



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

Treball de fi de màster

Títol: **La fabricació digital com a instrument per a l'educació del segle XXI**

Cognoms: García Torres

Nom: Ximena

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

Especialitat: Tecnologia

Director/a: Lídia Ferré Ferré

Data de lectura: 20/06/2018

ÍNDEX

1. Introducció	3
1.1 Objectius	3
1.2 Abast del projecte	3
2. Marc teòric	4
2.1 Justificació	5
2.2 Plantejament inicial de la problemàtica	8
3. La Fabricació digital	11
3.1 Impressores 3D	14
3.2 Torn de control numèric	17
3.3 Tall làser	18
5. Incorporació de la fabricació digital en el currículum	23
5.1 1r d'ESO	24
5.2 2n d'ESO	26
5.3 3r d'ESO	27
6. Projecte transversal	28
7. Conclusions	32
8. Bibliografia	34
9. Webgrafia	34
10. Índex de figures	37

1. Introducció

Entendre la societat actual donant l'esquena a l'evolució tecnològica de la qual estem sent testimonis és impossible. La tecnologia està avançant fins a tal punt que, en l'era del coneixement en la qual ens trobem, la propagació de la mateixa és pràcticament immediata. La informació és avui dia omnipresent i això afavoreix la transmissió de coneixements i, per tant, el desenvolupament tecnològic.

Les noves generacions viuen el començament de la quarta revolució industrial (Indústria 4.0) en la qual els sistemes ciber-físics, robòtica i 3D printing representaran el seu entorn natural.

La impressió digital té un especial ressò en l'àmbit del coneixement i l'educació, convertint-se en un dels requeriments bàsics pel desenvolupament dels processos d'ensenyament i aprenentatge. De la irrupció de les tecnologies a l'educació, sorgeix el repte; conèixer entendre i implementar que aquests medis tecnològics donin suport a les activitats dins l'aula, buscant el desenvolupament de les capacitats i habilitats dels alumnes, de manera que els medis a l'abast es facin servir com a via per adquirir coneixement. La impressió digital és la manera de donar forma material a les nostres idees. És una eina que ja s'està implementant a camps com la medicina, arquitectura, disseny.... L'educació és un camp on es pot arribar a desenvolupar molt fortament, per què permet materialitzar un disseny digital en un objecte físic amb diferents metodologies en funció de la forma i el tipus de material que es vulgui fer servir per crear la peça. D'aquesta manera l'alumne pot experimentar i fer tangible una idea. Això promou la creació i la creativitat tot trobant solucions als problemes proposats.

1.1 Objectius

- Avaluar de forma qualitativa la repercussió que pot tenir la incorporació de la fabricació digital dins de les aules.
- Avaluar en els alumnes la capacitat de treball autònom i cooperatiu amb l'aprenentatge basat en reptes.
- Avaluar i observar els resultats mitjançant la pràctica d'aprendre fent, és a dir com el procés de passar de la virtualitat a la realitat afecta en l'aprenentatge i en la motivació. -Posar en pràctica la col·laboració transversal de diferents matèries i departaments mitjançant projectes fets amb impressió digital.

1.2 Abast del projecte

L'abast d'aquest treball, realitza una primera recerca d'informació del marc teòric que em permetrà donar el suport per a la planificació d'una proposta pedagògica transdisciplinària que segons Jean Piaget, 1970, és la metodologia que treballa entre les diferents disciplines, a través i més enllà d'elles, generant una mena de xarxa que s'enfronten a projectes com a comunitats d'aprenentatge en matèries tan diverses com poden ser Tecnologia, Matemàtiques, Socials o Plàstica i Música i també al llarg de tota l'ESO.

Si bé la idea és posar en pràctica aquest tipus de metodologia en un centre, aquest treball vol assentar les bases per poder realitzar-ho en un futur com a punt de partida per generar, mitjançant la fabricació digital una xarxa de treball cooperatiu en les dues dimensions que abans he anomenat, és a dir, ser un projecte que doni resposta a les qüestions que els mateixos alumnes troben en el recorregut de la seva pròpia recerca tan en l'àmbit científicotecnològics com en assignatures tant diverses com plàstica, matemàtiques o socials.

2. Marc teòric

"Digues-me alguna cosa i ho oblidaré, ensenya'm alguna cosa i ho recordaré, fes-me particip d'alguna cosa i aprendré"

(Confucio)

El primer pas a l'educació, és la curiositat, des de petits, tots hem après per curiositat. Aprenem a caminar per poder aconseguir allò que volem, ningú ens ensenya. Aprenem a parlar perquè els altres puguin entendre el que necessitem o pel simple fet de relacionar-nos amb el nostre entorn. Així passa amb tot el que aprenem al llarg de la nostra vida i que en definitiva no s'oblida, perquè no és alguna cosa que hem memoritzat sense sentit, és alguna cosa que hem posat en pràctica a força de prova i error fins a perfeccionar-ho.

L'aprenentatge ocorre de forma natural i com he dit està impulsat per la curiositat, la necessitat real, l'emoció i la confusió.

L'aprenentatge ocorre, en primera instància quan algú vol aprendre, en cap cas quan algú vol ensenyar. A la fi del segle XIX la premissa de l'educació era que els nens (productes en brut) han de ser modelats en productes acabats, ja que necessitaven mà d'obra que no pensés massa per poder manejar-los al seu antull. Per tant sota aquesta premissa, no hi havia aprenentatge real possible.

Per Aprendre Fent es necessiten unes premisses:

- S'aprèn més quan hi ha voluntat per aprendre, quan es vol aprendre.
- S'aprèn més quan em proposo fites, més enllà de la qualificació.
- S'aprèn més quan hi ha interès per la matèria, el seu contingut desperta la meva curiositat i veig la seva aplicació pràctica.
- S'aprèn més quan no tinc por al fracàs, assumeixo les meves equivocacions perquè m'ajuden a obrir nous camins.

