



Treball de fi de màster

Títol: Guia per implementar espais de Fabricació Digital en els centres educatius

Cognoms: Segura Pellisa

Nom: Manel

Titulació: Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat,
Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes

Especialitat: Tecnologia

Directora: Eva Rodríguez Luna

Data de lectura: 14 de juny de 2023

Resum

Integrar la fabricació digital en contextos educatius formals no és en cap cas un procés senzill. En aquest treball explorem les diverses iniciatives i programes que hi ha hagut des que al MIT es creés el primer Fab Lab o laboratori de fabricació digital. També s'analitza el programa FAIG, que s'ha posat en marxa aquest curs per part del departament d'Ensenyament, i que es basa en la creació d'espais d'aprenentatge amb sentit, que posin l'alumne al centre de l'aprenentatge, i que proposa crear els seus propis espais de fabricació digital per assolir aquest aprenentatge, aprofitant les possibilitats creatives i d'innovació dels entorns *maker*.

A través d'aquest anàlisi i de les fonts bibliogràfiques consultades, s'ha elaborat una proposta en 5 fases, per tal d'implementar espais de fabricació digital als centres educatius de secundària. La proposta és un recull metodològic, d'activitats i de bones pràctiques, basat en els corrents pedagògics del construccionisme i del *design thinking*, amb l'objectiu d'ajudar als docents a crear els espais adients i proporcionar-los les eines per convertir-los en facilitadors de l'aprenentatge, per aconseguir desenvolupar les habilitats i competències del segle XXI en el seu alumnat.

Resumen

Integrar la fabricación digital en contextos educativos formales no es un proceso fácil en ningún caso. En este trabajo se exploran las diversas iniciativas y programas existentes desde que en el MIT se creara el primer Fab Lab o laboratorio de fabricación digital. También se analiza el programa FAIG, que se ha puesto en marcha este curso por parte del Departament d'Educació, y que se basa en la creación de espacios de aprendizaje con sentido, que pongan al alumno en el centro de aprendizaje, y que propone crear sus propios espacios de fabricación digital para alcanzar este aprendizaje, aprovechando las posibilidades creativas y de innovación de los entornos *maker*.

A través de este análisis y de las fuentes bibliográficas consultadas, se ha elaborado una propuesta en 5 fases para implementar espacios de fabricación digital en los centros educativos de secundaria. La propuesta es una recopilación metodológica, de actividades y buenas prácticas, basada en las corrientes pedagógicas del construccionismo y del *design thinking*, con el objetivo de ayudar a los docentes a crear los espacios adecuados y proporcionarles las herramientas para convertirlos en facilitadores del aprendizaje, para conseguir desarrollar las habilidades y competencias del siglo XXI en su alumnado.

Abstract

Integrating digital fabrication into formal educational contexts is not a simple process. In this work we explore the various initiatives and programs that have existed since the first Fab Lab or digital fabrication laboratory was created at MIT. It also analyzes the FAIG program, which was launched this year by the Departament d'Educació, and which is based on the creation of meaningful learning spaces, which put the student at the center of the learning, and proposes to create its own making spaces to achieve this learning, taking advantage of the creative and innovative possibilities of maker environments.

Through this analysis and the bibliographic sources consulted, a guide has been drawn up in 5 phases, in order to implement digital fabrication spaces in secondary schools. The guide is a methodological collection, activities and good practices, based on the pedagogical currents of constructionism and design thinking, with the aim of helping teachers to create suitable spaces and providing them with the tools to turn them into facilitators of learning, in order to develop the skills and competences of the 21st century in its students.

Índex

Resum.....	2
Índex.....	4
Glossari.....	5
1. Introducció	7
2. Context.....	8
2.1 Concepte i origen dels Fab Lab	8
2.2 El taller de Tecnologia no és un Fab Lab	8
2.3 Les eines del Fab Lab.....	9
2.4 Per què necessitem un Fab Lab al nostre centre educatiu?	16
2.5 Fent per aprendre, imaginant globalment. El programa FAIG.....	16
3. Problema o proposta de millora	18
4. Objectius	20
5. Justificació de la proposta.....	21
6. Estat de l'art	25
6.1 Integració dels Fab Labs en entorns educatius	26
6.2 Programa FAIG i l'espai FAIGLab.....	34
7. Proposta	36
7.1 Metodologia.....	37
7.2 Proposta didàctica.....	39
7.2.1 Identificació de grups d'interès i tendències	39
7.2.2 Modelatge i creació d'un escenari d'aula Fab Lab	41
7.2.3 Disseny d'activitats d'aprenentatge innovadores.....	43
7.2.4 Avaluació	47
7.2.5 Compromís professional	51
7.3 Els <i>Must Have</i> del Fab Lab en un entorn educatiu.....	56
8. Conclusions	58
9. Referències bibliogràfiques i webgrafia	61
10. Annexos	65

Glossari

Aprentatge amb sentit: és aquell que connecta amb la vida dels aprenents i amb la resolució de problemes del món real vinculats amb les persones i el planeta, el qual esdevé significatiu, perdurable i transferible a altres situacions i contextos.

Aprentatge autoregulat (SRL): és un concepte paraigua que engloba aspectes cognitius, motivacionals i emocionals de l'aprenentatge i que es basa en un procés cíclic en que l'estudiant planeja una tasca, controla el seu rendiment i després reflexiona sobre el resultat. El tret més important entre totes les variants de SRL és la naturalesa cíclica de les fases, i la importància de les connexions entre elles.

Aprentatge autònom: aprenentatge que va en funció de les necessitats i interessos de l'estudiant, amb el suport continuat del docent però sense condicions acadèmiques prefixades. És especialment rellevant quan el context és fora del centre educatiu, on la funció del docent és millorar la competència de l'autonomia en l'alumne, com també facilitar-li els recursos i el suport necessari perquè pugui assolir els objectius.

Aprentatge basat en la indagació o investigació: aquesta metodologia activa adapta el mètode científic perquè els alumnes construeixin el seu propi coneixement sobre els continguts a tractar. Els alumnes indaguen les relacions causals que puguin existir entre 2 o més fenòmens, i per fer-ho formulen hipòtesis sobre aquestes relacions, que posteriorment han de provar, fent observacions i experiments.

Codocència: o docència compartida, consisteix en el treball de col·laboració deliberat entre dos o més docents en una aula, durant tot el procés de disseny, planificació, execució i avaluació, amb l'objectiu de desenvolupar pràctiques educatives eficaces per a tots els alumnes del grup, a la vegada que genera espais de desenvolupament professional pel professorat implicat.

Design for learning o learning design: significa dissenyar alguna cosa per ajudar altres persones a aprendre.

Design thinking: és un mètode per generar idees innovadores que està centrat en entendre i donar solució a necessitats reals dels usuaris. És una manera d'abordar la innovació i la resolució de problemes complexos basat en la teoria i la pràctica del disseny.

Fabricació Digital: la fabricació digital engloba tota una sèrie de processos productius en els que es comença per un disseny digital, és a dir, realitzat amb ordinador, i a través d'una sèrie de màquines també controlades a través d'ordinador, és converteix el disseny en un artefacte o producte tangible (García Sáez, 2019). Segons el procés de fabricació es pot categoritzar aquesta fabricació com a:

- Additiva: quan el material es va afegint de manera gradual per construir la peça. Per exemple, les impressores 3D.
- Substractiva: quan es parteix d'un bloc en brut de material i es va eliminant el material sobrant fins que queda només la peça dissenyada.

- Tall: Quan es talla el material en pla per generar la peça. Per exemple, el tall amb làser.

K-12: És la designació utilitzada en alguns sistemes educatius per l'escolarització primària i secundària. La inicial 'k' significa *kindergarten* (llar d'infants) i el 12 és l'últim grau en l'educació gratuïta

Pensament divergent: El pensament divergent és allò oposat al pensament convergent i implica més creativitat. Amb aquest tipus de pensament, es poden generar idees i desenvolupar diferents solucions per a un mateix problema. Si bé el pensament divergent sovint implica fer una pluja d'idees per obtenir moltes possibles respostes per a la mateixa pregunta, l'objectiu és el mateix que el del pensament convergent: arribar a la millor solució.

Prototipat ràpid: procés que permet la construcció de l'artefacte o objecte d'interès amb materials bàsics i a baix cost. El seu objectiu és detectar errors en el disseny abans de produir l'objecte de forma definitiva.

Soft Skills: són aquell grup de trets de la personalitat que caracteritzen les relacions d'una persona en un medi. Autoestima, comunicació, eloqüència, empatia, gestió del temps o treball en equip en són alguns exemples. Podríem dir amb altres paraules que inclouen aquelles habilitats que tenen tres elements funcionals clau: interpersonals, socials i professionals.

Tecnologies digitals: entenem el terme tecnologia digital com qualsevol producte o servei que es pugui utilitzar per crear, visualitzar, transmetre o emmagatzemar informació en format digital. En aquest treball, utilitzem el terme molts cops en un sentit més general, per referir-nos a xarxes informàtiques, qualsevol tipus de maquinari o *hardware*, programari o continguts digitals com fitxers o altres tipus de dades.

Tinkering: es basa en l'experimentació i en la manipulació. Crear, equivocar-se i tornar a començar, com si es tractés d'un joc, en un entorn lúdic i col·laboratiu.

1. Introducció

Durant la darrera dècada, els avenços en el desenvolupament i abaratiment de les noves tecnologies de fabricació digital han provocat una revolució en el camp del disseny i la fabricació. De forma paral·lela, han aparegut tota una sèrie d'espais sota les premisses del *Do It Yourself*, la col·laboració i el codi obert que han adquirit gran rellevància a nivell mundial, creant nous entorns per l'aprenentatge i la creativitat, generant projectes en àmbits molt diversos i amb calat als diferents estrats de la societat.

Aquests espais *maker*, *techshops*, *hackerspaces*, o també els anomenats Laboratoris de Fabricació Digital o Fab Labs, posseeixen cadascun d'ells la seva pròpia identitat i comparteixen més o menys característiques, però com hem dit, estan canviant la forma de pensar, de crear i de desenvolupar productes. Tot i la ràpida expansió d'aquest tipus d'espais i pràctiques, el *making* educatiu però, és un fenomen relativament nou.

A la llum dels més recents desenvolupaments i moviments de democratització de la tecnologia, com la difusió popular de les eines de prototipat ràpid i dels laboratoris de fabricació digital, el futur dels artefactes tecnològics d'ús comú es veu determinat cada cop més per l'usuari final el qual pot aprofitar aquests nous instruments per tal de pensar, dissenyar o construir objectes i dispositius mentre genera coneixement compartit.

Aquesta tendència no passa inadvertida a l'administració pública i ja s'han dut a terme diverses iniciatives arreu del món per portar els espais de fabricació digital a les escoles, instituts i universitats. Durant aquest curs, el Departament d'Educació ha llençat un programa pilot per instal·lar aquests espais a centres educatius de primària i secundària de Catalunya. El curs vinent, es posarà en marxa el programa 'Fent per Aprendre, Imaginant Globalment' (FAIG) (Generalitat de Catalunya, 2023), que a través d'un concurs públic farà efectiu el programa a 150 centres educatius de Catalunya. El programa contempla, entre d'altres recursos, la instal·lació de Laboratoris de Fabricació Digital en aquests centres.

Així doncs, veiem com quelcom interessant analitzar la manera com els Fab Labs poden contribuir a l'aprenentatge i desenvolupament dels alumnes en diversos entorns educatius, i quina pot ser la millor forma d'implementar-los en els centres educatius de secundària.

2. Context

2.1 Concepte i origen dels Fab Lab

A l'any 2001, el professor Neil Gershenfeld va començar a impartir el curs "How to make almost anything" al Centre per als Bits i el Àtoms (CBA) a l'institut tecnològic de Massachussets (MIT). Aquest curs consistia en ajuntar estudiants de diverses disciplines i crear un projecte que combinés diverses tècniques de fabricació digital i electrònica. I amb la finalitat de tenir un espai permanent per aquests cursos i d'altres semblants, va néixer el primer Fab Lab o laboratori de fabricació digital.

Poc a poc, aquest model es va anar replicant a diferents llocs del món. El fet que aquests espais compartissin l'inventari original del Fab Lab del MIT, va permetre que els projectes que s'hi anaven creant es poguessin compartir i replicar en els altres espais. De fet, aquesta és la principal premissa que ha de complir un Fab Lab, i el que el diferencia d'altres models d'espais *maker*: la col·laboració. Els Fab Labs són una xarxa de laboratoris locals que fan possible la invenció i la creativitat a través d'eines de fabricació digital.

Avui en dia s'estima que n'hi ha uns 2135 només inscrits a la xarxa *Fab Labs.io*. I tot i no compartir exactament les mateixes màquines, busquen mantenir les seves capacitats de fabricació i comparteixen uns principis coneguts, el Fab Charter de la Fab Foundation (The Fab Foundation, s.d.-c).

2.2 El taller de Tecnologia no és un Fab Lab

Com a futurs professors i professores de Tecnologia, ens podria interessar muntar el Fab Lab al taller de Tecnologia, aprofitant l'espai i part de les eines. Ara bé, encara que comparteixin moltes característiques, un Fab Lab i un taller de tecnologia o algun altre espai de *making* poden ser espais molt diferents.

Els 5 requisits que s'enumeren a continuació creen en conjunt un entorn diferenciat d'altres espais que anomenem Fab Lab, i són els punts més importants de l'anomenat *Fab Charter* (The Fab Foundation, s.d.-c) :

1. En primer lloc, l'accés públic al Fab Lab és essencial. Un Fab Lab tracta de democratitzar l'accés a les eines d'expressió i invenció personals. Per tant, un Fab Lab ha d'estar obert al públic per a un servei/intercanvi gratuït o en espècie almenys una part del temps cada setmana, això és essencial. En el cas que ens ocupa, el Fab Lab al nostre centre hauria de ser accessible per l'alumnat en hores fora de l'horari lectiu, o bé en franges horàries com l'hora del pati, l'hora de dinar o les hores de tutoria.

2. Els Fab Labs han de compartir un conjunt comú d'eines i processos. Un taller de tecno no és un Fab Lab. Una instal·lació de prototipatge no és l'equivalent a un Fab Lab. Una impressora 3D

no és un Fab Lab. La idea és que tots els laboratoris puguin compartir coneixements, dissenys i col·laborar més enllà de les fronteres de centre, municipi o país. Si faig alguna cosa al Fab Lab del meu centre, per exemple a Tortosa, i t'envio els fitxers i la documentació al teu Fab Lab de Barcelona, hauríeu de poder reproduir-ho allà, sense massa patiment. Si entro a un Fab Lab a Lleida, hauria de poder fer les mateixes coses que puc fer als Fab Labs de Tarragona, Girona o Barcelona. Essencialment, són els processos, els codis i les capacitats els que són importants.

3. Els Fab Labs han de participar en la xarxa global més gran de Fab Lab, és a dir, no té sentit que un Fab Lab existeixi de forma aïllada. Es tracta de formar part d'una comunitat local i a la vegada global, que comparteix coneixement. La videoconferència pública és una manera de connectar-se. Assistir a les reunions telemàtiques de la Fab Foundation o altres xarxes n'és un altra. Col·laborar i associar-se amb altres laboratoris locals en tallers, reptes o projectes també és una altra forma interessant d'adquirir i difondre els coneixements i valors del Fab Lab.

4. Les responsabilitats al Fab Lab: Els usuaris haurien de ser autosuficients i capaços de manejar la maquinària sense fer malbé res ni ningú. Han d'ajudar amb la neteja, el manteniment i les millores a l'espai; i han de contribuir a la documentació i a la formació.

5. *Open Source*: Originalment, el terme "codi obert" es referia a un programa informàtic en què el codi font està disponible per a tothom i permet la seva modificació. En el context dels Fab Labs, això significa que gran part dels equips i els dissenys són de codi obert: es poden modificar, millorant així el potencial de la tecnologia i la implicació dels usuaris. Al Fab Lab s'anima fermament als usuaris a posar els seus dissenys a disposició d'altres perquè tots puguin aprendre. Com els Fab Labs han demostrat des de fa força temps, el "codi obert" contemporani inclou maquinari i programari.

2.3 Les eines del Fab Lab

A continuació, detallarem les principals eines i equipament que sol incloure un Fab Lab. Això no volem dir que tots els Fab Labs hagin de tenir aquestes eines, dependrà molt de la seva gestió i el seu pressupost. Per resumir-ho amb una frase i parafrasejant Neil Gershenfeld, s'hi ha de poder fer (gairebé) tot.

Molts dels Fab Labs actuals estan inspirats en el model de Fab Lab del MIT Media lab. Com ja hem comentat, la idea darrere d'aquests laboratoris és la d'empoderar la gent per permetre-li desenvolupar gairebé qualsevol cosa que es proposi, tot i que establir un Fab Lab com el del model del MIT pot resultar costós. S'ha de comptar amb els equips que es relacionen al *fab inventory*, complir la Fab Charter i que els responsables del Fab Lab hagin cursat la *Fab Academy*, curs anual impartit per la xarxa amb la direcció del professor Neil Gershenfeld al MIT. Afortunadament, no és un requisit necessari perquè una escola o institut pugui començar a impartir fabricació digital. Fins i tot hi ha opcions per implementar Fab Labs mòbils o transportables.

Tot seguit proposem una llista d'eines bastant genèrica que proporciona al professorat que és nou en el món de la fabricació digital un punt de partida i una referència ràpida, però som

conscients, i el lector també ho ha de ser, que el component efímer d'aquest tipus d'informació és inherent en les eines tecnològiques en general, així que no entrarem en massa detalls. Així doncs, considerem que un Fab Lab hauria de poder comptar amb:

Impressió 3D

La impressió 3D és un procés de fabricació a través del qual un disseny digital en 3 dimensions es converteix en un objecte físic. Una impressora 3D utilitza un capçal mòbil per alliberar amb precisió un material sobre un lloc concret. Les impressores d'escriptori 3D més habituals fan servir com a material diversos tipus de plàstic. El capçal d'impressió s'escalfa per fondre el plàstic i les capes es van apilant les unes sobre les altres. Així doncs, per imprimir en 3D, la primera cosa que necessites per començar és, a més d'una impressora, un objecte de disseny digital.

Funcionament, programari i recursos:

Internet és ple de recursos per descarregar un model 3D adequat (veure l'apartat 5 de la Proposta Didàctica), També es pot dissenyar un model 3D propi. Hi ha diversos per crear models 3D per a impressió, per exemple 'Thinkercad' (Autodesk, s.d.-b). Es tracta d'una plataforma en línia gratuïta que no necessita una corba d'aprenentatge pronunciada per crear un primer model imprimible, i permet organitzar els alumnes en grups o classes per facilitar la feina del professorat i compartir els dissenys. Per a dissenys més complexos hi ha opcions com 'Rhinceros', 'Solidworks' o 'Fusion360'. Tots aquests programes CAD funcionen més o menys igual i exigeixen una corba d'aprenentatge pronunciada. Fusion360 és de la mateixa empresa que Thinkercad, però ofereix més opcions i a més és gratuït per a usos educatius.

