- Rúbrica de observación diaria: Se puede pasar a las docentes una rúbrica de observación para que, una vez finalizada una sesión de la unidad didáctica o del proyecto que se esté realizando, pueda analizar de manera inmediata qué ha pasado, qué actitudes se han mostrado, qué participación o motivación mostraban los discentes.

- Retroalimentación vivencial: Una buena opción para guardar información de la intervención es grabar con un dispositivo electrónico un audio no muy largo explicando diariamente la experiencia al finalizar cada sesión. En este, se puede incluir si la actividad ha funcionado bien, qué respuesta ha habido por parte del alumnado, si ha habido concentración o caos, entre otros.

Estas herramientas pueden ser de mucha utilidad para analizar estos cambios, tanto a nivel cuantitativo como a nivel cualitativo. En el proyecto *TECLA*, gracias a todos estos instrumentos se ha podido ver cómo ha sido la experiencia y en qué aspectos han mejorado o de contrario no ha habido una mejora considerable. A ser posible, además de documentar todo el proceso y compartirlo, también es interesante ver las fortalezas y debilidades del proyecto. De esta manera, se verá en qué elementos se debería reforzar para una próxima edición, o al menos para conocer en qué progresa el estudiante y en qué se debería seguir trabajando.

3.2 Resultados y discusión del pilotaje

3.2.1. Resultados del proyecto *TECLA*

En el marco del proyecto *TECLA*, han sido varios los beneficios que se han podido observar una vez acabada la intervención. En este caso, se comparó dos grupos de tercero de primaria; en 3º A, se introdujo el aprendizaje centrado en el *maker* en las unidades didácticas de “El Universo” y “La Historia de Europa”. En 3º B, se desarrollaron las mismas unidades didácticas como se ha hecho tradicionalmente en el centro, sin introducir el aprendizaje centrado en el *maker*. A continuación, se describen los resultados obtenidos.

En primer lugar, en cuanto a la adquisición de conocimientos, se puede ver una mayor evolución del grupo al que se le implementa el aprendizaje centrado en el *maker* en cuanto al test sobre el Universo respecto al principio. Tal y como se puede observar en la tabla 4, mientras el alumnado de 3º B solo sube un 2% la puntuación en el test de contenido, 3º A sube alrededor de un 25% en las puntuaciones.

Tabla 4. Resultados test de contenido sobre el Universo en el contexto del proyecto *TECLA*

	Grupo control (3º B)	Desviación estándar	Grupo experimental (3º A)	Desviación estándar
Pre-Universo	76,98%	16,63	56,84%	22,52
Post-Universo	78,43%	10,82	81,59%	9,70
Total	100%		100%	

Nota. Tabla de elaboración propia

Pasa lo mismo con el test de contenido sobre la historia de Europa. Tal y como se puede observar en la tabla 5, el alumnado de 3º A mejora significativamente con respecto al otro grupo. En cambio, 3º B casi no mejora en la puntuación.

Tabla 5. Resultados test de contenido sobre la historia de Europa en el contexto del proyecto TECLA

	Grupo control (3º B)	Desviación estándar	Grupo experimental (3º A)	Desviación estándar
Pre-Historia	75,28%	15,12	62,79%	16,82
Post-Historia	75,93%	15,61	77,43%	14,71
Total	100%		100%	

Nota. Tabla de elaboración propia

En las respuestas abiertas, se evidencia una mayor confianza y al mismo tiempo unas respuestas más elaboradas y concretas. Por otro lado, también se analizó la evolución con respecto a los aspectos de género. La mayoría del alumnado tiene muy claro, ya antes de empezar la intervención, que niños y niñas pueden dedicarse a profesiones tecnológicas o científicas. Una vez terminada la intervención, el alumnado muestra unos resultados similares en esta variable, ya que desde un principio se encuentran discentes bastante concienciados con los aspectos de género.

En cuanto a la autoeficacia, los estudiantes de 3º A mejoran en las asignaturas STEAM. Además, el alumnado tiene menos miedo a equivocarse. Esto se puede confirmar gracias a algunas de las preguntas del test de autoeficacia. Paralelo a este resultado, el estudiantado tiene claro que, aunque se equivoque, casi siempre aprende.

Finalmente, se les pregunta en las entrevistas cómo valorarían la experiencia que han vivido durante estas unidades didácticas. La mayoría afirman que es una gran oportunidad para aprender, les gusta esta nueva manera de trabajar en el aula y están bastante entusiasmados. Incluso dos alumnas afirman que a diferencia de lo que se trabaja habitualmente en el aula, de estas actividades se acordarán bastante tiempo.

Las docentes, también aseguran que es una experiencia muy enriquecedora. Afirman que, al inicio de las sesiones, al alumnado le cuesta sentarse y ponerse a trabajar, pero una vez se inicia la sesión se concentran y a medida que va transcurriendo la unidad didáctica, se muestran con más interés. Destacan que hay un buen ritmo de trabajo. Un hecho muy importante, es que aquellos discentes a los que normalmente se les ha de adaptar alguna sesión por tener necesidades educativas especiales, en estas sesiones no lo han de hacer, ya que está planteado para trabajar colaborativamente y muchos estudiantes se ayudan entre ellos. También afirman que estudiantes que hasta ahora no destacaban tanto, ahora destacan, sobre todo niñas.