En definitiva, és aprendre del món real, és una aplicació directa i pràctica de la teoria, que és necessària però no és l'única cosa.

L'educació és pràctica i experiència. Segons Marc Torras (EntreD), com a formadors, hem de fomentar i despertar la capacitat de resoldre problemes. El fet de materialitzar idees en objectes reals provoca un canvi en la mentalitat dels alumnes, què s'enfronten físicament amb allò que han imaginat, dissenyat i fabricat i els hi permet fer una anàlisi crític de la seva creació per poder millorar-ho buscant per sí mateixos el camí per fer-ho. Això fa que els alumnes adquireixin capacitats molt importants per la seva futura vida professional. Enfrontar-se a les diferents problemàtiques d'una manera creativa i autònoma fa als alumnes estar més preparats pel futur.

L'aprenentatge natural:	L'aprenentatge escolar clàssic
-Voluntari	-Involuntari
-Impulsat per fites pròpies	-L'escola posa les metes, no l'alumne
-Impulsat per interessos	-Interessos dels alumnes són ignorats
-Depèn del fracàs, sense fracàs no hi ha aprenentatge	-El fracàs és vist com a negatiu
-Divertit	-No és divertit

2.1 Justificació

-Com hauria de ser la demanda en educació?

El professor passa a ser un guia en l'aprenentatge, ja no és més un far. És algú a qui preguntar, qui et pot resoldre dubtes d'allò que vas descobrint a mesura que vas aprenent. L'objectiu de l'educació ha de ser preparar a l'alumne per a la vida real, i aquest canvi de mentalitat ha d'estar lligat amb quatre conceptes que s'han de treballar des de totes les vessants.

1. Treballar en equip	El paper del professor ha de ser el de dinamitzar l'ús d'aquestes eines i potenciar en cada alumne l'aprenentatge
2. Treballar amb noves tecnologies	
3. Enfrontar els reptes de forma autònoma	
4. Parlar en públic	

Cursos curts. S'ensenya el que es vol aprendre, sobre la base de resoldre alguna incògnita que li sorgeix a l'alumne.

Aprenentatge en equip. Cooperar i aprendre mai es fa sol. El fet de treballar en equip dona la possibilitat que cada membre desenvolupi tot el seu potencial d'allò que millor sap fer, això per tant, fa que el resultat final a més a més de ser una suma de capacitats, tingui una basant molt més enriquidora pels alumnes, perquè ja no només aprenen del seu professor, sinó també dels seus propis companys, per tant, fa que tots es facin responsables de l'aprenentatge de tots. Perquè l'ensenyament no només és responsabilitat dels professors i de l'escola, sinó també de tots els agents de la societat: Escola - Família - Mitjans de comunicació - Empreses... És molt important per tant generar una xarxa amb tots aquests agents i poder treballar de forma conjunta i cooperativa perquè els alumnes prenguin protagonisme en els projectes.

Reivindicar la figura de l'aprenent. Antigament l'única manera d'aprendre un ofici era a través de l'observació i la pràctica i intentant fer el que veies del teu mentor. Un sabater no li explicava la teoria de l'elaboració d'una sabata, ell asseia al seu aprenent a la seva vora i li feia practicar al costat d'ell fins que aconseguia fer-ho correctament. Moltes vegades li sortia malament, però finalment aconseguia aprendre. Per tant en l'aprenentatge, és fonamental desenvolupar les habilitats de cadascun. No a tots aprenen igual i no tots els interessa el mateix o al mateix temps.

La pràctica de les habilitats fa que l'aprenentatge sigui equitatiu, és a dir, a cadascun aporta des de l'experiència el que aprèn amb les seves habilitats. Això fa que dins d'una aula o per extensió en la societat, tots potenciïn les seves habilitats i donin el millor de cadascun al grup o a la comunitat.

Un dels principals problemes als qual s'enfronta el docent dins l'aula és la falta de motivació dels alumnes (moltes vegades provocada per la falta de motivació dels propis professors).

Si invertim el treball a l'aula i passem del concepte:

de TEORIA - PRÀCTICA a PRÀCTICA - TEORIA estem fent que l'alumne comenci experimentant, provant, equivocant-se i corregint, fent-se les preguntes ell mateix del que està aprenent, i per tant es fa protagonista del seu procés i l'aprenentatge té un sentit propi i personal que fa que tingui una repercussió i un efecte més significatiu per a ell.