El pas següent en el procés d'impressió 3D és el que s'anomena 'tall' o '*slicing*' del model. Mitjançant un programa especial, el fitxer 3D CAD es talla en capes fines i es converteix en una cadena de codis que indiquen a la impressora com moure's i quant material deixar anar. Dos programes de tall àmpliament utilitzats són Simply3D i Cura que accepten el tipus de fitxer *.stl* (Surface Tessellation Language) com a entrada. És important assegurar-se que la impressora 3D accepta el format resultant del programa de 'tall'.

A la **Figura 3** podem veure alguns dels programaris i fitxers més utilitzats en el procés de treball al Fab Lab.

Viabilitat a l'aula:

Són molts factors a tenir en compte perquè la impressió 3D en el context de l'aula sigui quelcom viable. En primer lloc, a l'hora d'adquirir una impressora 3D hi ha moltes diferències de preu, que van dels 500 als 3.000 euros aproximadament. També és important l'atmosfera de l'aula, és preferible que la impressora 3D estigui en un entorn ben ventilat. No oblidem que estem fonent plàstic. En tercer lloc, s'ha de tenir en compte també la qualitat del filament. Es recomana utilitzar materials ecològics, com el PLA, un bioplàstic derivat de materials com el blat de moro, canya de sucre o tapioca. Aquest, al contrari que altres plàstics, no conté petroli i contamina menys.

Talladora i gravadora làser

El tall làser és un procés de fabricació Substractiva que fa servir un raig làser d'alta potència i gran precisió per eliminar amb exactitud una petita porció de material. A part de tallar completament, el raig làser també raspar simplement la superfície del material, el que anomenem gravar.

Funcionament, programari i recursos:

El tall làser utilitza fitxers vectorials. Els fitxers de vectors CAD (disseny assistit per ordinador) es preparen amb programari divers, com per exemple Adobe Illustrator, Inkscape o Autodesk Fusion360. Un cop ens familiaritzem amb algun d'aquests programes, ens serà relativament fàcil aprendre'n d'altres. D'aquests, Inkscape és gratuït.

Després que s'hagi enviat el fitxer vectorial a la talladora làser, un tub làser emet un raig que passant a través d'uns miralls apunta mitjançant una lent focal al capçal de la màquina. La lent centra el raig en un punt de la superfície d'un material pla, fonent-lo, vaporitzant-lo o cremant-lo en aquest punt i movent-se al llarg de la línia de tall seguint les instruccions del fitxer que s'han donat a la màquina. Aquesta fosa i vaporització del material, sobretot en el cas dels plàstics, deixa una vora molt ben acabada, molt més que usant altres mètodes. També és molt útil quan s'han d'encaixar diverses peces per tallar a la vegada, reduint el malbaratament del material i aprofitant-lo al màxim. La rapidesa i el gruix del procés de tall dependrà de la potència i la longitud del camí del raig làser. Les màquines barates porten el tub de làser a la part posterior, de manera que necessiten un munt d'òptica i incrementen el camí a recórrer pel làser. En canvi, a les màquines més cares el tub va muntat en un braç mòbil, augmentant la rapidesa i gruix del tall i reduint el consum d'energia

Viabilitat a l'aula:

El gran avantatge de la talladora làser com a eina de fabricació digital és la velocitat a què treballa. En adquirir una talladora làser hem de tenir en compte dos aspectes importants: la mida de la taula i la potència del làser. Tot i així, una potència major no significa major profunditat o velocitat al tallar. I pel que fa a les mides de la taula, l'avantatge d'una taula gran és que es poden tallar diversos treballs simultàniament, cosa que agilitza la tasca i redueix la merma en el material. La talladora làser és una eina fantàstica per a la fabricació digital a l'aula, però obliga a observar certes mesures de seguretat. Si es treballa amb alumnes de poca edat, és millor que hi hagi sempre un adult supervisant el treball.

Talladora de vinil o plòter de tall

El tall de vinil és un procés de producció que utilitza una fulla controlada per ordinador per tallar formes en 2 dimensions a partir de fulles de vinil.

Funcionament, programari i recursos:

El fitxer d'entrada que requereix una talladora de vinil és normalment un fitxer vectorial. Per tant, podem utilitzar el mateix programari que es fa servir pel tall làser o altres màquines de

tall en 2 dimensions. Hi ha programari específic quan es tracta de dissenyat formes o textos, com per exemple Graphtec Sudio (Graphtec, s.d.), un programari per crear dissenys originals més fàcil d'utilitzar que un programa d'edició vectorial. Té funcions millorades com ara formes automàtiques, ombrejat i funcions d'edició. També pot configurar les condicions de tall i altres funcions al *plotter*.

En tallar la forma dissenyada, la talladora de vinil segueix amb precisió la trajectòria dels vectors movent-se en les direccions X i Y. El vinil sol venir en grans rotllos, cosa que permet usar-lo en dissenys grans, com grans cartells o pancartes. La limitació en els dissenys és que el color del vinil es uniforme, per tant, per fer un disseny multicolor s'han de tallar les peces per separat i posteriorment ajuntar-les.

Viabilitat a l'aula:

De totes les eines al Fab Lab, la talladora de vinil és potser la més econòmica i la més fàcil d'instal·lar. Les versions d'escriptori més petites es poden utilitzar sense la necessitat de programari especial. Sovint pot utilitzar sense necessitat d'un programari especial per dissenyar formes i lletres. Una talladora de vinil d'escriptori petita sovint inclou programari o alguna plataforma en línia que permet fer el teu propi disseny. A més de tallar vinil autoadhesiu, es poden fer servir altres materials de poc gruix, com paper o tela. En algunes talladores de vinil la fulla es pot canviar per un retolador per fer dibuixos.

Microcontroladors i components electrònics

Per reforçar els projectes dels alumnes amb interacció, llum, so, o moviment, també és fa necessari disposar d'un conjunt creixent de microordinadors fàcilment programables.

Funcionament, programari i recursos:

Aquest tipus d'eines són les que trobem més sovint en els espais de fabricació digital. Són un complement indispensable per fabricar artefactes tecnològics, i alhora són les eines més barates de l'espai. Actualment tenim molta varietat on triar: Arduino (<http://www.arduino.cc>), Makeymakey (<http://www.makeymakey.com>) o Micro:bit (<http://www.microbit.org>) poden ser una bona incorporació a la llista de mitjans de l'espai de treball.

La majoria d'aquestes plaques estan formades per components de maquinari i programari amb llicència de codi obert que permet llibertat d'accés i que s'enfoca a apropar i facilitar l'ús de l'electrònica i la programació de sistemes que s'engloben en projectes multidisciplinaris. El maquinari consisteix en una placa de circuit imprès amb un controlador, ports digitals i analògics, els quals es poden connectar a plaques d'expansió anomenades *shields* que amplien les possibilitats de funcionament d'aquestes eines.

Viabilitat a l'aula:

La majoria d'alumnes i professors d'avui en dia estan familiaritzats amb aquestes plaques, ja que en els darrers anys hi ha hagut la integració de l'electrònica, l'automatització i la robòtica a tots els currículums de secundària, i aquests components hi ha estat presents. El fet que siguin

de codi obert fa que siguin prou assequibles i fàcils d'aconseguir, i que hi hagi molts repositoris de codi i projectes que faciliten que es pugi començar de zero relativament ràpid.

Característiques generals de l'espai

L'espai ha de tenir les dimensions adequades per poder disposar com a mínim de 2 zones, la de disseny i la de fabricació. També ha de tenir una bona ventilació, sobretot la zona de fabricació.

L'espai ha de comptar també amb un sistema elèctric adequat, tant amb la potència com amb la flexibilitat per la connexió del hardware de fabricació digital.

L'ideal és que aquest espai, a més, contingui eines com serres, tenalles, tornavisos, etc. Però a més, cal una taula o espai per a treball amb l'electrònica, amb equips de soldadura, punts d'alimentació elèctrica, oscil·loscopi, etc.. sense oblidar-nos de la connexió a internet: estable, segura i amb un ample de banda suficient.



Fig. 1: Exemple d'armari d'eines comunes al Fab Lab (FabLab Amersfoort, 2023)



Fig. 2: Fab Lab mòbil amb l'equipament mínim: PC pel disseny, impressora 3D i tall làser (Mckay & Peppler, 2013)

Altres eines presents al Fab Lab

Fresadora per control numèric: El seu funcionament és similar a la talladora làser, amb la diferència que s'hi pot fixar al capçal una eina de tallat o fresat mecànic segons convingui. Les seves parts principals són la taula, el capçal de tall, amb eines de tall o perforació intercanviables, i els carros de desplaçament lateral i transversal. Depenent de l'eina de tall que hi fixem, podem manipular fusta, plàstic o fins i tot metall. Quan són de gran format i inclouen una gran versatilitat d'eines també són denominades centres de mecanitzat.

Fresadora d'alta resolució per control numèric: S'utilitza per fer plaques de circuits electrònics, peces d'altra precisió i fins i tot esculpir motlles.

Màquina de brodar digital: Broda a partir d'un fitxer de digital que conté el disseny d'una peça de tela i un altre amb les línies on s'ha d'afegir el fil. Els motors de la brodadora mouen la tela en dues dimensions sota el capçal, que va cosint el fil a la tela.

El programari tradueix les instruccions del fitxer digital on s'especifica com s'ha de moure la tela per acabar cosida de la forma que indica el disseny. La usem per decorar, dibuixar sobre la tela, i fent servir fils amb diverses propietats podem fins i tot cosir un circuit electrònic amb un fil que sigui conductiu.

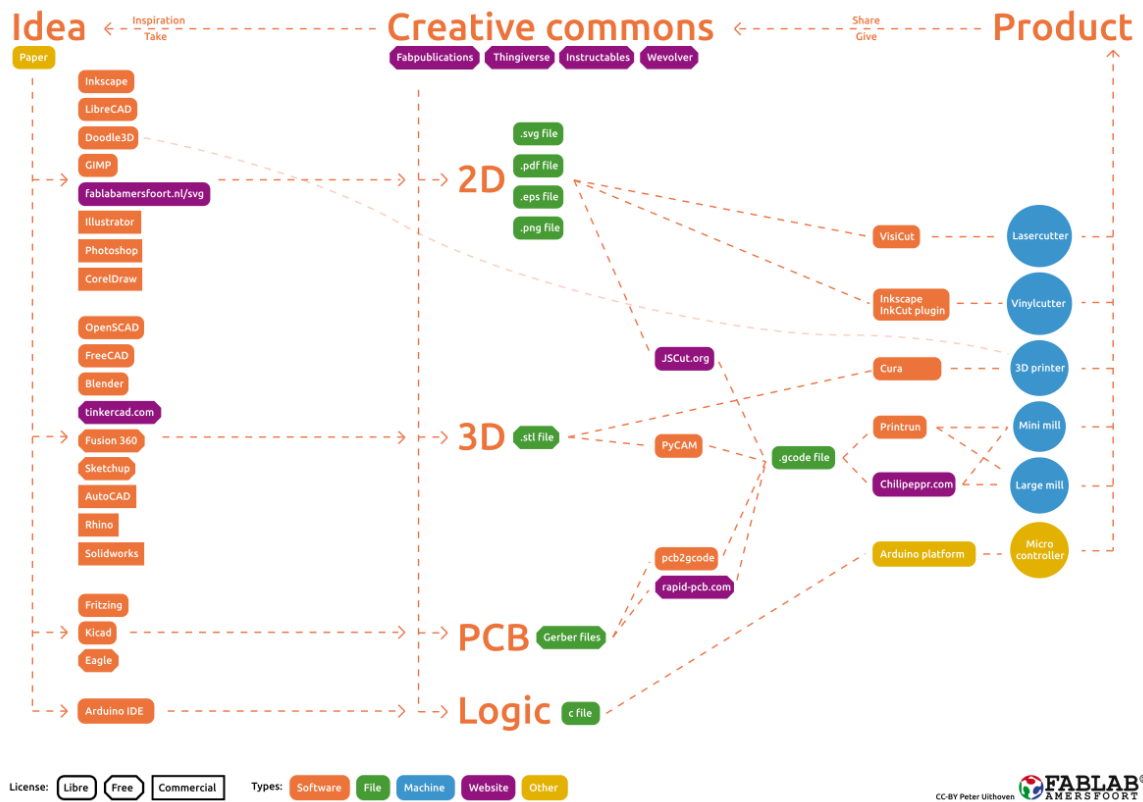


Fig. 3: Flux de treball al Fab Lab, segons software, tipus de fitxers i màquines utilitzades (FabLab Amersfoort, 2023)

2.4 Per què necessitem un Fab Lab al nostre centre educatiu?

Ens podríem plantejar doncs, com habilitar un espai d'aquestes característiques en el nostre centre. Però, per quin motiu?

Doncs bé, perquè volem que els nostres joves puguin desenvolupar les habilitats del segle XXI: innovació i creativitat, pensament crític, comunicació i col·laboració, resolució de problemes complexos, domini de la tecnologia i ciutadania digital (European Commission, s.d.-a).

Però si no tenim un lloc on ensenyar aquestes habilitats no podrem fer un bon treball. (Blikstein, 2011). No podem pretendre fer-ho en una classe amb 40 cadires i una pissarra, a l'igual que no podem, per exemple, ensenyar educació física si no disposem d'un gimnàs.

El *making* i els *makerspaces* són termes nous per a una idea antiga: que els nens aprenen millor si connecten plenament el cap, el cor i les mans. El que permet la tecnologia moderna és que els instituts i escoles, biblioteques, organitzacions comunitàries i altres espais d'aprenentatge ofereixin als nens experiències intel·lectualment riques i expressives.

Hem vist com durant els últims anys, els *makerspaces* (no només els Fab Labs) han prosperat a nivell mundial, guanyant cada cop més força a les escoles i instituts, com a plataforma per promoure l'aprenentatge i la creativitat (Martin, 2015). Hi ha consens en reconèixer el potencial del *making* com a millora de les pràctiques educatives vinculades amb la tecnologia. Ara bé, l'èxit dependrà de com s'implementi, i això significa que necessita una aproximació construccionista i constructivista (Tesconi, 2018), i també una acció docent compatible amb la filosofia *maker*.

Aquesta acció docent ha de permetre a alumnat i professorat desenvolupar capacitats que els permetin implicar-se en problemes de disseny reals, amb un component de reflexió crítica envers la tecnologia. Aquestes capacitats empoderen a l'individu i el converteixen en creador de la seva pròpia producció per l'ús i consum local (Santos Arias, 2021), i l'ajuden prendre dedicions millor fonamentades sobre el rol que ha d'ocupar la tecnologia en les seves vides.

2.5 Fent per aprendre, imaginant globalment. El programa FAIG

El context del nostre país revela una escola molt motivada, a més els plans d'estudis donen suport a principis específics del moviment *maker* i *DIY* com l'aprenentatge autònom, entre d'altres, proporcionant suport i incentius addicionals al centre (DiyLab, 2016a).

Els principis del Fab Lab s'alineen bé amb la idea d'un sistema educatiu just i inclusiu que posa els avantatges de l'educació a l'abast de tothom. El currículum del sistema educatiu del nostre país té cabuda per la filosofia del Fab Lab: conceptes com l'aprenentatge autònom i autoregulat; ensenyament i aprenentatge basats en la indagació; coneixements i vincles transdisciplinaris o interdisciplinaris; competències digitals i aprenentatge col·laboratiu.

La proposta del Departament d'Educació proposa la creació d'espais d'aprenentatge amb sentit, fonamentats en l'aprenentatge basat en projectes, i que posen l'alumne al centre de l'aprenentatge i el seu entorn més proper com a objecte d'aquest aprenentatge. El programa està format per tres pilars estretament lligats entre sí:

- COM? Aprenentatge basat amb projectes com a metodologia.
- PER QUÈ? Aprenentatge amb sentit, vinculant els projectes amb problemes socials i del planeta, com a objecte de l'aprenentatge.
- ON? Aprendre fent en un Fab Lab com a espai d'aquest aprenentatge, aprofitant les possibilitats creatives i d'innovació dels entorns *maker*.

Analitzarem el programa amb més detall en l'apartat: **'6. Estat de l'art'**.

3. Problema o proposta de millora

Més enllà de les capacitats tècniques de la maquinària que trobarem al Fab Lab, considerem també bàsic comprendre com les noves metodologies de treball poden incorporar-se a àmbits com el de l'educació secundària, adaptant-se a les necessitats de de cada centre i de cada entorn.

Ara bé, la introducció de les eines de fabricació digital i les pràctiques *maker* per sí soles no són condició suficient per crear entorns d'aprenentatge vivencials, reflexius i centrats en l'alumne (Blikstein, 2013). Per això és necessari acompanyar la implementació del Fab Lab amb accions de suport i de formació del professorat. Aquestes accions han de poder permetre el desenvolupament d'estils d'ensenyament basats en el disseny d'entorns d'aprenentatge i potenciar el rol del docent com a facilitador (Tesconi, 2018).

A l'igual que a principis del 2000, quan la informàtica i els ordinadors van arribar de forma massiva a les aules, ens podem trobar que el professorat al capdavant d'implementar un Fab Lab al centre no tingui la formació necessària per dur a terme la tasca, i que acabin donant un aprenentatge merament instrumental, incapaços d'aplicar metodologies i entorns d'aprenentatge que exprimeixin al màxim les oportunitats que ens brinden les tecnologies de fabricació digital.

Quan els posem a fer formació sobre robòtica, disseny 2D o 3D, tall làser o coses semblants, ens trobem a part del professorat atemorit pel futur que els ve. I d'alguna manera és comprensible: quan encara no s'han assumit les anteriors revolucions tecnològiques per una gran part del professorat, quan veuen coses com aquesta la majoria s'espanten" (Tesconi et al., 2017).

Així doncs, els projectes educatius basats en les tecnologies de disseny i fabricació digital també haurien d'aspirar a millorar la competència i mentalitat del professorat en relació amb l'ensenyament-aprenentatge amb tecnologies digitals, i abordar la necessitat de desenvolupar les competències dels docents tal com assenyala la Comissió Europea en el Marc Europeu per la Competència Digital dels Educadors (DigCompEdu) (Redecker & Punie, 2017), vinculant els projectes a principis metodològics específics que faran més fàcil que educadors i programes formatius incorporin la fabricació digital a la seva pràctica educativa.

Sobre el professorat

Vivim una època en que el coneixement i la informació ja no ens arriben a través dels canals clàssics de difusió, com l'ensenyament. Per aquest motiu, es necessari redefinir el rol dels educadors. Goodyear (Goodyear & Dimitriadis, 2013) creu necessària una evolució del docent que vagi des del 'savi sobre l'escenari' al 'guia que acompanya', i en aquesta línia proposa una idea de docent com a dissenyador d'entorns d'aprenentatge.

En l'escenari d'aula Fab Lab que volem aconseguir, el propi docent hauria de poder de crear les condicions per a què els aprenents puguin identificar i entendre els continguts del currículum inherents a l'artefacte que dissenyen i construeixen.

A més, un dels problemes afegits, és que el coneixement dels docents sobre la filosofia *maker* i els espais de fabricació digital prové de fonts documentals, però el terme normalment no apareix en les experiències i pràctiques específiques de la major part del professorat (DiyLab, 2016a).