3.2.2. Discusión

Según Martínez-Torán (2016) en estas intervenciones, el alumnado obtiene un aprendizaje significativo a través de la experiencia. En el caso de las actividades centradas en aprendizaje *maker* en el marco del proyecto TECLA, la mayoría de ellas son activas y de autoaprendizaje y se ha podido ver un aumento significativo en la adquisición de conocimientos. Por lo tanto, se confirma la teoría de Martínez-Torán.

Perales y Aguilera (2020) también afirman que hay una relación entre la transversalidad de las materias y el aprendizaje significativo en algunas ocasiones; se debe transmitir el contenido de manera transversal, sobre todo en las asignaturas relacionadas con las STEAM. En el proyecto *TECLA*, se realiza una formación donde, entre otros temas, se trabaja la transmisión de conocimientos de manera transversal. Esto ha permitido un buen desarrollo de la unidad didáctica y una adquisición de conocimientos y habilidades mayor en el alumnado.

También Halverson y Peppler (2018) creen que hay relación entre actividades *maker* y crecimiento personal, en el sentido de obtener una mayor confianza y de aprender a trabajar en grupo. Se confirma su teoría ya que el alumnado del proyecto *TECLA* se muestra, una vez terminada la intervención, más maduro y con más conocimientos de la materia. Además, se promueve el trabajo en equipo y la mayoría de las actividades son en grupo. Este último aspecto se puede trabajar en muchos sentidos y en diversas actividades, ya que el aprendizaje centrado en el *maker* siempre ha tenido la tendencia a trabajar conjuntamente y no de manera individual. Así lo confirma García Arranz (2019), ya que define el movimiento *maker* como un movimiento colaborativo y que solo tiene sentido en el caso que se aplique de manera conjunta.

Campos et al. (2019) creen que es positivo tener en cuenta el entorno del barrio y del contexto social del estudiante con el que se trabaja en el aula, por lo tanto es de especial interés realizar una valoración sobre cómo conectar estos dos elementos, que al final inciden en el desarrollo integral del estudiante. En el proyecto *TECLA*, se tiene muy presente desde el inicio hasta el final de la intervención el contexto del barrio; se realizan varias actividades en el mismo y se intenta conectar el ámbito social y familiar del estudiante con la misma escuela.

4. Reflexión

El movimiento *maker* está vinculado con el mundo educativo; una buena manera de introducirlo en el aula puede ser a través de las STEAM debido a la estrecha relación con las asignaturas tecnológicas y científicas y por la transmisión de conocimientos de manera transversal, tal y como se ha hecho en el proyecto *TECLA*.

Entre otros objetivos, destaca el desarrollo integral del alumnado para el siglo XXI, para que sea capaz de trabajar conjuntamente colaborando con el medio ambiente. En general, es necesario promover los hábitos de reciclaje y reutilización de materiales, y por ello el alumnado debe estar capacitado para fabricar y aprovechar los recursos de los que dispone y no tener que comprar de nuevos si no es realmente una necesidad.

Es importante ver en qué contexto se encuentran los estudiantes para satisfacer sus necesidades, que tenga relación lo que se está haciendo en el centro y que posteriormente puedan aplicarlo en su vida diaria. Sin embargo, es importante, antes de generar un cambio en el centro, ver a nivel tecnológico de qué recursos se dispone o analizar cuál es la formación del profesorado. Es necesario tener claro dónde estamos y cuál es el estado actual del centro a nivel tecnológico para poder ver claro el objetivo a corto y largo plazo.

Por otro lado, es necesario conocer las máquinas y saber las posibilidades para poder aplicarlo posteriormente; no dejarse llevar por la tendencia y tener claros los objetivos para elegir los dispositivos que respondan a las carencias del centro. Las posibilidades para aplicarlas son muchas, siempre y cuando haya una primera fase de formación al profesorado más implicado para poder aplicarlo al centro con sentido.

La formación es un requerimiento indispensable; hay que tener en cuenta pero, que la adquisición de conocimientos y habilidades por parte del profesorado es un proceso largo. Es necesario tener adquiridas unas determinadas competencias para posteriormente aplicarlo en el aula, y de esta manera se podrá transmitir al alumnado de manera eficiente. Así, se podrán observar diferentes beneficios para el alumnado.

Los beneficios pueden ser variados ya que depende del tipo de intervención que se aplique. Destaca la posibilidad de que aumente la motivación del alumnado, que mejore en adquisición de habilidades y de conocimientos, o incluso que tengan menos miedo a equivocarse y más ganas de experimentar.