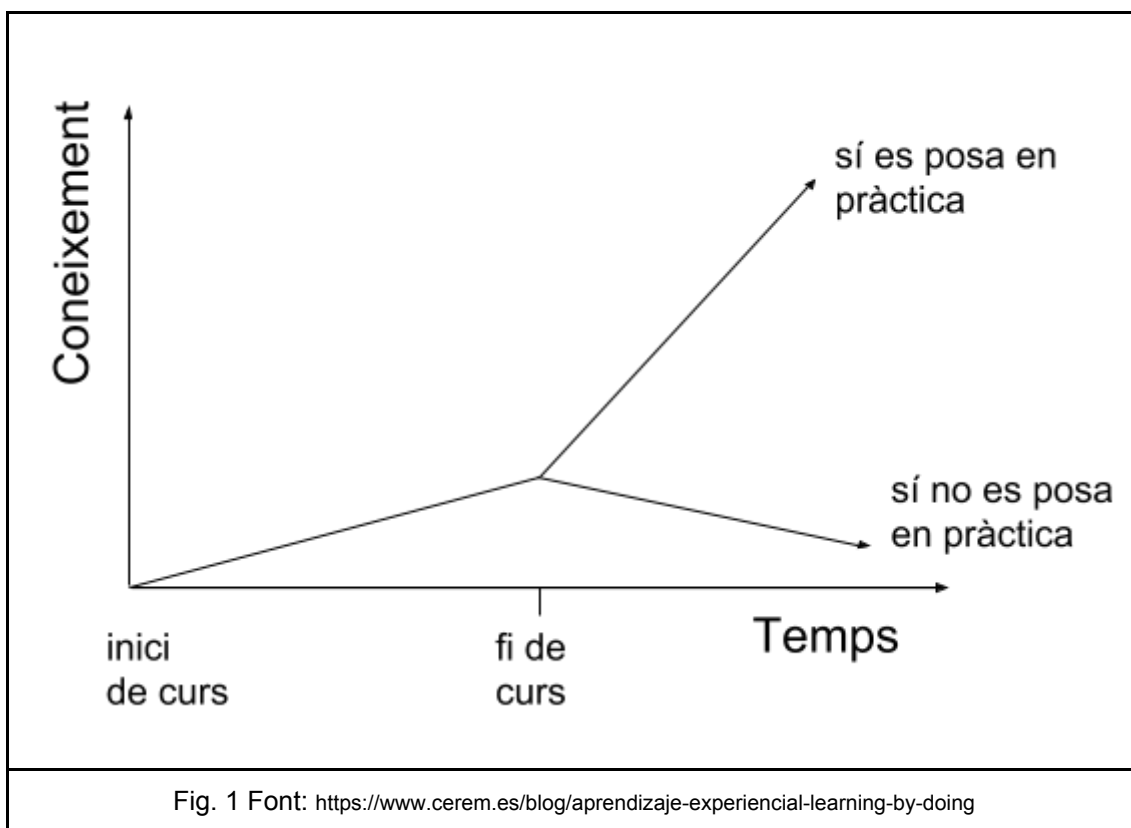
Si una persona aprèn:

- 20% del que veu
- 20% del que escolta
- 40% del que veu i escolta
- 80% del que vivència o descobreix per si mateix

(Font: National training laboratories, 1977)

S'entén que aprendre fent o, cosa que és el mateix, Learning by doing segueix una metodologia molt més natural d'aprenentatge, lligat, com hem dit abans, a la manera com aprenem des de petits a caminar, a parlar i a fer servir eines per fer coses. Aquest mètode segueix una guia que comença per l'experiència o vivència, seguit de l'anàlisi de l'experiència adquirida, quines són les lliçons apreses i finalment quines són les aplicacions a futur.

CORBA D'APRENTATGE



La metodologia de l'aprenentatge cooperatiu (Johnson & Johnson) és l'estat d'aprenentatge en el qual els objectius dels estudiants estan fortament definits i associats de tal manera que cada membre de l'equip arribar a les seves pròpies fites.

Però, perquè el treball en equip arribi a assolir el seu objectiu ha de complir dues premisses fonamentals:

- El treball ha d'estar destinat a aconseguir fites de grup.
- L'èxit dependrà de l'aprenentatge individual de cada membre de l'equip.

Aquests dos components donen com a resultat (Slavin, 1980) una valoració positiva pel treball i la motivació personal per aprendre. Si fem servir aquesta metodologia, aconseguirem una sèrie d'avantatges:

- El llenguatge que es fa servir és molt més proper a l'alumnat que no pas el llenguatge tècnic del docent.
- Haver d'explicar als companys requereix una estructuració ordenada de les idees i això ajuda a la comprensió tant de l'alumne que explica com del que rep l'explicació.
- Respecte als alumnes que necessiten una atenció especial, aquest se senten afavorits perquè estan dins d'un ambient on tots aprenen de tots i tots ensenyen en la seva mesura.

Tot això ajuda a generar un ambient dins l'aula d'interacció entre companys i per tant de millora en el clima de treball.

- **Experiència / Vivència**

En aquest punt de partida, l'alumne realitza l'experiència, s'equivoca, corregeix, torna a provar, millor l'experiència anterior i repeteix el cicle fins a arribar a l'objectiu. Un punt molt important en aquí és tenir molt clar quins són aquests objectius des del començament.

El fracàs inicia el procés d'aprenentatge, et permet buscar noves maneres de solucionar el mateix problema. Un fracàs és una oportunitat d'enfortir els coneixements a força de provar, errar i buscar nous camins.

Ensenyar-los coses que els posin en situació de fracàs per crear-los l'oportunitat de resoldre de diferents maneres, així fomentem la creativitat i augmentem el seu potencial.

L'ensenyament d'aquesta manera passa a tenir una funció de suport per deixar que els nens arribin sols les respostes o solucions.

Permetre'ls que segueixin la seva passió, el seu instint, i estar aquí solament per ajudar si ho necessita.

- **Anàlisi de l'experiència**

Un cop l'alumna ha realitzat l'experiència, abans de tornar a començar el cicle de millora s'ha de fer una anàlisi del que ha passat. S'ha de ser crític i veure com ha anat l'experiència, què s'ha fet bé i en què ens hem equivocat, quins són els errors i quines les virtuts. Veure que es faria diferent si s'hagués de fer de nou i molt important, exposar-ho per tal de tenir una retroacció per part del professor i dels companys. Si s'arriba a la conclusió de què es pot millorar, es torna a iniciar el cicle amb tota la motxilla d'aportacions pròpies i externes.

- **Lliçons apreses**

Un cop la pràctica està assolida, construïm coneixement, al plànol conceptual i teòric. Construir conceptes i trobar-hi significat. Ens fem les preguntes necessàries per saber què he après i quins conceptes, idees i coneixements puc afegir als que ja he adquirit amb la pràctica.