Sobre l'alumnat

Quan parlem de fabricació digital en entorn educatiu, ens trobem que els alumnes molts cops no entenen els processos exploratius i de vegades poc definits que implica la fabricació digital. Estudis com el de Rachel Smith a Dinamarca (R. C. Smith et al., 2015) ens mostren que quan s'incorporen elements del pensament de disseny a la fabricació digital, els alumnes progressen cap a una millor comprensió del procés i el resultat del disseny. A més, la motivació augmenta especialment quan els estudiants poden aplicar o implementar una idea, un enfocament o un producte, assumint un paper actiu. Així doncs, haurem de posar especial atenció en les metodologies que utilitza el pensament de disseny per arribar a la fabricació del producte.

Els joves d'avui s'enfronten a una societat cada cop més globalitzada, digitalitzada i en constant canvi. La ciutadania del futur haurà d'estar formada per persones que puguin aprendre i adaptar-se als nous coneixements, soles o en col·laboració. Com a conseqüència, els objectius de l'educació ja no seran sols allò que aprenem, sino també com ho aprenem i què podem fer amb allò que aprenem. En aquest context esdevé molt important el concepte "aprendre a aprendre", i el fet de poder "crear solucions a problemes nous". Aquí roman l'essència de les habilitats del segle XXI, les competències del futur. No tenim una definició tancada per aquestes competències, però ens podem basar en les directrius de l'Organització de Cooperació i Desenvolupament Econòmic (OCDE), els diferents informes de la Comissió Europea (JRC European Commission, 2018), i moltes altres fonts contrastades per poder enumerar les més rellevants: pensament crític, comunicació i col·laboració, creativitat i innovació, resolució de problemes complexos, domini de la tecnologia i ciutadania digital. Les veurem amb més detall a l'**apartat 2-Pas 3 de la Proposta Didàctica**.

4. Objectius

Un dels objectius principals d'aquest treball serà donar a conèixer la informació necessària per entendre el potencial de la fabricació digital i la cultura *open source*. Desmitificar la tecnologia i tot el que va lligat a un espai de fabricació digital, fent-la accessible amb un vocabulari clar i amb pautes d'implementació concises. El ritme vertiginós al que avancen aquestes tecnologies farà d'aquesta feina quelcom efímer, però és important, creiem, comprendre el marc en que ens movem per veure com podria evolucionar els propers anys. Per això, més que amb la informació tècnica que podem trobar en múltiples fonts, ens centrarem en analitzar i recollir metodologies, enfocaments i pràctiques que ens ajudin a dissenyar espais d'aprenentatge innovadors aprofitant el potencial de les tecnologies de fabricació digital.

A través d'aquest treball, el que volem aconseguir és:

- A. Analitzar la integració dels Fab Labs en entorns educatius en els darrers anys.
- B. Analitzar el programa FAIG per veure si és una opció vàlida com a integració d'un Fab Lab en un entorn educatiu.
- C. Proporcionar un conjunt d'eines i recursos didàctics en forma de guia pel professorat per que pugui:
 - 1. Modelar espais d'aprenentatge on integrar un Fab Lab.
 - 2. Dissenyar activitats d'aprenentatge atractives en aquests espais, que aportin innovació mitjançant l'ús de tecnologies de fabricació digitals, i que permetin adquirir als estudiants les competències del segle XXI.
 - 3. Avaluar aquestes activitats i la tasca docent.
 - 4. Augmentar les competències i habilitats pedagògiques en la fabricació digital del professorat.
- D. Definir els mínims que s'han de complir en un espai de fabricació digital en un entorn educatiu.

En resum, dissenyar un entorn creatiu i col·laboratiu, inspirat en la filosofia *maker*, que afavoreixi l'aprenentatge amb sentit, que permeti resoldre problemes reals i adquirir les competències transversals que els joves necessiten per desenvolupar-se en la societat del futur.

5. Justificació de la proposta

La vida en la societat actual globalitzada està condicionada per la utilització continua i a tots els nivells d'artefactes tecnològics. Aquesta utilització condiona les nostres relacions, decisions i processos cognitius, sense que moltes vegades tinguem coneixement de l'estructura i funcionament d'aquests artefactes, i sense que puguem intervenir en el seu disseny i construcció. Com ja hem vist i també comentarem més endavant, amb els últims moviments de democratització d'accés a la tecnologia a nivell general, i més en particular l'avenç en la difusió i compartició de les eines de fabricació digital que suposen els Fab Labs, el futur dels artefactes tecnològics es veu cada cop més determinat per l'usuari final (Tesconi, 2018). Aquest usuari final hauria de tenir els coneixements per poder aprofitar totes aquestes eines per pensar, dissenyar, compartir i aprendre durant el procés de creació dels seus propis dispositius; aquesta és la idea principal del moviment *maker*, que deriva de 4 corrents de pensament que el relacionen amb l'educació i l'aprenentatge:

- L'aprendre fent (Dewey, 1938): John Dewey (Dewey, 1938) considerava la creació de coneixements com un procés dinàmic que es desenvolupa a través d'una interacció reflexiva i iterativa amb les exigències i reptes de la pràctica.
- El constructivisme de Piaget (Piaget, 1973): Diu que el coneixement es construeix a través de la interacció entre els esquemes conceptuals dels alumnes (idees), o marcs (coneixements previs), i les seves experiències en el món al qual s'apliquen aquests esquemes.
- L'aprenentatge entre iguals: Lev Vygotsky afirmava que tot el desenvolupament humà, inclòs l'aprenentatge, és social. Aprenem mentre som, estem i fem al costat d'altres persones (Veer & Valsiner, 1991).
- El construccionisme (Papert, 1999) de Seymour Papert, que ens diu que l'aprenentatge es produeix millor quan els alumnes treballen directament amb mitjans manipulables per a construir coses que es poden compartir amb altres.

Avui dia, moltes iniciatives que remarquen la importància d'introduir la fabricació digital al món de l'educació ho fan basant-se també en aquests corrents de pensament, i apostant per posar en mans dels nens les tecnologies de fabricació. Tal com exposa Schelhowe (Katterfeldt & Schelhowe, 2008), la fabricació digital a l'educació proporciona als alumnes una comprensió profunda de la tecnologia digital, a l'hora que els permet accedir a una comprensió general de la societat postmoderna mediada per la tecnologia digital. En aquest sentit, i seguint la filosofia de Vygotsky, els processos de fabricació digital no només contribueixen a l'adquisició de competències STEAM, sinó a una comprensió més profunda de la societat i d'un mateix.

Seguint aquesta premissa, podem concebre la fabricació digital a l'educació com un entorn d'aprenentatge que combina pensament de disseny, la gestació d'idees de manera col·laborativa i la innovació per resoldre reptes socials de la vida real. Aquesta definició engloba tot el procés creatiu, en que la fabricació digital esdevé un recurs i un mitjà per abordar qüestions socials complexes.

Si continuem parlant d'entorns d'aprenentatge, tenim per una banda, diversos estudis (Lorenzo-Cueva, 2018; Togou et al., 2019) sobre l'ús de la fabricació digital com a enfocament favorable per l'aprenentatge de les ciències, la tecnologia, l'enginyeria i les matemàtiques (STEM); d'altra banda, i fonamentant-nos en els arguments de Blikstein (Blikstein, 2013), veiem com d'important és crear entorns d'aprenentatge atractius per sobre de simplement introduir les eines de fabricació digital a l'educació. Aquests marcs de treball es basen en molts aspectes en el descrit per Papert (Papert, 1999) en la teoria del construccionisme, que es sustenta en entorns habilitats per la tecnologia i basats en projectes. Seguint doncs Papert i també Resnick (Resnick, 2018), arribem a relacionar **disseny i aprenentatge**, i se'ns planteja l'escenari en que les activitats de disseny poden proporcionar contextos significatius i col·laboratius per l'aprenentatge, incorporant les idees dels alumnes en els processos de pensament per produir nous artefactes digitalment.

Design Thinking

El *design thinking* és un mètode per generar idees innovadores que està centrat en entendre i donar solució a necessitats reals dels usuaris. És una manera d'abordar la innovació i la resolució de problemes complexos basat en la teoria i la pràctica del disseny.

El seu nom, que en català traduïm de forma literal com a "Pensament de Disseny", prové de la manera com treballen els dissenyadors i dissenyadores de producte. L'utilitzen àmpliament per desenvolupar solucions solvents mitjançant processos iteratius i creatius de disseny i innovació. Es desenvolupa seguint un procés en el que es posen en valor els seus trets diferencials:

- Empatia
- Treball en equip
- Generació de prototips
- Vessant lúdica
- Contingut visual

Encara que hi ha diverses variants del model, la versió més coneguda és el model en cinc fases desenvolupat per la Stanford d.school (Stanford University, s.d.). Aquest model consta de 5 fases (empatització, definició del problema, ideació, prototipatge i prova) que es desenvolupen de forma iterativa, això permet un enfocament flexible i orientat a l'aprenentatge constant.

Com a pedagogia, l'essència del *design thinking* és posar els alumnes en contextos que els facin pensar i treballar com un dissenyador professional. L'avantatge del pensament de disseny és que es pot aplicar a qualsevol àrea temàtica que creï productes innovadors per atendre les necessitats de la gent, com ara enginyeria, arquitectura, programació informàtica, medicina, etc. Els principis i pràctiques del pensament de disseny s'estan adoptant per als cursos de disseny industrial i de mitjans a la universitat i l'educació professional. Així doncs, a moltes universitats, les activitats de *design thinking* fa temps que s'utilitzen per fomentar la innovació, a més de les habilitats creatives, de comunicació, de presa de decisions, d'alfabetització digital i de consciència cultural.

El pensament de disseny també s'utilitza per ajudar al professorat amb la planificació de les activitats. Normalment, els alumnes treballen en grup en projectes de significat personal o d'importància per la comunitat. Un dels problemes dels projectes de disseny en entorns educatius es proporcionar la sensació de satisfacció produïda per un disseny acabat. En la proposta educativa és millor proposar dissenys d'artefactes que es puguin construir i posar en ús (Sharples et al., 2016).

Aquest enfocament innovador i pràctic, ha inspirat a moltes institucions educatives i organitzacions a adoptar els principis del pensament de disseny en els seus propis processos de resolució de problemes i desenvolupament de productes. Una variant del procés de disseny, aplicada a la fabricació digital, és la que detallem en la proposta didàctica d'aquest treball. En aquest cas, el procés iteratiu es compon de 6 fases : **l'informe de disseny, l'estudi de camp, la ideació, la fabricació, l'argumentació i la reflexió.**

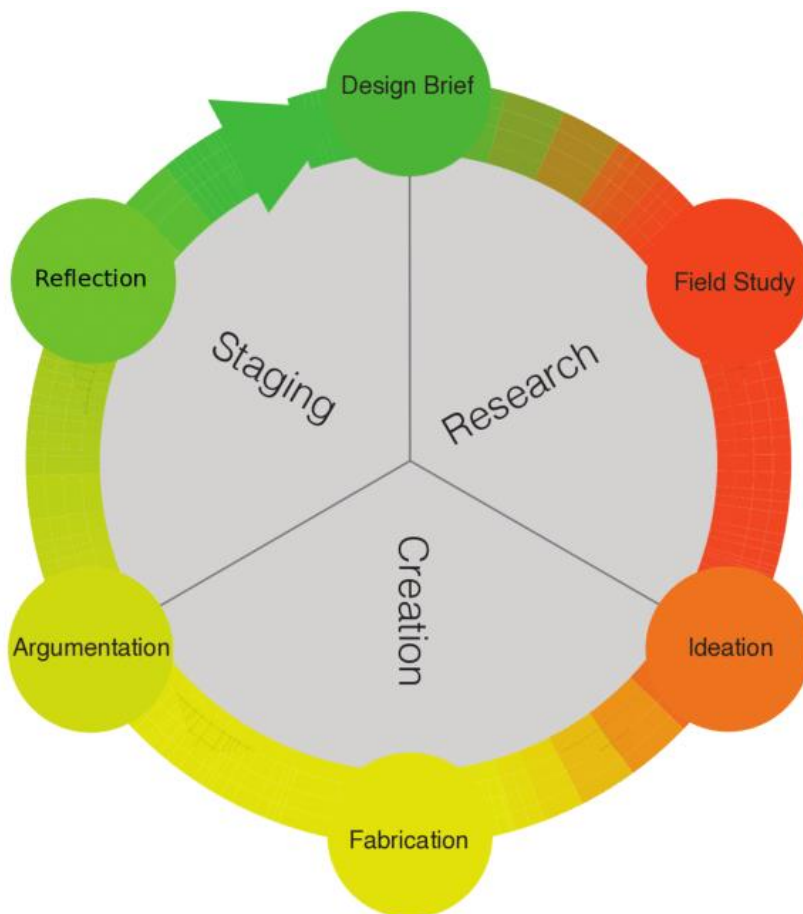


Fig. 4 : Model de procés del pensament de disseny en la fabricació digital (R. C. Smith et al., 2015)

Hi ha bones raons per treballar de manera creativa la fabricació digital a través del pensament de disseny, i fusionar-ho amb la mentalitat *maker*. En primer lloc, valorar els resultats intangibles del disseny, com ara noves habilitats, noves idees i una posició reflexiva cap a la tecnologia. Mitjançant la creació col·laborativa i les activitats de resolució de problemes, els estudiants aprenen sobre el pensament crític, la resolució de problemes complexos, la ciutadania digital i les habilitats col·laboratives. En segon lloc, el repte social de preparar els joves per a una societat digitalitzada ocupa un lloc destacat en l'agenda política europea. La noció d'habilitats del segle XXI és un intent d'articular les habilitats necessàries per tenir èxit en una societat altament globalitzada i mediatitzada digitalment. Algunes d'aquestes habilitats estan estretament relacionades amb les habilitats dels nens per crear amb materials digitals i també per resoldre problemes socials complexos, encara que aquestes competències no siguin necessàriament noves. El professor Paulo Blikstein, fundador de Fab Lab@School a la Universitat de Stanford, argumenta que l'abast que s'estén ràpidament de les tecnologies de fabricació digital és una "democratització de la innovació" que posa l'accent en les possibilitats d'incloure els nens en el disseny de noves tecnologies mitjançant la introducció d'aquestes tecnologies en educació formal (Blikstein, 2013).

6. Estat de l'art

Després de revisar com els diferents corrents de pensament i ensenyament es relacionen amb els espais *maker* i els Fab Labs, anem a complir el primer objectiu del treball, que és com s'han encaixat les implementacions de Fab Lab i espais *maker* en el món educatiu.

Per començar, exposarem 3 classificacions que ens serviran pel posterior anàlisi d'espais Fab Lab. Així, segons el tipus de gestió (García Sáez, 2016), ens podem trobar amb:

- Fab Labs Institucionals: aquells Fab Labs vinculats a una institució. Aquestes institucions poden ser de caire divers, com ara acadèmiques, artístiques, museus, biblioteques o inclús empresarials. La seva organització sol ser jeràrquica, i tant aquesta com el pressupost depenen de la institució.
- Grasroots: Sorgeixen a partir de la unió de varies persones interessades. Solen organitzar-se de forma autònoma i el finançament prové en gran part dels socis.
- Prototype Shops: Son espais de prototipat de caràcter comercial, que ofereixen les instal·lacions en format de Fab Lab als professionals interessats.

En el report "Makerspaces for education and training" (Vuorikari et al., 2019) ens proposen una sèrie de classificacions dels espais *maker* en general, però aplicable també als Fab Labs. En aquest estudi hi trobem una classificació segons el tipus d'activitats que s'hi duen a terme:

- Exploratiu: Als espais *maker* les activitats solen estar dirigides per l'interès de l'individu. Comú als espais de fabricació no formals.
- Dirigit: Quan les activitats es traslladen a un context educatiu, el temps d'instrucció sovint s'estandarditza i la llibertat de fer es veu afectada. A menys que els educadors busquin intencionadament la innovació i la creativitat com a resultats d'aprenentatge, el Fab Lab es convertirà en un "gueto" de la imaginació, on sorgiran els mateixos problemes que als entorns enclaustrats com per exemple el taller de tecnologia.

O segons la naturalesa del què s'hi aprèn:

- Espai d'aprenentatge incidental: encara que estigui allotjat en un centre educatiu, el que s'aprèn al Fab Lab no està orientat a aconseguir resultats educatius concrets. Persones de diferents àmbits i disciplines es reuneixen en aquests espais per treballar en projectes del seu propi interès, amb l'objectiu de crear una comunitat amb idees afins que es dediqui a experimentar i compartir.
- Espai d'aprenentatge intencional: l'objectiu de l'espai es aconseguir determinats resultats educatius, com ara una sèrie de qualificacions i desenvolupar certes competències.

6.1 Integració dels Fab Labs en entorns educatius

Tal com indicava Shirin Vossoughi en una revisió de literatura sobre *making* (Vossoughi, 2014), i com s'ha mantingut des de llavors, observem 3 tendències bàsiques en com el moviment *maker* s'ha aplicat a les pràctiques formatives:

- Com a eina per la creació d'empreses
- Com accés a la formació professional en les disciplines STEAM
- Com a pràctica educativa basada en la indagació

Aquest tercer model és el que ens interessa especialment. En referència a aquest encaix, que pot tenir lloc en ambients formals o més informals, passem a analitzar una sèrie de projectes o programes que, en major o menor grau encaixen amb la filosofia de Fab Lab i a la vegada en basen en una proposta educativa. Veurem en cada aproximació quanta fidelitat hi ha en la implementació com a Fab Lab, quin tipus de proposta educativa fan i les metodologies utilitzades. Destacarem els punts forts que creiem més interessants a l'hora de portar els Fab Labs al món educatiu.

Fablearn

Inicialment el projecte fou anomenat Fab Lab@School. Neix al TLTL (Transformative Learning Technologies Lab) vinculat a la Universitat de Columbia, impulsat pel professor Paulo Blikstein, i és segurament el primer projecte que pretén formar una xarxa col·laborativa i de coneixement entre docents, escoles i equips de recerca al voltant del moviment *maker* i de l'aprenentatge construccionista. Partien del model d'espai de fabricació digital creat al MIT per Neil Gershenfeld, però amb la intenció d'adaptar els espais a altres objectius i edats (educació K-12). Fablearn desenvolupa llocs de recerca i difon recursos i informació, i està actiu en l'actualitat.

Filosofia i metodologies:

- Orientat al procés i al producte: L'aprenentatge s'avalua no només en funció del producte final, sinó també en funció del procés que l'ha conduït.
- Modelat pels professors: No només s'aprèn dels professors, sinó també amb ells. L'aprenentatge no està restringit als estudiants. Els professors haurien d'adoptar i modelar l'aprenentatge construccionista i l'educació del creador, aprenent al costat dels estudiants i buscant l'equilibri entre l'orientació i l'autonomia.
- Basat en la indagació: FabLearn està molt centrat en la investigació educativa i les teories de l'aprenentatge, i recomana professors que facin recerca al costat dels investigadors: documentar els seus processos, avaluar el seu treball, demostrar els seus beneficis i repetir.
- Basat en l'Aprenentatge Basat en Projectes (ABP). Aquests espais permeten als alumnes abraçar les noves tecnologies, produint motivació, experimentació, permetent a l'alumne assumir riscos i jugar amb les seves idees.