Finalmente, es importante recordar que el movimiento *maker*, al igual que el mundo educativo, tiene en cuenta el bienestar de los niños y niñas y su desarrollo integral; siempre el objetivo primordial y la máxima prioridad acaba siendo el estudiante. Esta nueva metodología se despliega en las aulas para generar cambios tanto en la escuela e instituto como en la vida cotidiana, siendo capaces de desarrollar individuos multidisciplinares y con una mente abierta.

Referencias bibliográficas

- Blikstein, P., Kabayadondo, Z., Martin, A., & Fields, D. (2017). An assessment instrument of technological literacies in makerspaces and FabLabs. *Journal of Engineering Education*, 106(1), 149-175.
- Blikstein, P. (2018). Maker movement in education: History and prospects. *Handbook of technology education*, 419, 437.
- Bybee, R. (2016). *El modelo de enseñanza 5E del BSCS: Creando momentos de enseñanza*. International Science Teaching Foundation.
- Campos, F., Soster, T., & Blikstein, P. (2019). "Sorry, I was in teacher mode today": Pivotal tensions and contradictory discourses in real-world implementations of school makerspaces. In *Proceedings of FabLearn 2019 (FL2019)* (pp. 96-103). <https://doi.org/10.1145/3311890.3311903>
- Casillas, M, y Ramírez, A. (2021). Saberes digitales en la educación. Una investigación sobre el capital tecnológico incorporado de los agentes de la educación. *Revista Paraguaya de educación a distancia (REPED)*3(1), 69-71. <https://revistascientificas.una.py/index.php/REPED/article/view/2271>
- Clapp, E. P., Ross, J., Ryan, J. O., & Tishman, S. (2016). *Maker-centered learning: Empowering young people to shape their worlds (1st Edition)*. Jossey-Bass.
- De Benito Crosetti, B., & Salinas Ibáñez, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *RiITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 44-59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>

- Del Moral Pérez, M. E., Neira-Piñeiro, M. R., Fernández, J. C., & López-Bouzas, N. (2023). Competencias docentes implicadas en el diseño de Entornos Literarios Inmersivos: conjugando proyectos STEAM y cultura maker. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 59-82.
- Dougherty, D. (2012) The Maker Movement. *MIT Press Journals*, 7(3), 11-14. https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/INOV_a_00135
- García Arranz, M. (2019). *Movimiento maker: la democratización de los medios productivos*. Universidad de Cantabria.
- García i Grau, F., Valls Bautista, C., & Gisbert Cervera, M. (2018). Diseño e implementación de un cambio metodológico en el ámbito científico mediante la gamificación y el modelo de las 5E. *Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 66, 65-78. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.66.1187>
- Halverson, E., & Peppler, K. (2018). The maker movement and learning. En F. Fischer, C. E. Hmelo-Silver, S. R. Goldman y P. Reimann (Eds), *International handbook of the learning sciences* (pp. 285-294). Routledge. http://www.kyliepeppler.com/pubs/2018_the_maker%20movement_and_learning.pdf
- Hanna Carrasco, C., & Valls Bautista, C. (2023). Educació maker a les escoles: característiques del procés d'implementació. *UTE Teaching & Technology (Universitat Tarraconensis)*, (1), 9-29. <https://revistes.urv.cat/index.php/ute/article/view/3461>
- Kohtala, C., & Bosqué, C. (2014). The story of MIT-Fablab Norway: community embedding of peer production. *Journal of Peer Production*, 5. https://www.researchgate.net/publication/267590808_The_Story_of_MIT-Fablab_Norway_Community_Embedding_of_Peer_Production
- Litts, B. K., Widman, S. A., Lui, D. A., Walker, J. T., & Kafai, Y. B. (2019). A Maker Studio Model for High School Classrooms: The Nature and Role of Critique in an Electronic Textiles Design Project. *Teachers College Record*, 121(9), 1-34. <https://doi.org/10.1177/016146811912100906>
- Martínez-Torán, M. (2016). ¿Por qué tienen tanta aceptación los espacios maker entre los jóvenes?. *Cuadernos de Investigación en Juventud*, 1(1), 1-17. <https://doi.org/10.22400/cij.1.e003>
- Morales, Y., & Dutrénit, G. (2017). El movimiento Maker y los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 5(15), 33-51.
- Nadal-Solanas, Oriol. (2022) *Metodologia STEAM-Maker a primària: un estudi mixte*. Universitat Rovira i Virgili. <https://repositori.urv.cat/fourrepublic/search/item/TFM%3A1139>
- Perales, F. J., & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿Evolución, revolución o disyunción?. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>

- Sánchez Ludeña, E. (2019). La educación STEAM y la cultura «maker». *Padres Y Maestros / Journal of Parents and Teachers*, 379, 45–51. <https://doi.org/10.14422/pym.i379.y2019.008>
- Schmidt, A., Guy, J., Domínguez, X., (2021). *Pop-Machina Circular Maker Academy: Building circular maker capacity through training*. Leuven: Pop-Machina project. <https://pop-machina.eu/project/downloads/D3.4>
- Unterfrauner, E., & Voigt, C. (2017). Makers' ambitions to do socially valuable things. *The Design Journal*, 20(1), S3317-S3325. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352835>