- **Aplicacions a futur**

Un cop hem complementat l'aprenentatge vivencial amb el teòric fem una generalització de l'experiència perquè ens serveixi en accions futures. La idea és que l'experiència adquirida tingui una aplicació general per a altres situacions i altres alumnes. És a dir, com li explicaries de forma conceptual la teva experiència en un repte en concret que pugui servir a un company allò que tu has après. Quins consells donaries i quines advertències són importants. Això fa que els alumnes es facin més conscients d'allò que han après.

La tecnologia a l'escola hauria de donar l'oportunitat d'aprendre coses que d'una altra manera no s'aprendria. La tecnologia hauria de ser la plataforma en la qual els alumnes provin diferents maneres de solucionar problemes amb els quals s'enfrontaran en el futur adult. Per tant hauríem d'ensenyar-los a fer i tenir pensament crític per poder convertir-se en adults lliures.

L'experiència no només és allò que ens ha passat, sinó també que fem amb allò que ens ha passat. Per tant, no ens hem de quedar només amb la pràctica, això ens ha de servir per trobar noves maneres i camins per resoldre situacions per nosaltres mateixos.

És a dir, una anàlisi i reflexió retrospectiu és l'únic que ens portarà a un aprenentatge significatiu.

Habilitats per treballar + Pensament crític = Aprenentatge significatiu

-Experiència significativa

Per aconseguir una implicació permanent dels alumnes hi ha diferents opcions, que van des d'activitats col·laboratives - on cada membre de l'equip de treball té el seu rol del qual depenen els altres i a la inversa - o també les activitats purament lúdiques o dramàtiques on intervenen fortament les emocions i els sentiments, dos factors fonamentals en la facilitat d'aprenentatge i

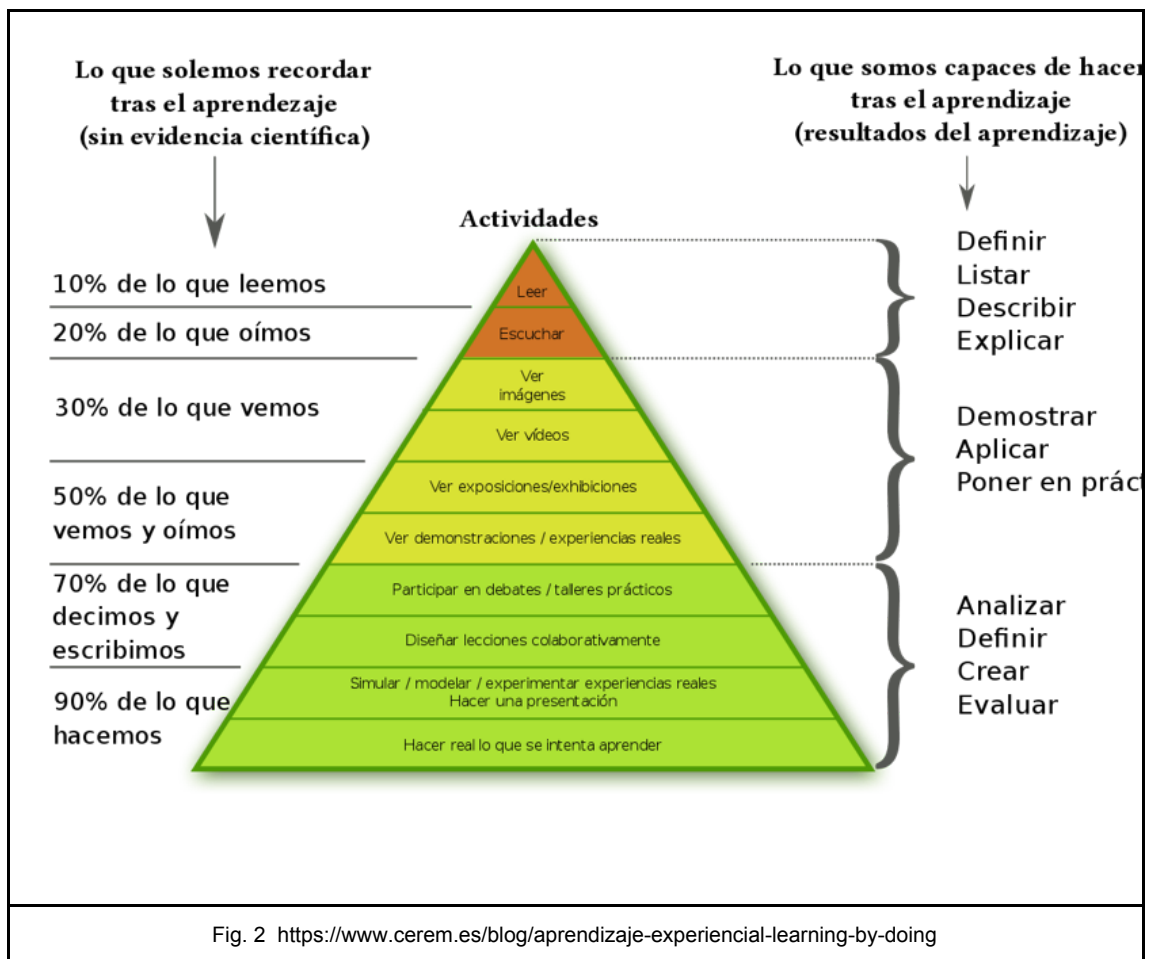
que sigui permanent.

Com ja s'ha mencionat, és important que allò que es posi en pràctica sigui significatiu per l'alumne, que tingui impacte i que d'alguna manera tingui importància per ell, és a dir que li trobi sentit a allò que posa en pràctica i no practicar sense cap objectiu.

De fet, l'entorn natural de l'aprenentatge és el joc. És així com aprenem des de petits, jugant.