A destacar: la vessant d'investigació i de xarxa social. Respecte a la pedagogia, es dóna importància al procés d'aprenentatge basat en l'ABP i el mètode científic.

Fab Academy

Fab Academy és un programa intensiu de cinc mesos que ensenya als estudiants a imaginar, dissenyar i prototipar projectes utilitzant eines i màquines de fabricació digital. És una experiència d'aprenentatge multidisciplinària i pràctica que capacita els estudiants per aprendre fent i els inspira a fer coses localment per convertir-se en participants actius en ciutats i comunitats sostenibles. Els seus inicis van ser com un projecte de divulgació del Center for Bits and Atoms del MIT fins a convertir-se en la xarxa global que és ara. La instrucció de la *Fab Academy* es basa en el popular curs de prototipatge ràpid del MIT 'How To Make (almost) Anything' i també està dirigida pel professor Neil Gershenfeld. Actualment proposa un model d'ensenyament híbrid: entre presencial i un MOOC (curs obert online massiu). Per implementar la part presencial, els estudiants es reuneixen en grups de treball locals utilitzant la infraestructura dels 'nodes' adscrits al programa, que formen part de la xarxa global *Fab Lab*. Aquests centres locals, a part de la seva gestió independent, també són supervisats pels mentors de la xarxa. Els cursos estan enfocats a una formació intensiva, ja que depenen dels coneixements previs, implica una dedicació a temps complet.

A destacar: aquesta proposta és l'original, que manté l'essència de *Fab Lab*. Per contra, veiem que és una opció més adient per la formació permanent del professorat o per estudiants en fase universitària, que no pas per estudiants de secundària.

FabEd

Fab Lab Ed és una iniciativa llançada de forma conjunta per *Fab Foundation* i el TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM, s.d.). TIES és una empresa 100% propietat de dones que està compromesa amb l'equitat en l'àmbit STEM. La iniciativa cerca incorporar els *Fab Labs* dins del currículum educatiu. Per això han elaborat continguts específics que permeten utilitzar la fabricació digital com a vehicle per a l'ensenyament STEM. Entre les seves propostes destaquem:

- l'adequació dels continguts als estàndards nacionals i estatals.
- ensenyament transversal per als diferents professors relacionats amb la ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques, tradicionalment separats en les corresponents sitges.
- la possibilitat de connectar cadascuna d'aquestes escoles i instituts amb la resta d'espais de la xarxa *Fab Lab*.

Actualment estan tractant de treballar amb altres col·legis i instituts en les línies següents: disseny i instal·lació de *Fab Labs* a les escoles, desenvolupament i adaptació del currículum educatiu, formació de professors amb l'ajuda de la xarxa de la *FabAcademy*.

TIES també ofereix una furgoneta de fabricació digital mòbil *STEM-on-the-GO*. La furgoneta ofereix experiències pràctiques STEM als estudiants de manera temporal. Durant els dies de

visita de la furgoneta a un centre, els estudiants es comprometen a resoldre reptes STEM del món real mitjançant el procés de disseny mentre aprenen a utilitzar el programari i l'equip de fabricació i digital de la furgoneta.

A destacar: model de consultora empresarial, pot ser útil per ajudar els centres a arrencar un projecte de Fab Lab, encara que pot resultar car.

Ateneus de Fabricació de Barcelona

Aquests ateneus repartits per tota l'àrea metropolitana tenen caràcter de servei públic que divulga la tecnologia i la ciència de la fabricació digital. Són llocs per aprendre, col·laborar en diferents projectes i formar part del desenvolupament social de la ciutat. La Xarxa d'Ateneus de Fabricació està formada pels diferents ateneus de la ciutat i ofereix els espais de referència a Barcelona en divulgació, formació i creació vinculades a les tecnologies de fabricació digital, i està sempre al servei de la ciutadania, la comunitat educativa i el món empresarial, associatiu i comunitari.

Ofereix un programa pedagògic (Ajuntament de Barcelona, s.d.) a través del Consorci d'Educació de la ciutat, que consisteix en oferir els equipaments del Fab Labs de la xarxa d'ateneus i proporcionar un acompanyament pedagògic, formació docent, assessorament continu, i difusió als centres educatius. L'objectiu és formar a docents i alumnat en la integració de les tecnologies de fabricació digital en la pràctica educativa. A més del programa al que poden concursar els centres, ofereix tot tipus de suport i assessorament a projectes a través d'activitat puntuals com poden ser visites, tallers, formació docent, etc.

A destacar: la vessant social i de servei comunitari, i la 'democratització' de la fabricació digital. Els ateneus de fabricació de Barcelona pertanyen a la xarxa global Fablab.io, i entre d'altres projectes, també són els precursors de la iniciativa global 'Fab City', per desenvolupar ciutats localment productives, globalment connectades i autosuficients.

Projecte NEWTON al Fab Lab Madrid

El projecte de recerca 'Networked Labs for Training in Sciences and Technologies of Information and Communication' (NEWTON) va ser un projecte de recerca finançat la Unió Europea on hi van participar 7 universitats d'arreu del món i també 8 empreses tecnològiques. L'objectiu principal del projecte NEWTON era construir una plataforma de suport a la docència i a l'aprenentatge innovadora que permetés implantar a mig termini metodologies docents avantguardistes basades en les últimes tecnologies de la informació i de la comunicació, ensenyant STEAM a través de la fabricació digital.

La universitat CEU San Pablo fou l'única institució educativa espanyola que hi va participar, i juntament amb el FabLab Madrid CEU (Fab Lab Madrid CEU, s.d.), un dels Fab Labs de la xarxa mundial de Fab Labs del MIT, van implementar un laboratori virtual on els estudiants podien realitzar part dels seus projectes de manera presencial i part de forma on-line.

El programa proporcionava als seus usuaris una sèrie de característiques especials:

- Possibilitat per part dels docents de realitzar en remot però en temps real activitats i tallers per als estudiants involucrats que acompanyin les classes teòriques no presencials, en què els alumnes poguessin participar i interactuar;
- Possibilitat de realitzar un sistema de tutories automàtic que ajudés als alumnes a monitoritzar constantment de forma autònoma els seus progressos d'aprenentatge.
- La implantació d'un sistema *ed-to-ed* que permetés a laboratoris i centres d'ensenyament connectats en xarxa facilitar als estudiants l'accés i la realització d'activitats experimentals en remot.

Com a objectius concrets del projecte que impactaven en l'educació secundària, hi havia la intenció de reforçar les capacitats de Fab Lab Madrid CEU per millorar els programes educatius que impartien a l'educació obligatòria, ampliant el nombre d'usuaris que podrien accedir a l'ús de les tecnologies de fabricació digital de forma presencial i a més, emprant una plataforma en línia a través de la qual els alumnes podien dissenyar i enviar els dissenys a les impressores del Fab Lab.

Fora del projecte NEWTON, Fab Lab Madrid ha organitzat i organitza diversos cursos i tallers durant l'any orientats als alumnes de secundària i a l'aprenentatge basat en projectes. Posa especial èmfasi en oferir cursos gratuïts i en integrar en els tallers alumnes amb diversitat funcional de diferents tipus. A més, ofereix la formació oficial de la *Fab Academy*, la xarxa de formació en fabricació digital del MIT.

A destacar: l'esforç fet de cara a la inclusió. És interessant la proposta híbrida per poder treballar fora del Fab Lab.

Garage Lab

GarageLAB (Fundación Orange, s.d.-b) és un projecte de la Fundació Orange en col·laboració amb la fundació Empieza por Educar dirigit als joves en situació de vulnerabilitat per potenciar les seves competències digitals i augmentar la seva motivació cap a l'aprenentatge. Apropen la innovació més capdavantera a aquells que més ho necessiten i integrant el moviment *maker* i nous models d'aprenentatge per fer créixer i millorar les seves capacitats.

Cada any hi ha una convocatòria en la que poden participar tot tipus de centres educatius que treballi en cursos formatius que portin a obtenir una acreditació oficial professionalitzant o acadèmica. El currículum està compost per activitats de diferent naturalesa, que s'articulen conjuntament per conformar una proposta de possible canvi metodològic que, fonamentant-se en la filosofia *maker* i a través de l'aprenentatge basat en projectes, impulsi els centres i entitats participants cap a una motivació més gran de l'alumnat i millora de les seves competències. Aquestes activitats persegueixen posar l'alumnat al centre del procés d'ensenyament-aprenentatge, com a persona creadora, que també aprengui fent per ell mateix i en equip.

A destacar: ofereix formació pels alumnes i també pel professorat, es centra especialment en les metodologies del pensament de disseny i de l'aprenentatge basat en projectes. La

convocatòria i selecció de centres es basa sobretot en aquells que tenen alumnes en situació de vulnerabilitat, risc d'exclusió social o abandonament escolar.

DIYLab

Do it yourself in Education: Expanding Digital Competence to Foster Student Agency and Collaborative Learning (DiyLab, 2016a) és un projecte en que participaven institucions educatives d'Espanya, Finlàndia i República Txeca, finançat pel Programa d'Aprenentatge Permanent de la Comissió Europea. Entre 2014 i 2016 es va dedicar a analitzar, els currículums dels diferents països i escoles o universitats, i fent grups focals amb estudiants, professors i pares, per veure on podia encaixar la filosofia *maker* en el seu treball diari. Durant el segon any del projecte, cada escola i universitat va realitzar una implementació pilot amb un grup d'estudiants, i es va acabar el projecte valorant la implantació i proposant millores per al desenvolupament futur, així com una avaluació socioeconòmica que destacava els avantatges, costos i riscos de l'enfocament DIY en l'educació a primària, secundària i superior.

A destacar: de l'informe final d'avaluació se'n desprenen varies conclusions interessants:

- Hi ha discrepàncies quan es parla de materials de codi obert, perquè es veuen alhora com un fons de coneixement i una drecera potencial, que permet obtenir un resultat sense fer la feina.
- L'aprenentatge autònom s'ha convertit en part integrant de les activitats que es duen a terme als centres de primària i secundària participants en el projecte. Tanmateix, quan parlem d'aprenentatge DIY o *maker* veiem que no es considera exactament el mateix. El DIY implica més llibertat i elecció, i menys estructura. Diferenciar entre la idea de tenir una autonomia total en el teu aprenentatge i el concepte d'esdevenir un ciutadà actiu i igualitari dins d'una comunitat d'aprenentatge pot ser un punt de partida productiu a l'hora de dissenyar els espais d'aprenentatge *maker*.
- La connectivitat com una manera de viure i aprendre: els joves utilitzen les tecnologies per mantenir-se comunicant-se i expressant-se. L'informe del projecte dibuixa una imatge de joves que comparteixen i aprenen constantment amb els altres.
- Ensenyament i aprenentatge autònom: Els professors van reconèixer que el model podria "alliberar" el seu temps i permetre distribuir la seva atenció en funció de qui més ho necessita a l'aula.

MIT Edgerton Center

El centre Edgerton adscrit al MIT, té tot un equip dedicat al projecte Makerlab K-12 (MIT Edgerton Center, s.d.), per ajudar els educadors de les aules de primària i secundària a crear i oferir experiències *maker* divertides i enriquidores a tots els seus estudiants, independentment de la matèria que ensenyin. Ofereixen activitats d'introducció gratuïtes amb tutorials pas a pas, materials de referència gratuïts per utilitzar les eines comunes i implementar espais *maker* segurs i eficaços. També ofereixen tallers de formació per a professors i altres educadors d'ensenyaments K-12.

A destacar: Empren una metodologia iterativa similar al procés del pensament de disseny, en la que els professors **defineixen** l'estàndard de contingut o l'habilitat que voleu que demostrin els vostres estudiants amb aquest projecte. A continuació, fan recerca per **descobrir** altres projectes que poden servir d'inspiració. **Dissenyen** algunes idees de projectes amb una pluja d'idees creativa i **trien** una idea prometedora per explorar. Posteriorment es **planifica** el treball del projecte dels estudiants. De la mateixa manera que el professor està aprenent, explorant i fent una pluja d'idees abans de crear un pla de lliçons, els estudiants també utilitzaran aquestes pràctiques mentre treballen amb els seus projectes.

En la segona part del cicle, es **presenta** el pla als estudiants i se'ls acompanya en el procés de disseny. El repte aquí és facilitar l'ús de pràctiques i estratègies que donin als alumnes l'orientació que necessiten alhora que els permeten fer-se càrrec del seu aprenentatge. **Compartir** els productes del treball dels alumnes amb un públic més enllà de l'aula, ajudant-los a crear confiança i a establir connexions valuoses entre l'escola i el món exterior. Finalment, un bon cicle de disseny es construeix a temps perquè el dissenyador **reflexioni** sobre què ha anat bé i què no hi ha anat.

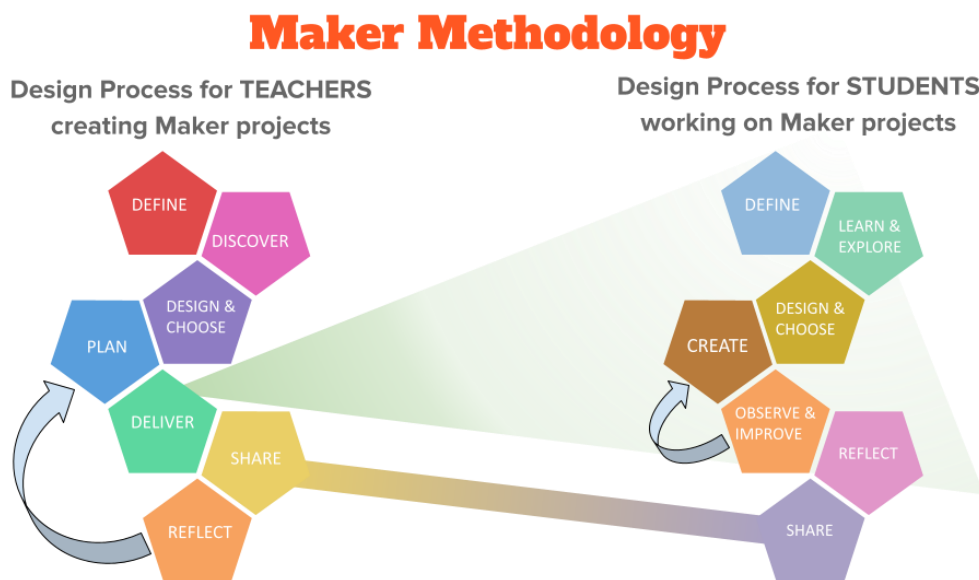


Fig. 5: Infografia de la metodologia utilitzada al programa Makerlab K-12 del MIT Edgerton Center

Fab Lab Schools EU

Towards Digital Smart, Entrepreneurial i Innovative Pupils (European Commission, s.d.-a): programa de 2 anys (de 2016 a 2018) en el que quatre països membres de la UE (Itàlia, Dinamarca, Espanya i Holanda) uneixen forces per desenvolupar uns principis metodològics comuns que donin suport a la fabricació digital en l'àmbit de primària i secundària. Es van posar en pràctica a les aules i se'n van extreure una sèrie de conclusions, que es van traslladar a un manual de bones pràctiques, un recull de principis metodològics i una llista de recomanacions per desenvolupar polítiques d'educació.

A destacar:

- *Es destaca que la infraestructura i eines del Fab Lab no són crucials en la fase inicial on l'adaptació d'un enfocament basat en el disseny de l'ensenyament i l'aprenentatge és més important.*
- Les tecnologies i el pensament del disseny al Fab Lab van més enllà de les assignatures tècniques clàssiques i es poden integrar en una àmplia gamma d'assignatures i/o combinacions d'assignatures.
- El *design thinking* es pot implementar com un enfocament adaptable a qualsevol classe i a qualsevol assignatura. La metodologia s'ha d'introduir no com una càrrega addicional per aprendre, sinó com una cosa complementària als enfocaments pedagògics coneguts.

Breakers. Fab Labs Socials

Una altra iniciativa de la fundació Orange (Fundación Orange, s.d.-a). Un programa formatiu adreçat a joves en situació de vulnerabilitat en què s'estimula l'aprenentatge d'habilitats tècniques de disseny, prototipat electrònic o fabricació digital, juntament amb altres competències transversals com el treball en equip i la presentació de les idees pròpies. El programa *Breakers* ofereix dos tipus de formació: formació adreçada a joves i formació per a formadors, a través d'un conjunt de Fab Labs de l'estat que pertanyen a la xarxa FabLabs.io (The Fab Foundation, s.d.-a).

A destacar:

- Metodologia basada en el paradigma del Design Based Research (DBR). El DBR és un enfocament sistemàtic i flexible que té com a finalitat millorar les pràctiques educatives a través de l'anàlisi reiterativa del disseny de programes i de la implementació. En essència és una variant del *design thinking*.
- El desenvolupament de competències transversals, en el sentit de sabers complexos, integrats, multi i transdisciplinaris que es puguin transferir d'un context a un altre i que permetin prendre decisions i solucionar problemes complexos.

CMASS iSPACE de la CMA Secondary Higschool

Aquest Fab Lab està ubicat en una escola secundària de Hong Kong. Ofereix tallers i programes educatius en disseny, impressió 3D, robòtica i altres tecnologies de fabricació digital per als estudiants i els professors. L'equip de robòtica de l'institut CMASS ajuda en la gestió del Fab Lab. A més, el Fab Lab també col·labora amb altres escoles de la comunitat per desenvolupar projectes. L'espai iSPACE dona servei a tota l'escola, des de la comunitat d'estudiants de primària fins a estudiants de secundària. Forma part de la xarxa FabLabs.io

A destacar: L'espai del Fab Lab és gestionat íntegrament per alumnes de l'institut.

Resultats

Evidentment, en aquest treball no podem ni pretenem recollir totes les propostes educatives relacionades amb la fabricació digital, ja que en els últims anys han augmentat de forma exponencial i han penetrat en moltes institucions i àmbits de la societat. Per acabar amb l'anàlisi, presenten un breu resum o classificació general de les propostes que es poden trobar relacionades amb el món de l'educació:

- **Espais de fabricació digital instal·lats en centres de primària i secundària:** La majoria d'aquests casos implementen espais *maker* però sense arribar a ser Fab Labs, degut a la falta de recursos: manca infraestructura o el professorat no està suficientment format. Per suplir aquesta mancança, tenim molts projectes d'escoles i instituts que, amb col·laboració amb Fab Labs locals, aprofiten la infraestructura i els coneixements dels equips del Fab Lab per programar activitats curriculars de fabricació digital. En els últims anys s'han donat moltes d'aquestes col·laboracions, per exemple, el Fab Lab de les Terres de l'Ebre (Ajuntament d'Amposta, s.d.) programa juntament amb l'Ajuntament i el Departament d'Educació activitats de *Design Thinking* i disseny i impressió 3D per a l'alumnat dels centres de primària i secundària de les Terres de l'Ebre. Un altre exemple el tenim amb el programa Magnet (Escola Rocafonda, s.d.), que es desenvolupa a l'Escola Rocafonda en aliança amb el TecnoCampus Mataró, amb l'objectiu de generar situacions d'aprenentatge que comportin indagació a través de 'Fer-pensar-comunicar'.