El pedagog americà Edgar Dale va dissenyar aquest con per il·lustrar l'eficàcia de les diferents eines o metodologies que poden fer servir en els processos d'aprenentatge.

-La piràmide de l'experiència o conus de l'aprenentatge d'Edgar Dale (1969)



2.2 Plantejament inicial de la problemàtica

Moviment Maker

El moviment Maker consisteix a crear objectes de forma artesana però fent ús de la tecnologia o tècnica com la impressió 3D, la robòtica, el tall làser o la fresadora.

Això s'ha vist afavorit pel fet de la gran proliferació dels espais per a dur a terme aquest tipus de projectes com són els FAB LABs i els Ateneus de fabricació.

Es tracta de produir coses tangibles de forma oberta i compartida. En aquest tipus de laboratoris es reuneixen tot tipus de creadors i tots aprenen de tots. La idea és que generar un

nou model d'aprenentatge des de l'educació per tal que tant sigui una afició o un negoci tot plegat es pugui dur a terme.

L'educació no té perquè dependre d'una aula. El nou model d'estudiant demanda una nova forma d'aprendre, busquen l'aprenentatge experimental. El professor/a és un expert en alguna cosa, no un docent, i allò que ensenya es transforma en emprenedoria com a eina d'aprenentatge en si mateix.

En aquest context el sistema educatiu hauria d'adaptar-se a aquest nou ritme. Els estudiants que adquireixin les competències relacionades amb el domini de les noves tecnologies seran els protagonistes i agents del canvi.

Fab Lab School (FabLearn Labs)

Passar del consum a l'acció i convertir el coneixement en acció, són els programes educatius basats en experimentació i en el concepte, ja molt extens, del "fes-ho tu" o "Do it yourself". Aquesta metodologia d'aprenentatge està arribant als centres en forma de classes de Robòtica, Tecnologia, Makerspace i Fab Labs.

Aquests últims són espais adaptats on es pot construir gairebé qualsevol cosa i on l'experimentació fent prototips i treballant nous processos fomenten la creativitat a través de la pràctica. (Learning by doing)

A Catalunya hi ha un centres que ha adquirit aquest laboratori-taller supervisat per la universitat de Stanford qui és el creador i promotor d'aquests espais per a centres educatius. El projecte consisteix a incorporar el FabLab@school en el nucli curricular del projecte educatiu de centre. Les assignatures que les integren ho fan en cooperació conjunta com a treball de síntesi.

Així doncs les assignatures no són calaixos independents, sinó espais col·laboratius que es complementen i afavoreixen l'aprenentatge.

El format de taller digital de baix cost Fab Labs@school a on es pot fer gairebé qualsevol cosa conté:

- Tall làser
- Scanner 3D
- Fresadores
- Impressores 3D
- Eines de programació

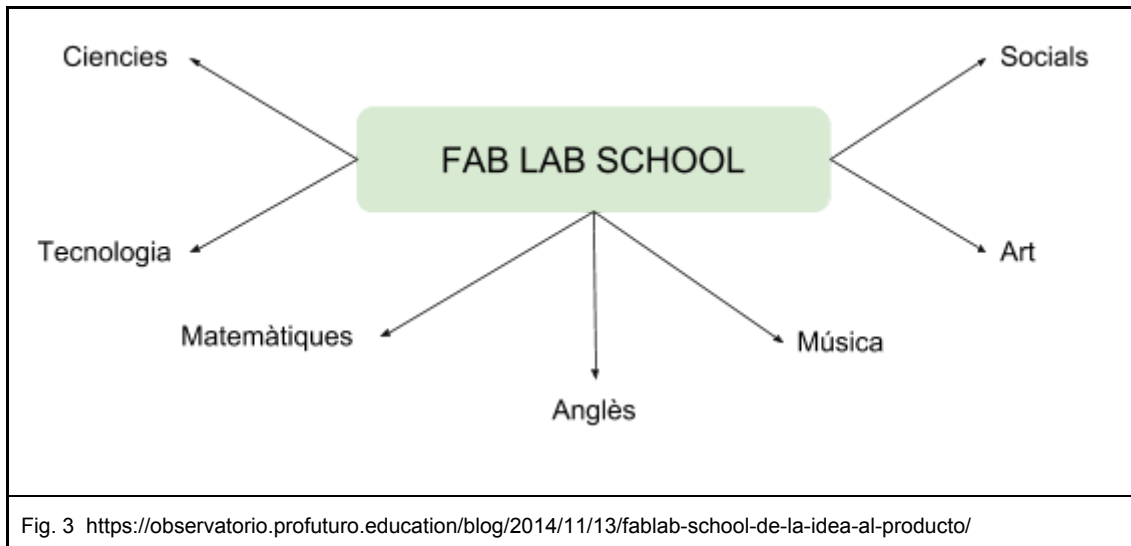
És un observatori d'innovació per a la inclusió que incorpora Tecnologia+Pedagogia+Contingut (model TPAK)

Les característiques del taller digital són:

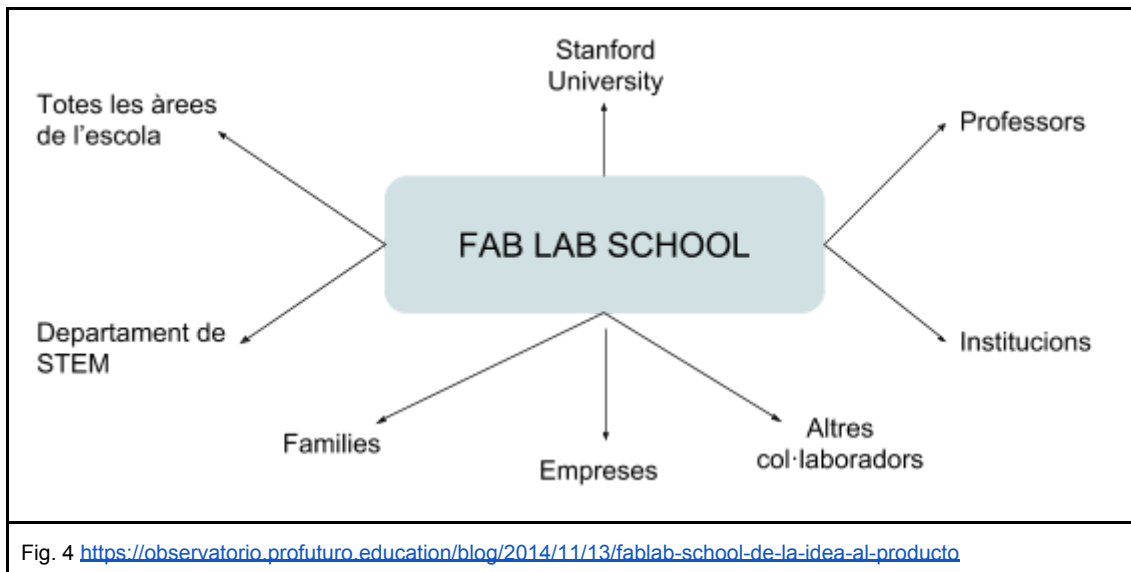
1. Programa de formació docent acuradament dissenyat i provat a diferents cultures i països.
2. Integració del projecte als plans d'estudis del centre, especialment interrelacionant les STEM (ciències, tecnologia, enginyeria i matemàtiques)
3. Activitats dissenyades pels alumnes amb guies docents per a professors neòfits.
4. Eines de software per al modelatge i equips per la realització d'experiments.
5. Programa plenament desenvolupat que defineix sistemes d'avaluació d'aprenentatge i d'impacte relacionat amb la fabricació digital i els entorns basats en l'aprenentatge per projectes.

FAB LAB	ESCOLA	ADAPTACIÓ CURRICULAR	AVALUACIÓ D'APRENENTATGE
Espai creatiu on es pot fabricar gairebé de tot	Localitzat a un centre educatiu	Adaptat al contingut curricular oferint una nova metodologia d'aprenentatge	L'objectiu és facilitar l'aprenentatge i s'ha de poder avaluar

-Implicació de les diferents assignatures i departaments



-Implicació del conjunt de la societat



L'aprenentatge va més enllà de l'aula, l'objectiu és aprofitar els recursos i eines d'aprenentatge formal i informal per tal que els usuaris configuren el seu propi espai de coneixement. Això ho pot fer connectant contextos formals i informals tant curriculars com extracurriculars enriquint el seu coneixement i experiència.

L'experiència d'aprenentatge és a partir de reptes, el projecte incorpora activitats creatives, divergents i obertes. Tant els alumnes com els formadors desenvolupen les activitats en tots els contextos.

El projecte aporta a l'alumne capacitat per analitzar, utilitzar, produir i compartir informació pròpia amb mitjans de comunicació digital. L'ús crític de les TIC com a coneixement transversal per desenvolupar-se adequadament en la cultura i la societat digital, focalitzant les activitats en la creació de productes originals, amb selecció i ús d'oportunitats de quantes eines digitals es requereixin per a l'expressió personal o de grup.

3. La Fabricació digital

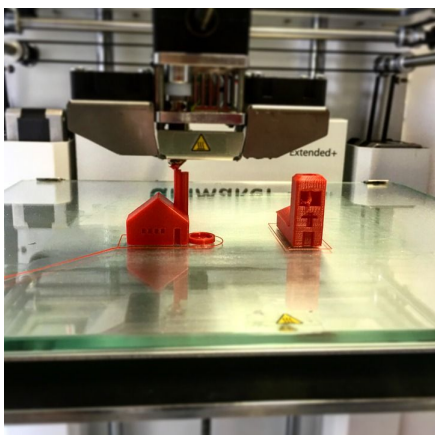
La fabricació digital com a eina per a l'educació del segle XXI

La impressió digital té un especial ressò en l'àmbit del coneixement i l'educació, convertint-se en un dels requeriments bàsics pel desenvolupament dels processos d'ensenyament i aprenentatge significatius.

De la irrupció de les tecnologies a l'educació sorgeix el repte de conèixer, entendre i implementar a on aquests medis tecnològics ens poden recolzar a les activitats de l'ensenyament i l'aprenentatge que busquen el desenvolupament de les capacitats i habilitats en els alumnes, de manera que els medis a l'abast es facin servir com a via per adquirir coneixement.

Treballar amb fabricació digital té nombrosos avantatges. Una d'elles és que fomenta la creativitat i la capacitat de resoldre problemes. Per altra banda genera participació, fa de l'aprenentatge un procés més lúdic i cooperatiu. Els estudiants se senten més interessats perquè són part fonamental del procés, escullen que volen fer i es fan preguntes a partir de l'interès que tenen per arribar a construir el prototip i aquesta motivació els fa voler millorar i arribar a l'objectiu que ells mateixos s'han proposat. Tot això porta a dos factors que per a mi són fonamentals a l'hora d'enfrontar-nos a una classe, i és que les assignatures STEM (ciències, tecnologia, enginyeria i matemàtiques poden treure molt profit de la fabricació digital per explicar conceptes complexos, però més important que això és l'interrelació que es pot establir no només amb les STEM sinó també amb altres assignatures com socials, plàstica o fins i tot música. Per tant promou la col·laboració entre matèries i departaments molt diversos i permet també treballar de forma transversal i per projectes. La tecnologia és l'assignatura que compleix un paper instrumental per comprendre el context.