Aquests i molts altres centres treballen de manera innovadora en aquests espais, apostant per les metodologies ABP i d'aprenentatge amb sentit i amb objectius com els de millorar l'aprenentatge en els àmbits STEAM. Integren la fabricació digital en el currículum però tot i això estan lluny encara de que els espais puguin funcionar com un Fab Lab. La gestió no es correspon al centre educatiu, no hi ha continuïtat, no hi ha programes de formació pel professorat, i molts cops falla també la xarxa de col·laboració, que és primordial en el món dels Fab Labs.

- **Programes finançats amb fons públics o fundacions:** normalment amb esperit divulgatiu i una marcada component social, ofereixen projectes de caràcter temporal, amb l'objectiu de democratitzar la fabricació digital i acostar-la als sectors més desfavorits. També trobem els projectes dedicats a la recerca educativa, que busquen millorar les pràctiques i metodologies emprades en l'aprenentatge a través de la fabricació digital.
- **Espais de fabricació digital gestionats per biblioteques, universitats i altres entitats de caràcter local i gestió pública:** La majoria d'aquests espais ofereixen cursos i tallers pels centres educatius o a qualsevol persona que vulgui formar part de la comunitat, també molt orientats a donar oportunitats formatives al professorat. L'accés és bastant limitat fora dels cursos i les activitats programades.
- **Iniciatives properes a l'esperit *maker*:** Moltes vegades comparteixen només alguna característica amb els Fab Labs, per exemple el treball col·laboratiu, aprenentatge basat en la indagació, la vessant social o la promoció de l'*open source*. Normalment sense currículum ni metodologies concretes, practiquen l'aprenentatge exploratiu i no dirigit.

- **Iniciatives privades:** a part dels interessos educatius, molts cops el seu objectiu és treure rendiment econòmic dels projectes. Ofereixen serveis de consultoria educativa i posen a l'abast dels centres la infraestructura necessària i el personal qualificat per poder implementar projectes basats en la fabricació digital. També es centren en la capacitat del professorat.
- **Fab Labs mòbils o itinerants:** Degut a la seva naturalesa, són propostes molt concretes en quant a recursos, temps i difusió. Són un bon punt de partida per conèixer les bondats del món *maker* i les possibilitats pedagògiques de la fabricació digital, sobretot pels centres o entitats que no poden invertir en un Fab Lab propi.

També hem pogut apreciar que moltes de les propostes aposten per les metodologies ABP, pensament de disseny i aprenentatge basat en la indagació. Una tendència que apreciem en molts casos, i ja havíem nombrat a la justificació de la proposta, és la millora de l'aprenentatge en l'àmbit STEM a través dels espais de fabricació digital.

6.2 Programa FAIG i l'espai FAIGLab

Com ja hem comentat en la introducció i enumerat en els objectius, tenim intenció d'analitzar el contingut del programa per valorar si pot resultar una bona opció per implementar un espai de fabricació digital en l'entorn educatiu, i comprovar si en el seu plantejament s'han seguit les tendències observades en els projectes implementats fins al moment.

El programa FAIG està impulsat i gestionat per la Direcció General d'Innovació, Digitalització, Currículum i Llengües, mitjançant el Centre de Recursos Pedagògics Específics de Suport a la Innovació i a la Recerca Educativa (CESIRE), i tindrà una durada de 4 o 5 cursos, segons l'itinerari seguit. L'itinerari de 5 cursos té una fase prèvia de diagnòstic i personalització del programa. Tot i això, la intenció és que durant tot el que duri el programa es proporcioni acompanyament, formació pedagògica i capacitat tecnològica als centres adherits. Es preveu que al final del programa el centre pugui continuar amb el model d'aprenentatge que s'haurà implementat de forma independent.

Els seus objectius s'emmarquen en tres àmbits: metodologies, organització i relació amb l'entorn. En aquest sentit, el programa proposa consolidar l'aprenentatge per projectes com a cultura de centre, crear i utilitzar l'espai FAIGLab (un Fab Lab) com a recurs per l'aprenentatge, i generar una comunitat de creació i aprenentatge actiu que impacti en l'entorn local.

Metodologies i tipus d'aprenentatge

El programa farà ús de metodologies actives perquè a través de les quals l'alumnat pugui fer sentir la seva veu. L'espai *maker* del FAIG basa el seu funcionament en les grans idees del construccionisme (Papert, 1999). Concretament, el programa proposa consolidar l'aprenentatge basat en projectes (ABP) com a cultura de centre. També vol impulsar les metodologies d'observació entre iguals i codocència per la millora de les pràctiques d'aprenentatge.

A més, FAIG també aposta per l'aprenentatge amb sentit, aquell que connecta amb la vida dels aprenents i amb la resolució de problemes del món real, vinculats amb les persones i el planeta, pensant a nivell global però actuant a nivell local. Aquest aprenentatge esdevé significatiu, perdurable i transferible a altres contextos i situacions. Es pretén desenvolupar les competències necessàries per comprendre la realitat de manera global, poder prendre decisions i actuar en conseqüència. Perquè els alumnes esdevinguin persones crítiques, participatives i transformadores del seu entorn.

Equipament

L'espai dissenyat al centre Acompanyament per a la diagnosi i la personalització del programa comptarà amb un mínim de 50 metres quadrats, amb llibertat per fer-hi canvis. Les eines subministrades seran: equipament digital per fer el disseny, plòter de tall, talladora làser, brodadora digital, impressores i escàner 3D, plaques d'electrònica i robòtica, i diverses eines per la producció audiovisual.

Reptes i oportunitats

Així doncs, en introduir el projecte FAIG als centres no s'està desafiant la política actual del nostre sistema educatiu, sinó que s'intenta desenvolupar una manera eficaç i sostenible de donar-hi suport, mitjançant el desenvolupament innovador d'espais dinàmics i col·laboratius d'aprenentatge *maker*.

El programa implementa les pràctiques *maker* en l'entorn educatiu sota els punts de vista en que ho han anat fent els diversos projectes que s'han desenvolupat arreu del món en els últims anys: basant-se amb la filosofia del construccionisme, buscant l'aprendre fent i l'aprenentatge amb sentit, i utilitzant metodologies actives com l'ABP, l'aprenentatge entre iguals i el procés iteratiu amb pràctica reflexiva del mètode científic.

Tot i aquesta tendència, també hi ha unanimitat en que les activitats al Fab Lab encara no estan integrades de forma eficaç als currículums (Blikstein et al., 2020). Es continua parlant de la dificultat d'emplaçar l'ús del pensament divergent per la resolució de problemes i activitats en la docència, degut a la naturalesa dels objectius i criteris d'avaluació.

Tot i això, no es perd l'esperança en encaixar tot aquesta metodologia en el currículum, i bona mostra d'això es manifesta en aquesta iniciativa.

7. Proposta

La nostra proposta ofereix una sèrie pautes, eines i altres recursos pedagògics per guiar el professorat a través d'un procés de canvi. Es basa en tenir una visió clara del futur de l'aula Fab Lab amb la intenció d'adoptar enfocaments pedagògics innovadors.

Intentarem donar una guia de caire metodològic, estructurada en 5 punts, perquè el professorat la pugui utilitzar en el seu centre educatiu, i que li permeti crear un escenari adequat per l'aprenentatge i les activitats corresponents que aportin innovació a l'aula Fab Lab i permetin desenvolupar les competències del segle XXI als aprenents.

En aquest aspecte, hem seguit les directrius del FCL (Future Classroom Lab) per construir espais de fabricació innovadors (Attewell, 2019; Burton & Attewell, 2020), i també en les "8 grans idees darrere del Laboratori Construcccionista d'Aprenentatge" (Papert, 1999). També hem utilitzat les conclusions del programa Fab Lab School EU (R. Smith, 2018), respecte a les metodologies a utilitzar en entorns educatius de fabricació digital.

A la vegada, la proposta pretén generar un entorn de formació que permeti reforçar en el professorat un conjunt d'actituds i sabers necessaris per exercir de facilitador en el procés d'ensenyament-aprenentatge al Fab Lab. Per aconseguir-ho, ens hem basat en el marc de treball definit en l'estudi *Educating the Reflective Educator* (Hjorth et al., 2016), on es demostra que una combinació de la teoria del disseny, la pràctica a l'escola i l'aprenentatge entre iguals permet al professorat adquirir les competències bàsiques per portar el disseny i la fabricació digital als estudiants de primària i secundària.

Per concloure la proposta, volem complementar-la amb una llista de requisits que al nostre parer qualsevol Fab Lab en un centre educatiu hauria de complir. L'hem anomenat 'Els *must have* del Fab Lab en un entorn educatiu.

A qui va dirigida la proposta

Com ja s'ha mencionat, aquesta guia va dirigida a tot el professorat que en els propers anys s'haurà d'enfrontar al repte de crear o adaptar espais de l'entorn educatiu per treballar amb la fabricació digital i el *making*.

La proposta es podria adaptar a diferents necessitats i contextos i utilitzar-lo per les parts interessades que volen introduir la innovació mitjançant una aula Fab Lab, ja sigui en un curs determinat o en tot un centre.

En el nostre cas particular, també podem proporcionar una base per tal de poder concursar per participar en el programa FAIG (CESIRE, s.d.) que des d'Ensenyament es vol desplegar pel proper curs.

7.1 Metodologia

Aquesta proposta didàctica, com hem dit, vol ser un recull metodològic basat en gran part amb el pensament de disseny o *design thinking*, i en el seu model de procés de disseny de les tecnologies digitals a l'educació (Charlotte Smit, 2018), contextualitzat i sense perdre de vista que el seu objectiu és l'adquisició de les habilitats del segle XXI.

El model de procés del pensament de disseny

L'enfocament en el pensament i el procés de disseny sorgeix com a resposta en diversos estudis (R. C. Smith et al., 2015) que observaven la fabricació digital a les escoles i l'enfocament predominant en l'educació STEM. El model circular en que es basa el pensament de disseny il·lustra el disseny del producte com un procés iteratiu, ja que qualsevol dels resultats del disseny condueixen eventualment a nous coneixements, nous enfocaments, o almenys noves preguntes que s'han de respondre. Les iteracions es produeixen dintre i entre cadascuna de les activitats de cada fase. L'experiència va creixent fins que els estudiants utilitzen el model com a marc per navegar en el seu projecte de disseny.

El model dona protagonisme als alumnes durant tot el procés. D'una banda, permet una interacció contínua entre el pensament divergent i convergent, que obliga els alumnes a obrir les possibilitats de disseny i adoptar noves perspectives, per posteriorment descartar idees i aspectes per arribar a una solució significativa. Aquest desenvolupament demana un gran compromís i nivell de col·laboració.

D'altra banda, incorpora l'argumentació i la reflexió perquè amb cada iteració els estudiants desenvolupin la crítica reflexiva cap a la tecnologia i el disseny. El model no descriu accions específiques, només indica com es desenvolupa el procés de disseny. D'aquesta manera ajuda als aprenents a tenir en compte el seu propi procés, de quina manera col·labora i com tria les diferents eleccions, enlloc de centrar-se només en el resultat.

Aquesta manera d'enfocar el disseny i la ús de la tecnologia a l'educació aborda la manera com permetem als alumnes i als docents desenvolupar una comprensió crítica i matisada sobre les tecnologies digitals i de fabricació, i com adquireixen les habilitats i competències per involucrar-se en la societat futura.

Així doncs, el model ampliat del pensament de disseny que utilitzem per desenvolupar-nos en la fabricació digital conté sis estadis principals, i cadascun inclouria diverses activitats:

- 1) L'**informe de disseny**, per plantejar un repte o problema del món real
- 2) L'**estudi de camp**, per explorar i investigar el context, els usuaris potencials, i els coneixements que tenim sobre el tema
- 3) La **ideació**, per desenvolupar idees de forma creativa, utilitzant tècniques i materials diversos.
- 4) La **fabricació**, per construir el prototip o maqueta utilitzant les tecnologies de fabricació digital i els recursos analògics.

- 5) L'**argumentació**, per provar els conceptes o productes resultats del disseny i reflexionar sobre els arguments utilitzats en el disseny .
- 6) La **reflexió**, per recapitular sobre el resultat de l'aprenentatge o competència adquirida durant tot el procés de disseny.

Aquest model parteix dels altres models genèrics de procés de disseny, però integra diverses dimensions o estadis que són clau pel context educatiu, com ara els estudis de camp per indagar sobre problemes de la vida real; i la part d'argumentació i reflexió, per desenvolupar les habilitats reflexives dels alumnes.

7.2 Proposta didàctica

1. Identificació de grups d'interès i tendències
2. Modelatge i creació d'un escenari d'aula Fab Lab
3. Disseny d'activitats d'aprenentatge innovadores
4. Avaluació
5. Compromís professional

7.2.1 Identificació de grups d'interès i tendències

Per començar amb la creació de l'aula Fab Lab s'ha de fer pensant en com evolucionarà el sistema educatiu, i l'ensenyament en general, i s'ha de fer amb la participació de les parts interessades. Quan s'incorpora la innovació a un centre educatiu, és molt important tenir en compte diferents punts de vista. Aquestes parts interessades inclouen professorat del departament de tecnologia, professorat d'altres àmbits, i altres membres del personal de centre, com ara de la coordinació TIC, de la coordinació de Competències Bàsiques o de la comissió de Diversitat.

La innovació en un centre comença moltes vegades com una iniciativa d'un o més professors o professores. En el cas que ens ocupa, aquesta proposta té com objectiu augmentar el procés d'innovació mitjançant la participació d'un conjunt ampli de les parts interessades.

Les escoles i instituts reflecteixen els canvis de la societat, i les empreses busquen joves amb habilitats que en el passat eren menys apreciades, com ara el treball en equip o la capacitat de resoldre problemes del món real. La manera en que els joves aprenen també ha canviat: l'aprenentatge ja no es limita a les hores que passen sota la supervisió d'un professor. Aquests canvis en la societat és al que ens referim quan parlem de tendències. Poden ser reptes i oportunitats, com ara l'augment dels dispositius mòbils que posseeixen els estudiants, tendències de caire social com la migració, o econòmiques com el finançament per determinats programes o retallades.

Així doncs, en aquesta part es proporcionarà l'orientació per identificar i treballar amb els grups d'interès, i com treballarem amb els integrants d'aquests grups per identificar les tendències més importants. Aquestes tendències es converteixen en elements bàsics per acostar-nos a un model d'aula Fab Lab amb garanties de respondre a les futures necessitats.

Pas 1 : Identificar els grups d'interès

És molt important integrar el màxim d'àmbits en el procés d'aprenentatge, i això ho aconseguim si a les persones que formen part d'aquests àmbits els donem un sentiment de propietat del procés d'innovació. Totes les figures que anomenem a continuació han de tenir un paper important, en menor o major grau depenent de l'entorn on ens moguem:

- Professors i professores: els que tenen més pes en el procés i el paper més difícil. A més d'interactuar amb l'alumnat i posar en pràctica el currículum, han d'acomplir les prioritats de la direcció del centre i també tenir contentes a les famílies, que volen la millor educació per les seves filles i fills. Malgrat tots aquests reptes, sovint un grup molt petit del professorat és el responsable de la innovació al centre. Hem d'aconseguir fer partícips del procés d'innovació a màxim de professors possible, ja siguin de l'àmbit científicotecnològic com de la resta d'àmbits
- Estudiants: els tindrem a favor quan els plantegem un aprenentatge contextualitzat en el món real, en el seu món. Molts volen ser partícips de com s'organitza el seu aprenentatge i també bona part estan a favor d'utilitzar les tecnologies amb les quals han crescut.
- Pares i mares: Volen que els seus fills i filles prosperin i trobin el seu lloc a la vida real. A la vegada, però, també són exigents amb els resultats acadèmics i moltes vegades poden no donar importància a un bon aprenentatge si aquest no es reflecteix en el currículum.
- La coordinació TIC: indispensables en la gestió i la promoció de l'ús de la tecnologia al centre. Aquesta gestió es cada cop més complexa i requereix de bons coneixements i formació.
- La direcció del centre: sovint centrada en generar bons resultats de cara a les inspeccions, oblida les inversions en innovació
- Les empreses locals: volen que els estudiants estiguin preparats pels seus llocs de treball. Normalment les habilitats del segle XXI arriben abans a l'empresa que al sistema educatiu: la competència digital, el treball en equip o la creativitat.

Pas 2: Creació de l'equip d'innovació

Per liderar i fer el seguiment de tot el procés d'innovació hem de crear un grup motor. El programa FAIG especifica en un dels seus compromisos a complir que s'ha de crear un grup motor de 5 professors com a mínim, i un d'ells ha de pertànyer a l'equip directiu. Aquest número ens sembla una bona recomanació; a més, s'ha d'intentar formar un grup motor tant transversal com sigui possible, implicant en aquest grup professorat de tots els àmbits possibles, sobretot dels STEAM. A part dels representats pedagògics (professorat) i de l'equip directiu, el grup motor s'haurà d'acostar als altres actors que hem esmentat quan hem identificat els grups d'interès.

A l'Annex: 'Guia 1. Activitats Passos 1 i 2', proposem una sèrie d'activitats com a complement dels passos 1 i 2.

Pas 3: Identificació i selecció de tendències

En aquest punt ens encarregarem d'identificar tendències rellevants en l'educació, la tecnologia i la societat en general, que ens ajudaran a definir un futur escenari d'aula.

Una tendència és un canvi en un sistema que és provable que creixi en importància i acabi influint en el funcionament del sistema. Intentarem identificar aquelles tendències que tinguin

un impacte potencial, encara que sigui a llarg termini, i que es puguin considerar més importants per les parts identificades en el primer pas.

Intentarem implicar els diferents grups d'interès en el procés d'identificació de tendències. Les parts implicades podem observar els canvis en la societat i en l'ensenyament, però també s'han de consultar recursos sobre noves tendències.

Hem afegit l'annex: 'Guia 1. Tendències', amb diversos recursos per identificar tendències globals.

7.2.2 Modelatge i creació d'un escenari d'aula Fab Lab

Volem dissenyar un escenari d'aula per ajudar al centre a evolucionar i respondre de manera proactiva a les tendències de la societat, l'educació i la tecnologia. Aquest disseny necessita un grup de persones, el que hem anomenat 'grup motor' que ha de formar part dels diferents grups d'interès. Tothom que participi en el desenvolupament de l'escenari hauria d'aportar la seva opinió sobre les tendències actuals i com hi hauria de respondre la pràctica educativa.

En aquesta part de la proposta, volem posar de manifest la visió que tenim de l'aula on implementarem el Fab Lab. La implementació d'entorns d'aprenentatge basats en el *making* sembla que és més efectiva si va acompanyada per un acció docent que es basi en el disseny d'entorns d'aprenentatge i en la facilitació d'experiències creatives (Blikstein, 2013; Tesconi, 2018). Al mateix temps, el disseny de l'entorn busca el desenvolupament del docent com a facilitador d'aprenentatges basats en l'experiència, i els situa en un context beneficiat per les eines de fabricació digital i prototipat ràpid (Tesconi et al., 2017) .

Pas 1. Autoavaluació

El punt de partida del procés de desenvolupament d'escenaris serà l'**autoavaluació** del nivell actual de pràctiques docents innovadores i d'integració de les TIC del centre.