Impressió digital 3D (Fig. 5)



Aquesta nova forma fabricar i donar forma material a les nostres idees ja està implementat a camps com la medicina, l'arquitectura, artesania i qualsevol àmbit que requereixi prototipatge de peces ràpides, econòmiques i singulars.

A l'àmbit de l'educació es preveu com un camp on es pot arribar a desenvolupar molt fortament. La màxima possibilitat que dona la impressió digital dins les aules és el fet de materialitzar un concepte estudiat o un disseny realitzat pels mateixos alumnes en un objecte real.

Aquest tipus de tecnologia permet transformar un disseny digital (és a dir una idea) en un objecte físic en

funció de la complexitat de la peça i el material que es vulgui fer servir. D'aquesta manera, és possible tenir en poques hores prototips, eines, utensilis de laboratori, maquetes o prototips personalitzats pels mateixos alumnes.

La impressió 3D s'està convertint en una eina pedagògica important dins l'aula perquè permet realitzar activitats multidisciplinàries, apropa als alumnes al món tecnològic real i soluciona problemes que es plantegen als centres.

El centre Turó de Montcada i Reixac, a Barcelona, té un programa força interessant gràcies la iniciativa d'un professor i arran d'haver rebut una impressora 3D com a premi d'innovació. El programa d'aquest centre, "El Turó disseny 3D", consisteix a dissenyar i posteriorment fabricar diferents objectes i eines que donin un servei al centre i els seus membres. Els alumnes han de buscar les necessitats i donar resposta a les propostes de forma conscient i creativa. És així com un dels projectes més significatius d'aquest programa va ser la el disseny i fabricació de la pròtesi de la mà d'una nena del centre que va néixer sense l'extremitat. Un projecte que no només conté coneixements i aprenentatges cognitius sinó encara més importants valors que donen una significació fonamental a la formació dels alumnes. Es demostra, per tant que un projecte de centre pot donar i donar resposta a diferents àrees de la formació.

Per aprofitar tot el seu potencial en matèria creativa, disseny i producció s'ha de fer una aposta des de l'administració, les institucions i empreses.

Molts estudis assenyalen els beneficis de l'aprenentatge en tres dimensions. Redueix el temps que necessiten els alumnes per comprendre conceptes complexos, augmenta la capacitat d'atenció i afavoreix un pensament global més profund i els alumnes gaudeixen de l'experiència.

Recurs educatiu

L'ús de la impressió digital no només és útil per a matèries tècniques, sinó també per altres àrees educatives com geografia, ciències de la natura, matemàtiques (per explicar geometria), visualitzar conceptes abstractes o a història per llocs o personatges. Això fa que es pugui plantejar com una eina d'aprenentatge transversal i cooperatiu en diverses matèries i nivells.

Aprendre modelant

La fabricació digital pot ser de gran utilitat perquè conjuntament amb els alumnes, els professors poden crear material educatiu i didàctic per a ells o per altres nivells. Es pot aprofitar la unitat didàctica de disseny amb programari 3D, o jugar en línia creant objectes tridimensionals de forma col·laborativa per després imprimir allò que s'ha dissenyat.

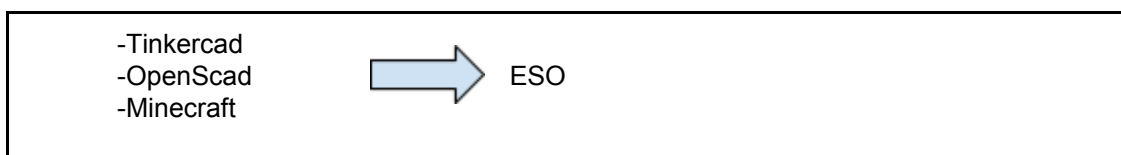


Figura del docent

Encara que hi ha hagut un boom de les impressores 3D, hi ha pocs centres que disposen d'una, i no és una qüestió de pressupost, la dificultat més gran és el desconeixement per part dels docents que necessiten una formació adequada per tal de treure-li el màxim profit.

Els professors tenen interès però no estan formats pel seu ús i no saben com introduir-les a les seves matèries. Per això és important facilitar les possibilitats d'ús, concretant i explorant les diferents aplicacions per a cada una de les assignatures i temes específics.

Per això és necessari integrar-la en el desenvolupament curricular de l'alumne. Per facilitar aquesta tasca cal que El departament d'Ensenyament s'involucri.

Benefici per a l'ensenyament

Comptar amb una impressora 3D en un centre pot permetre als alumnes la possibilitat de descobrir com és de senzill dissenyar en tres dimensions i materialitzar la idea. Això promou la creació i la creativitat.

L'objectiu principal de l'aprenentatge és que els alumnes se sentin importants i actors participants de les seves vides, això afavoreix l'autoestima i la seva motivació augmenta.

Pros

1. Fomentar la creativitat i la capacitat de resoldre problemes, perquè es materialitza la idea en un objecte real. Això provoca un canvi en la mentalitat dels alumnes que han de solucionar els possibles obstacles en el món físic aplicant la creativitat i innovació fins a obtenir objecte desitjat. L'adquisició d'aquestes aptituds prepara millor als estudiants pel futur laboral.
2. Es generen més dinàmiques de participació; l'aprenentatge es transforma en un procés molt més lúdic i participatiu.
3. El docent pot fer servir els objectes impresos en 3D, no només com una eina per ensenyar la figura en si (com pot ser per exemple una figura geomètrica), sinó que pot fer participar en els alumnes en el procés creatiu de l'objecte, és a dir, en el disseny i construcció d'allò que es vol estudiar. Així l'assoliment de conceptes com poden ser, geometries complexes en matemàtiques, o edificis històrics, o òrgans interns del cos humà o qualsevol animal es poden arribar a comprendre molt millor si es treballa amb aquesta eina.
4. Aprendre fent (Learning by doing) i veient el resultat d'allò que s'ha dissenyat fa mantenir l'interès i la motivació. Això és especialment important amb alumnes amb dificultat d'atenció. Passar de la classe teòrica a la pràctica pot arribar a ser un gran incentiu en el procés d'aprenentatge.
5. Aprenentatge i ús transversal: es pot plantejar com una eina col·laborativa tant en l'àmbit transversal en les diferents matèries i departaments: Tecnologia - Ciències - Matemàtiques - Geografia - Història. Com als diferents nivells des de 1r d'ESO fins a Batxillerat.
6. El punt anterior fa que sigui una bona eina per treballar per projectes.