Hem elaborat un model amb quatre dimensions corresponents als elements clau en joc a l'aula Fab Lab: alumnat, professorat, avaluació i capacitat d'innovació i recursos tecnològics del centre. Hi ha 5 nivells d'assoliment per a cada dimensió.

Farem servir les taules de l'annex: 'Guia 2. Avaluació de l'estat de la nostra aula Fab Lab' com a eina d'autoavaluació, per ubicar el grau d'innovació del nostre centre.

Pas 2. Elaboració de l'escenari

En aquest punt ja hauríem de tenir els requisits principals per definir l'escenari:

- Identificar les tendències rellevants
- Identificar el context escolar i nivell d'innovació del centre
- Crear l'equip d'innovació o grup motor

En aquest punt hem de redactar un escenari que respongui a les tendències identificades, i que ajudi al centre a millorar el seu nivell d'innovació. Es tracta de descriure de manera ampla les idees on s'emmarcarà el Fab Lab, més endavant ja es definirà la programació i les activitats concretes. De cada escenari plantejat, en sortiran una o varies propostes d'activitats.

Exemples d'escenaris que es poden plantejar:

- Quins són els principals reptes en la lluita contra el canvi climàtic?
- Com podem actuar davant la crisi energètica?
- Com incidir en les causes dels conflictes armats?

A l'annex: 'Guia 2. Escenari d'Aula' es presenta una plantilla que ens ajudarà en la redacció d'un escenari d'aula Fab Lab.

Pas 3. Habilitats que es volen desenvolupar

Afegim a la proposta una introducció en les habilitats i competències transversals del segle XXI. Són competències que qualsevol estudiant necessita per desenvolupar-se com a ciutadà, i que el currículum de secundària del nostre país té en compte.

- **El pensament crític**, que consisteix a afrontar el món amb una visió enfocada a resoldre problemes, analitzar, avaluar i aclarir preguntes.
- **Comunicació i col·laboració**: comunicació per expressar idees, utilitzar diferents plataformes i aplicar diferents maneres d'expressar-se. La col·laboració per participar de la mateixa manera en diferents tipus de processos, a la rendició de comptes i a ser obert a noves maneres de treballar en equip.
- **La creativitat i la innovació**, que relacionem amb les habilitats per crear, innovar i ser diligent. Aprendre de les pròpies experiències i veure-hi oportunitats.
- **La resolució de problemes complexos**, que relacionem amb les habilitats utilitzades per resoldre problemes nous en entorns del món real.
- **El domini de la tecnologia**, utilitzant tecnologies conegudes en noves àrees i, en general, utilitzar la tecnologia per augmentar les teves possibilitats d'acció.
- **La ciutadania digital**, centrada en millorar la capacitat de les persones com a ciutadans en una societat tecnològica cada cop més connectada.

Com veurem més endavant, amb el disseny d'activitats de la nostra proposta, proposem el procés de disseny com a eina pedagògica per adquirir totes aquestes competències. Gairebé en la seva totalitat, aquestes competències s'inclouen com a competències dels àmbits transversals (àmbit digital, àmbit personal i social) que defineix el currículum de secundària (Generalitat de Catalunya, 2015)(Generalitat de Catalunya, 2022).

7.2.3 Disseny d'activitats d'aprenentatge innovadores

Tal com descriuen Smith, Iversen i Hjorth (R. C. Smith et al., 2015), l'adquisició d'estratègies i diferents tècniques per la construcció d'activitats i projectes contribueix a generar una comprensió més profunda, en qui construeix l'activitat, de la complexitat que es desprèn del procés de disseny i fabricació d'artefactes. D'aquesta manera, a través del *design thinking* el professorat adquirirà també les competències en la fabricació digital a la vegada que fa el disseny de les activitats pels alumnes o aprenents.

Una de les claus per aconseguir activitats motivadores i una de les bases del "aprendre fent" i del Fab Lab Chart és interconnectar el currículum amb temes actuals i rellevants, o problemes dels ciutadans relacionats amb la vida a la ciutat i al territori:

- Ajudar els alumnes a analitzar la ciutat on viuen.
- Una ciutat participativa, compromesa i solitària, on la innovació i la tecnologia siguin eines per garantir una vida millor als ciutadans.
- Sensibilitzar els joves sobre el paper que ciutats com la seva es poden veure com un referent per altres ciutats del món.
- Fomentar la ciutadania responsable.

A l'hora de dissenyar les activitats, hem de donar als estudiants l'oportunitat de ser creatius, de ser autèntics i independents en la seva presa de decisions i pensament, i que puguin fer allò que els agrada fer fora de l'escola, així podem arribar a aconseguir:

- Que els alumnes adquireixin autonomia.
- Que els alumnes apliquin la seva creativitat, els seus coneixements i habilitats prèvies.
- Que creïn solucions respectuoses amb el medi ambient.
- Crear l'ambient adequat per al desenvolupament d'idees i resultats creatius.
- Situar els interessos dels alumnes a l'entorn escolar.
- Fomentar la innovació.

Totes aquestes observacions encaixen en l'enfocament que el pensament de disseny fa sobre el disseny d'activitats d'aprenentatge (R. Smith, 2018). **Si seguim el model del pensament de disseny, podem tenir en compte cadascuna de les seves fases per fer el disseny del projecte o l'activitat:**

Informe de disseny

Hem d'explorar el repte del disseny de l'activitat, i hem d'abastar el màxim de possibilitats. S'ha de planificar el procés de disseny, els rols, els recursos i els possibles inconvenients. Per anar bé, s'hauria de poder concretar el repte de disseny a un conjunt de preguntes o àrees d'exploració.

Pedagogia:

- Planificar el temps necessari per aquest procés perquè l'alumnat entengui la complexitat de la fase.

- Determinar les funcions que tindran els estudiants en l'activitat, els requisits de coneixements de les diferents assignatures o àmbits, les expectatives i els terminis d'execució.
- Aclarir conceptes per tal que tothom tingui el mateix punt de partida a l'hora d'afrontar les tasques.
- S'ha de revisar periòdicament el cercle del procés de disseny per tal que els alumnes tinguin la formació per crear les millors solucions possibles.
- Utilitzar diferents materials i enfocaments perquè els alumnes es familiaritzin amb les eines tant analògiques com digitals en cada fase.
- Al llarg de tot el camí, s'ha d'entrenar i millorar l'aprenentatge col·laboratiu, de manera que aflorin les diferents competències i coneixements dels alumnes.
- Entrenar mètodes d'aprenentatge col·laboratiu al llarg del camí, de manera que es posin en joc les diferents competències i coneixements dels alumnes. Fomentar l'aprenentatge entre iguals: professor – professor, professor – alumne, i alumne – alumne.
- Ensenyar als alumnes a preguntar, practicar la reflexió crítica i la justificació a través de documentació

Estudi de camp

La clau està en entendre el context de l'activitat: quins són els usuaris i quines són les seves necessitats. Investigar diferents fonts de dades sobre els subjectes de l'activitat. Observar el comportament de la gent involucrada, fer-li preguntes, buscar reptes que siguin rellevants pel repte de disseny.

Pedagogia:

- Es poden fer servir diferents mètodes per aconseguir dades per l'estudi de camp: entrevistes, 'safaris' fotogràfics, enquestes, etc.
- S'ha de crear un entorn de col·laboració on tothom pugui apreciar la vàlua d'utilitzar l'experiència i coneixements personals del altres.
- S'ha d'acceptar la possibilitat de treballar amb possibles prejudicis.
- Capacitar a l'alumnat pel tractament de dades empíriques perquè siguin capaços d'aplicar els coneixements d'aquesta fase en la creació d'idees.
- Desafiar als estudiants a sortir de la seva zona de confort.

Ideació

En aquesta fase és important crear moltes idees utilitzant els coneixements que ens han proporcionat l'informe de disseny i l'estudi de camp. Fer-ho de manera creativa, fent servir diversos materials i eines per plasmar les idees. Al final s'ha de fer una tria sistemàtica de les idees que millor s'adaptin al disseny.

Pedagogia:

- Utilitzar diferents materials i mètodes per generar idees: paper, plastilina, LEGO, imatges, ...

- Proporcionar als estudiants les eines per poder donar i rebre comentaris constructius sobre les seves aportacions
- Es pot fixar un número màxim d'idees, però és important que se'n creïn moltes per poder escollir.
- Realitzar exercicis específics per entrenar el pensament divergent i convergent.
- Entrenar els alumnes per presentar les seves idees davant de diferents públics, treballant formes de comunicació diverses.
- Crear un entorn on una part dels alumnes construeixin les idees i una altra part les faci visibles per tota la classe. Aquest entorn ha de permetre la creació d'idees "esbojarrades".

Fabricació

En aquesta fase es plasmen idees i conceptes en el producte, en forma de prototips o maquetes. Ens interessa treballar de manera creativa i explorar a través de les diferents tecnologies de fabricació. Representar els prototips de diverses maneres mentre es fan ajustos de manera contínua.

Pedagogia:

- Donar a l'alumnat uns coneixements bàsics de les diferents tecnologies de fabricació digital. També de les seves limitacions. D'aquesta manera, seran capaços de prendre decisions qualificades durant la fabricació.
- Assegurar que tothom sap quin rol té en el grup i les habilitats bàsiques per exercir-lo.
- Realitzar maquetes a l'inici del procés, permetent a l'alumnat fer ajustos abans de la fabricació final.
- Donar valor a l'experimentació amb totes les eines, tant les analògiques com les digitals.
- Fer entendre als estudiants que hi pot haver diverses solucions al disseny i que totes poden ser vàlides.

Argumentació

Ara toca jutjar la qualitat del procés i del producte, i connectar el disseny plantejat, l'enfocament dels alumnes i el resultat final. S'ha d'avaluar el resultat del disseny amb els usuaris i les parts interessades. S'han d'argumentar punts forts i punts febles a partir de les decisions preses durant el procés.

Pedagogia:

- Assegurar que tot alumne té un paper en la fase d'argumentació
- Els estudiants hauran d'haver adquirit uns coneixements mínims de les diferents tecnologies per poder argumentar la solució elegida.
- Proporcionar eines que facilitin la retroalimentació constructiva.
- Crear un entorn d'aprenentatge de principi a fi, on hi hagi seguretat i respecte mutu, i es doni valor a la diversitat d'opinions i maneres de fer.
- Deixar presentar les idees entre companys abans de fer una presentació final.

Reflexió

Per tancar el cicle haurem d'establir uns objectius d'aprenentatge, i en base a aquests reflexionarem sobre els resultats d'aprenentatge tant del procés com del producte. Reflexionar sobre fortaleses i limitacions. Crear diàlegs col·laboratius que aportin aprenentatges útils per altres projectes o àmbits.

Pedagogia:

- S'ha de documentar tot el procés des de la primera sessió: quaderns d'activitat, vídeos, fotos, etc...
- El professorat ha de deixar espai per la reflexió crítica després de cada fase del procés de disseny.
- Animar a l'alumnat a aprendre dels seus errors i poder-los utilitzar de manera constructiva.
- Ensenyar la importància d'adquirir coneixements de diverses maneres, posant en joc diferents habilitats.
- Fer que els alumnes reflexionin sobre la importància de treballar en col·laboració.
- Des de la primera sessió, els estudiants han d'adquirir un llenguatge comú que serà utilitzat en la fase de reflexió.

Activitat pel professorat: Taller de disseny d'activitat

Pautes a seguir:

- Com a punt de partida, si hem seguit la guia, el grup motor ja haurà creat un o més escenaris d'aula Fab Lab. Ara és el moment d'utilitzar-los com a inspiració pel disseny de l'activitat. Un únic escenari d'aula pot servir per generar múltiples activitats.
- Com hem vist en el procés del *pensament de disseny*, hem d'enfocar el disseny de les activitats dintre d'un procés iteratiu, de manera que el taller de disseny d'activitat pugui allargar-se més d'una sessió, per treballar sobre les idees proposades i anar-les refinant.
- Un element essencial d'aquesta part del procés és l'intercanvi d'idees entre els integrants del grup de disseny de l'activitat. Intentarem confeccionar el grup de disseny per treballar conjuntament entre 3 i 4 persones, i de manera ideal, que pertanyin a diferents àmbits.
- Els participants del grup de disseny han d'entendre que una bona activitat no hauria d'estar vinculada a una determinada matèria, de fet, hauria de poder ser utilitzada per qualsevol professor. Ha de tenir profunditat, adequar-se al professorat novell i a la vegada permetre ser un desafiament pels professorats més experimentats.
- La clau per dissenyar bones activitats és una bona col·laboració i intercanvi d'idees entre els participants. S'hauria d'animar a tothom a contribuir, fins i tot a professors de fora del grup de disseny.
- Els participants del grup de disseny han de descriure què es pot oferir a l'aula i com es pot fer. S'ha de fer la proposta en forma de diferents passos a seguir, amb consells i

alternatives per preparar, dirigir i avaluar l'activitat. Assenyalar com i perquè els alumnes es beneficiaran de la realització de l'activitat. S'hi han de descriure també els aspectes motivacionals que poden inspirar el professorat a utilitzar l'activitat en qüestió, i quina rellevància pot tenir aquesta en el seu desenvolupament professional.

- Destacar beneficis o punts forts, a la vegada que s'han de detectar també els possibles obstacles i reptes que suposarà la implantació de l'activitat.
- Identificar les eines necessàries per aconseguir els resultats d'aprenentatge. És una bona aportació enumerar totes les eines que poden ser útils perquè el professorat o l'alumnat pugui triar quines fa servir. També s'ha d'especificar com les eines es poden adaptar als diferents contextos.
- També s'haurien de recollir els recursos on el professorat pugui trobar més informació sobre el tema de l'activitat i les eines emprades
- En el nostre cas d'implementació d'aula, requerirem la tecnologia de fabricació digital per implementar la majoria d'activitats d'aprenentatge. A més, podem recolzar-nos en altres eines tecnològiques per donar suport a l'aprenentatge. En ambdós casos, però, és important que la tecnologia serveixi com a mitjà per aconseguir els resultats d'aprenentatge.

A l'Annex 'Guia 3. Activitats proposades pel taller de disseny' suggerim una sèrie de pràctiques perquè el taller de disseny esdevingui una eina fructífera i col·laborativa.

A més, adjuntem 3 annexos més amb eines que ens serviran pel disseny de les activitats:

- 'Guia 3. *Checklist* per dissenyar una activitat' (Keune et al., 2014), on trobarem un guió per la redacció de l'activitat.
- 'Guia 3. Plantilla per la redacció d'una activitat': una plantilla per la redacció i la inclusió de les dades de l'activitat.
- 'Guia 3. Model de rúbrica genèric per activitats al Fab Lab'.

7.2.4 Avaluació

Un cop haguem creat activitats i les haguem aplicat a l'aula, el pas final és avaluar els reptes i beneficis per al professorat i per l'alumnat. Utilitzarem l'avaluació per recollir i analitzar la informació sobre tot el procés de disseny, el producte final, i els resultats de l'aprenentatge. Aquests resultats retroalimenten les decisions futures sobre la innovació i el disseny de noves activitats.

Hi ha moltes formes d'avaluar un projecte, dependrà del repte de disseny plantejat, l'enfocament del professorat, les capacitats dels alumnes, la durada, els recursos... Tot seguit proposem alguns punts generals en forma de preguntes que podem fer servir per l'avaluació:

Sobre el procés

- Els alumnes es van identificar amb el repte? Estaven motivats?
- Fins a qui punt el repte del disseny ha generat reflexió sobre els reptes de la societat?
- Quines fases del procés de disseny van ser les més reeixides? Quines les més desafiantes?
- Quines fases del procés van ser les més exitoses i desafiantes per als estudiants i per què?
- Quines habilitats i competències relacionades amb el procés de disseny, com per exemple l'exploració, la reflexió, la cooperació, ... van desenvolupar els alumnes?

Sobre el producte

- Fins a quin punt el producte reflecteix les idees desenvolupades pels alumnes?
- Quins èxits i quins reptes hi ha hagut a l'hora d'integrar els diferents materials i tecnologies a la solució fabricada?
- Fins a quin punt estaven relacionats l'informe de disseny i la solució implementada?

Sobre l'aprenentatge

- Quins tipus de resultats d'aprenentatge va generar el procés de disseny?
- En quina fase van sorgir els resultats més interessants?
- Com es van avaluar els diferents aprenentatges durant el procés i al finalitzar?

Com a complement d'aquestes preguntes generals sobre l'avaluació, i sense sortir del cicle d'anàlisi i reflexió, recomanem preparar enquestes per recollir informació de l'alumnat i el professorat després de les activitats. Als annexos '**Guia 4. Qüestionari avaluació activitats (alumnat)**' i '**Guia 4. Qüestionari avaluació activitats (professorat)**' hi trobarem dos bons exemples (DiyLab, 2016b).

Ja de forma més específica, i tal com vam fer amb el disseny de l'activitat, haurem d'avaluar el resultat de l'activitat **en cada punt del cicle del procés de disseny**:

Informe de disseny

L'avaluarem positivament quan:

- L'informe de disseny és realista i significatiu pels alumnes.
- L'alumnat pot entendre com afrontar el repte proposat utilitzant el cicle del procés de disseny com a marc pedagògic.
- Els alumnes s'han responsabilitzat del seu paper durant el procés gràcies a la motivació i el compromís.

L'avaluarem de forma negativa quan:

- L'informe de disseny no té prou sentit perquè és massa complex, massa obert o resulta irrellevant pels alumnes.

- No hi ha prou temps perquè l'alumnat pugui aprofundir en la tasca.
- No s'ha treballat prou en les diferents fases del cicle de manera que es perd el sentit del conjunt.

Estudi de camp

L'avaluarem positivament quan:

- L'alumnat utilitza dades empíriques per crear idees per la resolució de les tasques que implica l'activitat.
- Els alumnes s'atreveixen a desafiar-se a si mateixos i tenen curiositat pels descobriments de la resta.
- L'alumnat coneix el seu paper i tothom treballa partint de les mateixes condicions.

L'avaluarem de forma negativa quan:

- Els alumnes no entenen la importància de recollir dades de camp per generar nous coneixements.
- Troben solucions basades en els seus propis supòsits i no aconsegueixen transformar en coneixement grupal el seu propi coneixement.
- Els alumnes no volen dedicar temps al treball de camp i volen passar ràpidament a la fase de creació d'idees.

Ideació

L'avaluarem positivament quan:

- Els alumnes poden generar diverses idees, estan oberts a les idees dels altres, i s'avenen a canviar el propi punt de vista.
- S'inspiren a l'utilitzar diversos materials per fer les maquetes.
- Són capaços de transformar el coneixement de l'estudi de camp en una o més idees.

L'avaluarem de forma negativa quan:

- Els alumnes abandonen les seves idees inicials i canvien de perspectiva.
- Són incapaços de detectar oportunitats
- Els alumnes han de d'utilitzar coneixements de l'estudi de camp que no s'ajusten als seus desitjos

Fabricació

L'avaluarem positivament quan:

- L'alumnat aconsegueix transformar un disseny analògic en un artefacte elaborat digitalment.
- Aconsegueixen aplicar les possibilitats de la fabricació digital i a la vegada posar a prova les seves limitacions.

L'avaluarem de forma negativa quan:

- El temps, la falta de comunicació o coneixements o el nombre d'alumnes limiten l'ús òptim de les tecnologies de fabricació.
- Els alumnes no mostren curiositat en endinsar-se en la fabricació i no es responsabilitzen de forma individual del procés.
- Els estudiants no disposen de les habilitats pràctiques bàsiques per dur a terme les tasques.

Argumentació

L'avaluarem positivament quan:

- Els estudiants són capaços de dialogar entre ells, emetre i rebre *feedback*, adaptar el seu producte en conseqüència i reflectir-ho en l'argumentació.
- Són capaços de relacionar el producte acabat amb l'informe de disseny i els resultats d'aprenentatge marcats.
- Aconsegueixen fer una presentació que manté l'atenció de tothom, alumnat i professorat.

L'avaluarem de forma negativa quan:

- Els estudiants no demostren la propietat col·lectiva del procés de disseny.
- Els estudiants no treballen de manera constructiva per proporcionar i rebre comentaris, i reconèixer i avaluar els seus errors.
- Els estudiants són incapaços d'argumentar les seves eleccions perquè altres estudiants puguin entendre-les, o fer preguntes rellevants que portin l'aprenentatge a un altre nivell.

Reflexió

L'avaluarem positivament quan:

- L'alumnat pot reflexionar sobre què va funcionar millor en cada fase i en el procés de disseny en conjunt.
- Els estudiants estan motivats per provar i millorar les seves solucions perquè tant el procés global com el producte donin els millors resultats possibles.
- Poden veure com el que han après es pot utilitzar en altres àmbits i cursos.

L'avaluarem de forma negativa quan:

- Els alumnes no són capaços de treballar de manera constructiva amb errors i crítiques.
- No poden veure com es connecten l'informe de disseny, el producte i el procés.
- No tenen la capacitat de reflexionar sobre el seu propi paper, sinó que culpen els altres per la manca d'èxit.

7.2.5 Compromís professional

En aquest apartat intentarem donar indicacions al professorat per explotar la seva capacitat d'utilització de les tecnologies de fabricació digital, no només per millorar l'ensenyament, sino també per millorar les relacions professionals amb els altres companys involucrats en el projecte, i amb els altres actors que formen part dels grups d'interès (mares, pares, estudiants...). D'aquesta manera, a la vegada que avancem en l'organització i programació del projecte d'aula Fab Lab, millorem les competències digitals del professorat segons les directrius del marc europeu per la competència digital dels educadors (Redecker & Punie, 2017). Dividirem els àmbits a gestionar en 4: comunicació, col·laboració professional, pràctica reflexiva i formació contínua.

Comunicació

Hem d'utilitzar les tecnologies digitals per millorar la comunicació organitzativa amb els grups d'interès. A través de la col·laboració, contribuirem al desenvolupament i la millora de les estratègies de comunicació.

Pràctiques recomanades:

- Utilitzar les tecnologies digitals per posar a disposició dels estudiants, dels pares i mares, i de la resta de professorat, recursos i informació addicionals per a l'aprenentatge.
- Utilitzar les tecnologies digitals per comunicar a estudiants, pares i mares, i la resta de professorat, procediments organitzatius com poden ser normes o events; o també per informar-los de forma individual sobre progressos o altres temes d'interès
- Utilitzar les tecnologies digitals per comunicar-nos amb terceres persones o organitzacions que siguin importants pel projecte educatiu, per exemple, per organitzar visites a llocs d'interès o convidar gent experta en les matèries que vulguem treballar.
- Comunicar-se a través de xarxes socials i entorns de col·laboració en línia dissenyats específicament per compartir continguts relacionats amb la fabricació digital.
- Contribuir de manera activa i col·laborativa a la millora de les estratègies de comunicació del centre.

Col·laboració professional

Farem servir les tecnologies digitals per engegar col·laboracions amb altres educadors, compartir i intercanviar coneixements, experiències i innovacions en la pràctica pedagògica.

S'han d'explotar les xarxes de col·laboració creades amb l'objectiu de compartir coneixements entorn la fabricació digital i el món *maker*.

Pràctiques recomanades:

- Utilitzar les tecnologies digitals per col·laborar en un projecte o tasca específics.
- Compartir i intercanviar coneixements, recursos i experiències amb altres col·legues i companyes.
- Utilitzar les xarxes de col·laboració per examinar i reflexionar sobre noves pràctiques pedagògiques

Tot seguit llistem algunes de les xarxes i entorns de col·laboració més importants en el món dels Fab Labs i el *making*:

Fab Labs.io (The Fab Foundation, s.d.-a): És la xarxa social en línia de la comunitat internacional Fab Lab i és la llista oficial actual de Fab Labs que comparteixen els mateixos principis, eines i filosofia sobre el futur de la tecnologia i el seu paper en la societat, definits per la Fab Foundation. També ofereix una sèrie de recursos en línia per a la comunitat internacional Fab Lab.

School Fab Lab Makerspace (School Fab Lab, s.d.) : School Fab Lab adapta el Laboratori de Fabricació (Fab Lab), creat pel professor Neil Gershenfeld al *Center for Bits and Atoms* del MIT per adaptar-se a les necessitats i requisits de les escoles en termes d'inversió inicial i espai. Se centra en el disseny digital, la fabricació digital i la robòtica. Donen suport als educadors amb un programari de codi obert que conté tres components principals: formació del professorat, plataforma en línia i màquines.

SCOPES-DF (The Fab Foundation, s.d.-b): És una comunitat de pràctiques també vinculada a la Fab Foundation, per a l'educació en STEM mitjançant la fabricació digital. SCOPES-DF desenvolupa específicament vies i recursos efectius per utilitzar la fabricació digital en l'educació STEM. Ofereix als educadors nous models i mètodes d'ensenyament, i als estudiants els proporciona oportunitats d'aprenentatge rellevants, atractives i aplicades.

La comunitat que hi ha al darrera dóna als educadors una major confiança a l'hora d'abordar els projectes STEM. La consulta d'un repositori en constant expansió de coneixements i activitat, permet als educadors aprendre junts i els uns dels altres. Aquest projecte està pensat per donar suport a professors, estudiants, i *makers* en general.

Wevolver (Wevolver, s.d.): És un portal de notícies relacionades amb el món de la tecnologia, la fabricació digital i la innovació. La informació del web prové de diverses fonts: universitats, empreses tecnològiques, membres individuals de la comunitat i el propi equip editorial. Es pot passar a formar part de la comunitat per debatre en fòrums, compartir contingut i estar informat de les últimes notícies en tecnologia a través dels seus diferents canals.

All3DP (All3DP, s.d.): És un portal de continguts especialitzat en fabricació digital additiva: conté models per descarregar, guies, notícies, estudi de casos i molt més. Disposa d'un servei addicional anomenat 'Craftcloud' integrat amb la mateixa pàgina que permet imprimir els models del repositori.

Ultimaker Thinkiverse (UltiMaker, s.d.): Ofereix tot un ecosistema relacionat amb la impressió 3D que va des d'un repositori immens de dissenys i models, xarxa social, grups per

compartir i discutir projectes, fins a una vessant més comercial amb la venda d'impressores 3D i serveis d'impressió. Té una part molt important de projectes educatius al repositori, etiquetats com *'education'*. Es poden buscar segons diferents filtres, i inclouen instruccions, els arxius del projecte preparats per descarregar, i fins i tot guions per les sessions i objectius d'aprenentatge.

Instructables (Autodesk, s.d.-a): Aquesta comunitat va començar el 2005 com un sistema de documentació de codi obert per part dels membres de *Squid Labs*. Des de llavors, va anar creixent i s'ha convertit en una increïble comunitat de curiosos de tot el món i és la llar de centenars de milers de projectes DIY. Ofereixen milers de projectes accessibles a través de filtres de tot tipus de categories, i tenen també un buscador adaptat pel professorat perquè puguin plantejar molts dels projectes com a pràctiques d'aprenentatge. A partir de 2011, Instructables es va convertir en part d'Autodesk, el fabricant de software de disseny 3D Tinkercad i Fusion 360 entre d'altres.

Pràctica reflexiva

Hem de reflexionar de manera col·lectiva i individual, sobre la pràctica pedagògica digital, i les hem d'avaluar de forma crítica. La pràctica reflexiva ens ha acompanyat durant tota la proposta didàctica, en el disseny i l'avaluació de les activitats. No s'ha de centrar únicament en els alumnes: el professorat entra en el procés de disseny en la creació de les pròpies activitats, per tant, tot aquest disseny d'activitats que passa per un procés de millora a través de la iteració, conté les seves fases d'argumentació i reflexió.

Pràctiques recomanades:

- Reflexionar de manera crítica sobre la pròpia pràctica pedagògica.
- Identificar les mancances en la pròpia capacitació i identificar les àrees on es pot millorar.
- Buscar l'ajuda dels companys i companyes per millorar les pràctiques digitals i pedagògiques.
- Buscar capacitació específica i aprofitar les oportunitats de desenvolupament professional continu.
- Contribuir al desenvolupament de les competències pedagògiques dels altres companys i companyes.
- Proporcionar una valoració crítica sobre les pràctiques digitals en l'àmbit organitzatiu, i contribuir activament per millorar-les.

Formació contínua

Com bé apunta Tesconi (Tesconi, 2018), la redefinició del professor o professora com a facilitadors d'experiències creatives també ens portarà a buscar noves estratègies per a la seva formació. Per aconseguir-ho, afegirem a la proposta un seguit de recomanacions i recursos per millorar la formació dels docents.

Pràctiques recomanades:

- Com a docents, hem d'utilitzar Internet per identificar oportunitats adequades de desenvolupament professional i formació.
- Reciclar-se de manera contínua actualitzant les competències de les matèries que s'ensenyen.
- Utilitzar les oportunitats de formació en línia, com MOOCs, seminaris, tutorials, etc.
- Utilitzar els recursos en línia per proporcionar oportunitats de formació a altres col·legues i companyes.

Recursos formatius en línia:

Fab Academy (The Fab Academy, s.d.): Com ja hem vist en l'anàlisi fet als models existents de Fab Labs educatius, la Fab Academy està oberta a estudiants, però també a professorat i professionals amb antecedents de tot tipus de disciplines que busquen nous enfocaments o ampliar coneixements en mètodes i processos de la fabricació digital. Està oberta a persones de tots els àmbits, amb o sense experiència en formació tècnica, per això és un molt bon recurs pel professorat que es vol mantenir a la última en pràctiques *maker*.

School Fab Lab (School Fab Lab, s.d.): És una plataforma on es dona suport als educadors amb un programa de codi obert que conté tres components principals: formació del professorat, plataforma en línia i màquines, en forma de *Lab Makerspace* amb estacions de treball per a la fabricació física i virtual.

- Model d'ensenyament-aprenentatge basat en la investigació, basat en la teoria construccionista.
- Desenvolupament de les habilitats laborals essencials del segle XXI
- Èmfasi en ciència, tecnologia, enginyeria, art i matemàtiques (STEAM).
- Metodologia del construccionisme per a la màxima implicació dels estudiants

MakerBot (Ultimaker, s.d.) : L'empresa *Ultimaker* també ofereixen un paquet anomenat '*MakerBot*' que inclou les impressores físiques, el software per dissenyar i imprimir, i cursos de certificació pel professorat, tot preparat per portar la impressió 3D a l'aula d'una manera molt senzilla.

Selfie For Teachers (European Commission, s.d.-b): Selfie For Teachers és una eina gratuïta en línia de la Comissió Europea, en l'Espai Europeu d'Educació, per poder realitzar un exercici d'autoavaluació respecte a les competències digitals de l'usuari. Proporciona un informe automàtic de comentaris amb resultats i consells per als propers passos a seguir per millorar les competències digitals. Està amb versions de diversos idiomes disponible, entre ells el català.

Autoreflexió activa: **SELFIEforTEACHERS - Self-reflection (19 de jul. 2022 -)**

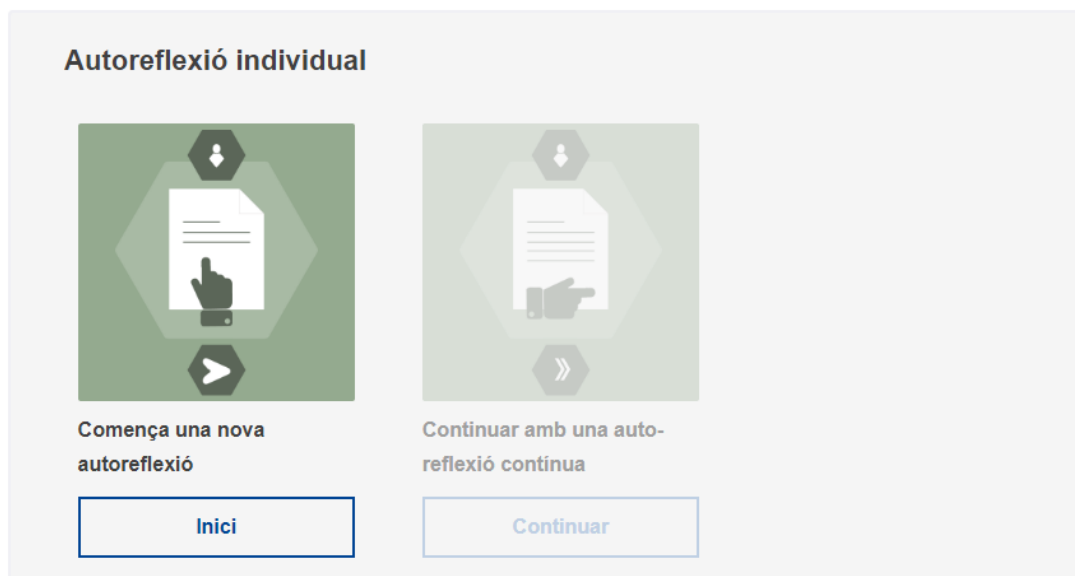


Fig. 6: Captura de pantalla de l'eina d'autoavaluació SELFIEforTEACHERS (European Commission, s.d.-b)

7.3 Els *Must Have* del Fab Lab en un entorn educatiu

Per finalitzar la proposta, i tenint en còpte l'anàlisi de les propostes que s'han implementat els darrers anys en l'entorn educatiu, i tenint també en consideració la proposta del Departament d'Educació i els compromisos que requereix en el concurs (Generalitat de Catalunya, 2023), anem a enumerar una sèrie de requisits que al nostre parer, els Fab Labs que s'instal·lin en un centre educatiu haurien de complir.

Metodologies

- Les activitats s'han de basar en **metodologies actives**, com l'Aprenentatge Basat en Projectes i el Pensament de Disseny. D'aquesta manera és com podem treure més profit de l'aprenentatge al Fab Lab.
- S'ha d'integrar l'**aprenentatge amb sentit** com a eix vertebrador dels projectes al Fab Lab, tenint en compte que aquests projectes han de solucionar problemes de la vida real i sobretot de l'entorn proper (local).
- S'han d'avaluar i **documentar** els projectes d'aprenentatge realitzats al Fab Lab.
- S'ha d'intentar que en els projectes hi participin diferents professors i professores i que siguin de diferents àrees, potenciant la **codocència** i la **interdisciplinarietat**.
- S'han de desenvolupar mecanismes de **millora contínua** de les pràctiques d'aprenentatge basats en els processos iteratius del pensament de disseny i altres metodologies que integren l'avaluació i la reflexió en la seva filosofia.
- **Transdisciplinarietat**: Les tecnologies i el pensament del disseny al Fab Lab van més enllà de les assignatures tècniques clàssiques i es poden integrar en una àmplia gamma d'assignatures i/o combinacions d'assignatures. En aquesta línia, s'ha d'utilitzar el Fab Lab com a recurs de centre, de manera que una gran part del professorat, independentment de l'àmbit l'utilitzi per desenvolupar-hi projectes d'aprenentatge.
- **Terres baixes, sostres alts i parets amples**: Aplicant aquesta filosofia (Resnick, 2018) en el disseny de les activitats, aconseguirem que tots i totes les aprenents tinguin oportunitat de participar-hi i de créixer segons les seves capacitats.

Organització

- S'ha de crear un **equip motor** que inclogui algun membre de l'equip directiu a professorat de diferents àmbits. Aquest equip de persones serà el principal gestor i impulsor de l'espai. No obstant, la resta de personal docent, alumnat i altres agents de l'entorn han de participar en la gestió de l'espai, aportant-hi algun valor, ja sigui amb l'organització, neteja, difusió o ajuda econòmica.

- S'han de definir les estratègies i actuacions en l'espai, a través de la programació general anual i la memòria anual de centre. S'han de planificar i avaluar els objectius de l'aprenentatge.

- S'han d'establir acords pedagògics i organitzatius al centre que fomentin la sostenibilitat, en relació amb l'ús del Fab Lab com a mitjà per a la creació de solucions innovadores amb impacte a la comunitat.

Xarxa i comunitat

- El Fab Lab s'ha d'incorporar a alguna xarxa o **xarxes de col·laboració i de compartició del coneixement**. Aquestes xarxes faran que el Fab Lab es desenvolupi i creixi a mesura que vagi participant en els diferents mecanismes de treball col·laboratiu, esdeveniments i intercanvis que es produeixin a la xarxa:

- L'equip motor ha d'assistir a les diferents trobades que s'organitzin entorn la xarxa del Fab Lab.
- El centre ha de buscar, organitzar o participar en les fires de projectes que s'organitzin entorn la xarxa del Fab Lab i fomentar la participació activa de l'alumnat.
- S'han de documentar els projectes realitzats i compartir els més importants a través de la participació activa de l'alumnat i del personal docent en actes i esdeveniments de la xarxa del Fab Lab.

- De forma paral·lela, s'ha de generar una **comunitat d'aprenentatge**, vinculada a l'espai de fabricació, que incorpori els diversos col·lectius del centre i de l'entorn. Aquestes comunitats poden ser en línia o presencials i han de permetre al **professorat** compartir recursos, idees i coneixements sobre la tecnologia. A més a més, aquestes comunitats també poden ser útils per a resoldre dubtes i problemes. En aquestes comunitats ha d'existir la figura del mentor o tutor. Aquests mentors i tutors poden ser altres professors, professionals del sector o estudiants avançats. Aquests mentors i tutors han de guiar el professorat menys avançat i ajudar-lo a resoldre dubtes i problemes, i també aconseguir que es familiaritzin amb la tecnologia més ràpidament.

- S'han de desenvolupar els mecanismes necessaris per fomentar la **creació sostenible** al voltant de l'espai de fabricació.

8. Conclusions

Des del principi de l'era de la informàtica, autors com Seymour Papert (Papert, 2001) estan atorgant a les tecnologies digitals el poder màgic de transformar l'educació. Les tecnologies digitals estan definint nous paisatges per a totes les esferes humanes, plantejant reptes sense precedents per a l'educació i la formació. En aquest context, l'aplicació de les tecnologies de fabricació digital, s'ha convertit a en una resposta als reptes educatius, i a la vegada, en un nou problema que cal resoldre per part de persones, de vegades amb poc coneixement i comprensió d'aquestes tecnologies i de les seves aplicacions pedagògiques.

FAB LABS EN ENTORNS EDUCATIUS

El *making*, com a conjunt d'eines, físiques i formatives, té un potencial transformador de les pràctiques educatives relacionades amb usos creatius de la tecnologia, però el potencial és nul si en la seva implementació no ve acompanyada per una acció educativa compatible amb la seva filosofia.

Aquestes pràctiques educatives és basen en l'aprenentatge col·laboratiu, desenvolupament de l'alfabetització digital, un enfocament transversal, l'aprenentatge autònom i aprenentatge basat en la investigació.

Hem vist que el desenvolupament de competències digitals és clau per un món cada cop més tecnificat. En aquest sentit els Fab Lab poden oferir-nos un lloc on desenvolupar aquestes competències a la vegada que connectem amb una comunitat de persones creatives de manera global i amb el nostre entorn més directe.

Hi ha molts més Fab Labs arreu del món, molt sovint situats en centres educatius com universitats, però la majoria no formen part del programa educatiu dels centres, és a dir, que es presenten com una iniciativa gestionada pel centre per fomentar la creativitat i la inclusivitat i la resta de valors del Fab Charter, a través de programes concrets i col·laboracions amb altres entitats de l'entorn, però la majoria estan plantejats com a espais d'aprenentatge incidental, és a dir, que no estarien orientats a aconseguir resultats educatius concrets.

METODOLOGIES

Hem pogut analitzar com el pensament de disseny encaixa amb la manera d'aprendre al Fab Lab, argumentant que la fabricació digital a l'educació pot beneficiar-se del pensament de disseny, per provocar una comprensió més profunda dels processos de fabricació digital entre els alumnes. Per contra, continua sent un repte important alinear-lo amb el currículum i el sistema d'exàmens. L'objectiu no hauria de ser que l'alumnat domini un tema, sinó que adquireixi competències perdurables, que pensi en el seu món quotidià com un conjunt de dissenys entrelaçats i encari els seus obstacles com a reptes de disseny. A més, el treball de disseny és exigent, intel·lectualment i a la pràctica, per a alumnat i professorat. Els alumnes necessiten el professorat amb rol de facilitador, i el professorat necessita pràctiques repetides per convertir-se en un facilitador efectiu. Tothom ha d'acceptar les incerteses i la naturalesa

oberta dels problemes de disseny, adoptant actituds positives per poder acceptar els fracassos.

Al mateix temps, veiem com el programa FAIG presenta per part de les nostres institucions educatives una proposta amb l'objectiu de transformar de manera profunda i sostenible la pràctica d'ensenyament i aprenentatge als centres de primària i secundària mitjançant la filosofia del moviment *maker* i la creació de Fab Labs, per tal d'ampliar la competència digital i fomentar l'acollida dels estudiants i l'aprenentatge col·laboratiu. El programa segueix la tendència general en l'aprenentatge als Fab Labs, basada en fer servir metodologies actives, sobretot ABP, i aprenentatge amb sentit.

PROPOSTA

Amb la bibliografia revisada sobre pensament de disseny, hem pogut donar una orientació metodològica a la proposta didàctica amb aquest enfocament. El model es pot utilitzar com a eina mitjançant la qual els estudiants participen en la producció cultural mitjançant la producció d'artefactes digitals nous i solucions a problemes del seu entorn, que els proporciona reptes complexos però a la vegada, mitjançant la reflexió, la síntesi i el treball de disseny pràctic també els proporciona un aprenentatge significatiu.

En general, creiem que el model pot ajudar a desenvolupar les competències dels estudiants per a:

- Pensament de disseny iteratiu i exploratiu.
- Aprenentatge basat en indagació i la resolució de problemes del món real.
- Integració de materials físics i digitals.
- Desenvolupament d'un llenguatge de disseny i innovació.
- Argumentació i reflexió crítiques.
- Pensament divergent i convergent.

REPTES

Com hem anat veient, continua havent-hi molta feina per perquè la integració dels Fab Labs als centres educatius sigui una pràctica efectiva i perdurable al llarg dels propers anys.

A la dificultat d'encaixar pensament de disseny i pensament divergent al currículum, hem de sumar-hi que el desconeixement d'aquests espais i la manca de planificació pot provocar desorientació en els docents que volen involucrar-se en aquest tipus de projecte, perdent així la filosofia que promou el Fab Lab, convertint-se en aules amb programari i maquinari, però sense beneficis propis d'un aprofitament òptim d'aquesta eina. Perquè el *making* en l'educació sigui un èxit, s'ha de centrar suficientment en elements diferents d'eines i equips: investigació educativa, desenvolupament de competències transversals, desenvolupament professional del professorat, anàlisi i desenvolupament de polítiques... El desenvolupament professional és la part més cara i complexa de l'educació amb espais de fabricació digital, no la compra d'equips.

A més, hi ha molts docents que són reticents al seu ús i mantenen una actitud recelosa envers aquests, derivat probablement de l'ús acostumat d'eines tradicionals a l'ensenyament anterior al sorgiment de totes les novetats tecnològiques aquí tractades. Això és comú en un

professorat que, més enllà de l'edat i/o data de la seva trajectòria professional, no compta amb els recursos analitzats en aquest treball. Esperem que aquesta proposta didàctica els pugui ser d'ajuda.

Amb els Fab Labs als centres de secundària, ens enfrontem també amb el risc de generar compartiments on no es produeix cap intercanvi amb l'exterior. Hem de posar especial interès en que programes com el FAIG o altres iniciatives semblants, puguin ser permeables al centre. Ja ho hem destacat en els *must have* del Fab Lab, la importància de participar en un xarxa, a la vegada local i global, per compartir el coneixement i l'aprenentatge, i poder desenvolupar l'aprenentatge amb sentit gràcies a la implicació en projectes locals.

Hem pogut veure les diverses opcions de col·laboració i compartició de recursos envers els Fab Labs i la fabricació digital. El projecte FAIG proporcionarà una altra xarxa, que se suma a totes les ja existents. Pot ser un punt a favor, ja que tots els centres participants al projecte, que compartiran un equipament similar, ho tindran molt fàcil per compartir el coneixement i els diferents avenços realitzats al llarg del programa. Com a contrapartida, es per la oportunitat d'integrar-se en alguna xarxa ja existent, amb l'avantatge que això pot representar: ja hi ha molt contingut generat i la xarxa col·laborativa és molt més gran, amb el que guanyem capacitat d'aprendre, de rebre resposta a dubtes, etc... Veurem si en un futur, depenent de com evolucioni el projecte, hi ha possibilitats d'integrar-se en alguna xarxa de col·laboració global ja existent.

Per totes aquestes raons, hem prestat especial atenció a tots els actors de la innovació i també a les propostes educatives executades fins al moment, i hem considerat la filosofia *maker* com una forma de facilitar l'aprenentatge de les tecnologies digitals i l'adquisició de les competències del segle XXI. Així doncs, considerem que la informació reflectida en aquesta proposta pot ser útil per ajudar als educadors i educadores a implementar de manera eficaç les innovacions en matèria de fabricació digital impulsades per les institucions educatives.

9. Referències bibliogràfiques i webgrafia

- Ajuntament d'Amposta. (s.d.). *Fab Lab Terres de l'Ebre*. En línia. Recuperat 30 maig 2023, de <https://www.amposta.cat/ca/n2/edifici-sindicat/fablab>
- Ajuntament de Barcelona. (s.d.). *Programa Pedagògic Ateneus de Fabricació de Barcelona*. En línia. Recuperat 23 maig 2023, de <https://ajuntament.barcelona.cat/ateneusdefabricacio/ca/programa-pedagogic/>
- All3DP. (s.d.). *All3DP. All about additive manufacturing*. En línia. Recuperat 16 maig 2023, de <https://all3dp.com/>
- Aronson, E. (s.d.). *Jigsaw Classroom*. En línia. Recuperat 30 març 2023, de <https://www.jigsaw.org/information/>
- Attewell, J. (2019). Building learning Labs and innovative learning spaces. Practical guidelines for school leaders and teachers. *Future Classroom Lab by European Schoolnet*.
- Autodesk. (s.d.-a). *Instructables*. En línia. Recuperat 24 maig 2023, de <https://www.instructables.com/>
- Autodesk. (s.d.-b). *Tinkercad*. En línia. Recuperat 16 maig 2023, de <https://www.tinkercad.com/>
- Blikstein, P. (2011). *One Fabrication Lab per School: the FabLab@School project*. TedxTalks. <https://youtu.be/yLhfpDAniqM>
- Blikstein, P. (2013). Digital Fabrication and 'Making' in Education. En *FabLab* (p. 203-222). transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839423820.203>
- Blikstein, P., Valente, J. A., & de Moura, É. M. (2020). Maker education: where is the curriculum? *Revista e-Curriculum 18*, 523–544. <https://doi.org/10.23925/1809-3876.2020v18i2p523-544>
- Burton, S., & Attewell, J. (2020). Makerspaces in schools. Practical guidelines for school leaders and teachers. *European Schoolnet*.
- CESIRE. (s.d.). *FAIG. Fent per aprendre, imaginant globalment*. En línia. Recuperat 2 abril 2023, de <https://serveiseducatiu.xtec.cat/cesire/faig-fent-per-aprendre-imaginant-globalment/>
- Charlotte Smit, R. (2018). Methodological principles of educational digital fabrication. *Fablab Schools EU*.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Indiana: Kappa Delta Pi.
- DiyLab. (2016a). D. 1.6. Report on Digital Competence in Schools: Spain, Finland and the Czech Republic. En *EU Lifelong Learning Programme project report. Do It Yourself in Education: Expanding Digital Competence To Foster Student Agency And Collaborative Learning*.
- DiyLab. (2016b). D. 4.6 General Report: The DIY Labs in Action. En *Do It Yourself in Education: Expanding Digital Competence to Foster Student Agency And Collaborative Learning*.
- Escola Rocafonda. (s.d.). *Programa Magnet*. En línia. Recuperat 30 maig 2023, de <https://agora.xtec.cat/ceiprocafondaprojectes-de-lescola/projecte-magnet/>
- European Commission. (s.d.-a). *Fab Lab Schools EU. Towards Digital Smart, Entrepreneurial i Innovative Pupils*. En línia. Recuperat 1 maig 2023, de <https://fablabproject.eu/es/>
- European Commission. (s.d.-b). *Selfie for Teachers*. En línia. Recuperat 13 maig 2023, de <https://education.ec.europa.eu/selfie-for-teachers>
- Fab Lab Madrid CEU. (s.d.). *Proyecto NEWTON*. En línia. Recuperat 18 maig 2023, de

- <https://fablabmadridceu.com/tag/proyecto-newton/>
- FabLab Amersfoort. (2023). *FabLab Amersfoort Website*. En línia. <https://www.fablabamersfoort.nl/>
- Fundación Orange. (s.d.-a). *Breakers. Fab Labs Sociales*. En línia. Recuperat 25 maig 2023, de <http://fablabssociales.org/mundo-breakers/>
- Fundación Orange. (s.d.-b). *GarageLAB*. En línia. Recuperat 23 maig 2023, de <https://fundacionorange.es/jovenes-con-futuro/garagelab/>
- García Sáez, C. (2016). (Casi) Todo por Hacer. Una mirada social y educativa sobre los Fab Labs y el movimiento maker. En *Fundación Orange*.
- García Sáez, C. (2019). Fabricación digital, movimiento maker y futuro del trabajo. En *Fundación Orange*.
- Generalitat de Catalunya. (2015). *DECRET 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya. eli/es-ct/d/2015/08/25/187/dof
- Generalitat de Catalunya. (2022). *DECRET 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya. eli/es-ct/d/2022/09/27/175/dof
- Generalitat de Catalunya. (2023). *RESOLUCIÓ EDU/911/2023*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya. <https://dogc.gencat.cat/ca/document-del-dogc/?documentId=955632>
- Goodyear, P., & Dimitriadis, Y. (2013). In medias res: Reframing design for learning. *Research in Learning Technology, 21*. <https://doi.org/10.3402/rlt.v21i0.19909>
- Graphtec. (s.d.). *Graphtec Studio*. En línia. Recuperat 16 maig 2023, de <http://www.graphteccorp.com/product/soft/g/index.html>
- Hjorth, M., Smith, R., Loi, D., Iversen, O., & Christensen, K. (2016). *Educating the Reflective Educator: Design Processes and Digital Fabrication for the Classroom*. <https://doi.org/10.1145/3003397.3003401>
- JRC European Commission. (2018). *Annual report 2017 : Joint Research Centre, the European Commission's science and knowledge service*. Publications Office. <https://doi.org/doi/10.2760/138436>
- Katterfeldt, E.-S., & Schelhowe, H. (2008). *A modelling tool to support children making their ideas work*. 218-225. <https://doi.org/10.1145/1463689.1463759>
- Kennisnet. (s.d.). *Kennisnet Webpage*. En línia. Recuperat 21 maig 2023, de <https://www.kennisnet.nl/>
- Keune, A., Toikkanen, T., & Leinonen, T. (2014). Edukata. Participatory Design Model. En *Aalto University School of Arts, Design and Architecture Department of Media - Media Lab Helsinki*.
- Lorenzo-Cueva, C. (2018). *Advanced Education through Innovation via Remote Access to Digital Fabrication Technologies* (p. 211-220).
- Martin, L. (2015). The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>
- Mckay, C., & Peppler, K. (2013). *MakerCart: A Mobile Fab Lab for the Classroom*.
- MIT Edgerton Center. (s.d.). *Maker Resources for K-12 Educators*. En línia. Recuperat 25 maig 2023, de <https://k12maker.mit.edu/>
- New Media Consortium EUA. (s.d.). *Horizon Reports*. En línia. Recuperat 21 maig 2023, de <https://library.educause.edu/resources/2021/2/horizon-reports>

- OECD. (s.d.-a). *The OECD Teaching and Learning International Survey*. En línia. Recuperat 21 maig 2023, de <https://www.oecd.org/education/talis/>
- OECD. (s.d.-b). *Trends Shaping Education*. En línia. Recuperat 1 maig 2023, de <https://www.oecd.org/education/trends-shaping-education-22187049.htm>
- Papert, S. (1999). Eight Big Ideas Behind the Constructionist Learning Lab. *From the Ph.D. dissertation, "An Investigation of Constructionism in the Maine Youth Center," by Gary Stager, 2007.*
- Papert, S. (2001). Project-Based Learning. En *Edutopia*.
- Pew Research Center. (s.d.). *Pew Research Center Publications*. En línia. Recuperat 8 abril 2023, de <https://www.pewresearch.org/global/category/publications/>
- Piaget, J. (1973). *To Understand is to Invent: The Future of Education*. Penguin Books.
- Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (Número KJ-NA-28775-EN-C (print),KJ-NA-28775-EN-N (online)). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/178382> (print),[10.2760/159770](https://doi.org/10.2760/159770) (online)
- Resnick, M. (2018). *Lifelong Kindergarten Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. The MIT Press.
- Santos Arias, F. (2021). De la Bauhaus al Fab Lab. La revolución digital del aprender haciendo. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 26(42 SE-Artículos), 192-203. <https://doi.org/10.4995/ega.2021.14717>
- School Fab Lab. (s.d.). *School Fab Lab Makerspace Website*. En línia. Recuperat 12 abril 2023, de <https://www.schoolfablab.com/>
- Sharples, M., Roock, R. de, Ferguson, R., Gaved, M., Herodotou, C., Koh, E., Agnes KukulskaHulme, C.-K. L., McAndrew, P., Rienties, B., Weller, M., & Wong, L. H. (2016). Innovating Pedagogy 2016 Report. En *The Open University*.
- Smith, R. (2018). Methodological principles of educational digital fabrication. *Fab Lab Schol EU: Towards Digital Smart, entrepreneurial and innovative pupils*.
- Smith, R. C., Iversen, O. S., & Hjorth, M. (2015). Design thinking for digital fabrication in education. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.10.002>
- Stanford University. (s.d.). *Stanford d.school*. En línia. Recuperat 12 maig 2023, de <https://dschool.stanford.edu/>
- Teaching Institute for Excellence in STEM. (s.d.). *TIES Website*. En línia. Recuperat 21 maig 2023, de <https://www.tiesteach.org/>
- Tesconi, S. (2018). *El docente como maker. La formación del profesorado en making educativo*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Tesconi, S., Franco, D., Izaguirre, M., Solabarrieta, D., Larraza, E., Aberasturi, E., Burgoa, I., Moran, A., Apalategui, E., & Lacalle, J. (2017). Del aula al laboratorio. Buenas prácticas para la creación de laboratorios en ámbito educativo. *Tabakalera Centro Internacional de Cultura Contemporánea*.
- The Economist. (s.d.). *What will technology look like in 2050*. En línia. Recuperat 1 maig 2023, de <https://medium.economist.com/what-will-technology-look-like-in-2050-75b4fee196f2>
- The Fab Academy. (s.d.). *Fab Academy Website*. En línia. Recuperat 13 maig 2023, de <https://fabacademy.org/>

- The Fab Foundation. (s.d.-a). *Fablabs.io*. En línia. Recuperat 26 març 2023, de <https://fablabs.io/>
- The Fab Foundation. (s.d.-b). Scopes-DF. En *En línia*.
- The Fab Foundation. (s.d.-c). *The Fab Foundation Web Site*. En línia. Recuperat 15 març 2023, de <https://fabfoundation.org/>
- The Open University. (s.d.). *Innovating Pedagogy*. En línia. Recuperat 20 maig 2023, de <http://www.open.ac.uk/blogs/innovating/>
- Togou, M. A., Lorenzo-Cueva, C., Cornetta, G., & Muntean, G.-M. (2019). Assessing the Effectiveness of Using Fab Lab-based Learning in Schools on K-12 Students' Attitude Toward STEAM. *IEEE Transactions on Education*. <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2957711>
- Ultimaker. (s.d.). *MakerBot. A full 3D printing ecosystem for educators*. En línia. Recuperat 16 maig 2023, de <https://www.makerbot.com/>
- UltiMaker. (s.d.). *Thingiverse*. En línia. Recuperat 16 maig 2023, de <https://www.thingiverse.com/>
- Veer, R. van der, & Valsiner, J. (1991). *Understanding Vygotsky: A quest for synthesis*. Basil Blackwell Ltd.
- Vossoughi, S. (2014). *Making and Tinkering: A Review of the Literature*.
- Vuorikari, R., Ferrari, A., & Punie, Y. (2019). *Makerspaces for Education and Training: Exploring future implications for Europe* (Número KJ-NA-29819-EN-N (online)). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/946996> (online)
- Wevolver. (s.d.). *Wevolver Website*. En línia. Recuperat 16 maig 2023, de <https://www.wevolver.com/>

10. Annexos

- A. Compromisos del programa FAIG
- B. Guia 1. Activitats Passos 1 i 2
- C. Guia 1. Tendències
- D. Guia 2. Avaluació de l'estat de la nostra aula Fab Lab
- E. Guia 2. Escenari d'Aula
- F. Guia 3. *Checklist* per dissenyar una activitat
- G. Guia 3. Plantilla per la redacció d'una activitat
- H. Guia 3. Activitats proposades pel taller de disseny
- I. Guia 3. Model de rúbrica genèric per activitats al Fab Lab
- J. Guia 4. Qüestionari avaluació activitats (alumnat)
- K. Guia 4. Qüestionari avaluació activitats (professorat)