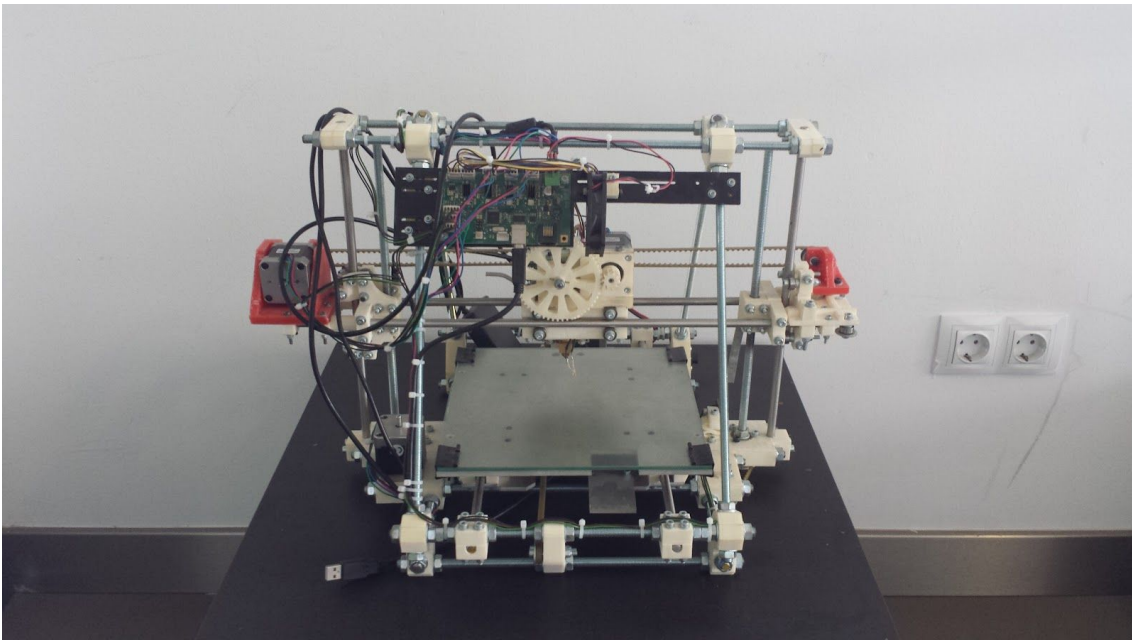
Contres

1. Una impressora adequada per educació encara és una mica cara. Però afortunadament hi ha a la ciutat diversos ateneus de fabricació i tallers preparats per rebre estudiants de qualsevol nivell a les seves instal·lacions per poder cedir l'espai i les màquines.
2. Una impressora pròpia requereix un manteniment adequat per personal especialitzat o que tingui certs coneixements.
3. Són màquines complexes que treballen amb precisió mil·limètrica, per tant la velocitat d'impressió és lenta, segons la dimensió i la complexitat.
4. Encara hi ha una certa resistència al canvi per part dels docents, més encara quan no són de l'àrea de tecnologia, i hi ha manca de formació per tal de treure-li el màxim profit.
5. Estem en un moment on hi ha una explosió en nombre de metodologia d'innovació educativa que encara no té resultats significatius.
6. Limitacions de recursos per invertir en infraestructura tecnològica per a l'educació. Els centres majoritàriament on s'està experimentant amb fabricació digital solen ser de

titularitat concertada i privada. Però a poc a poc els centres públics van resolent la manca de recursos amb els centres externs de fabricació com els Fab Labs o laboratoris de fabricació especialitzats amb centres educatius.

7. Encara aquest tipus d'accions depenen d'iniciatives personals de professors o departaments i es necessita un impuls que vingui des de l'administració.

3.1 Impressores 3D



(Fig. 6)

D'una forma molt essencial la impressió 3D ens brinda una possibilitat que no ofereix cap altra tecnologia de la qual disposa l'home, ens permet tocar amb la mà allò que en principi és digital o eteri. Si una impressora 3D és una màquina capaç de materialitzar objectes a partir d'un arxiu digital, això vol dir dues coses; la primera que la clau estaria a aprendre a parlar el mateix llenguatge, és dir, aprendre a modelar objectes en tres dimensions usant qualsevol programari. La segona és que una vegada ho fem, serem capaços de portar al món nous objectes i eines que anteriorment no existien.

Un dels factors de l'èxit d'aquest aparell i el seu ús massiu és degut fonamentalment a l'alliberació del hardware, és a dir els components físics amb els quals estan fabricades les impressores, arribant a poder auto construir-se (aquest tipus d'aparells han tingut gran èxit en l'àmbit d'educació i domèstic, poder-se fabricar les peces de la impressora per tenir-hi recanvis)

Un altre dels factors és l'aparició de múltiples softwares, és a dir programari informàtic que permet dissenyar objectes en 3D, de codi obert (open source). El desavantatge és que requereix un mínim domini del programa i no solen ser fàcils encara que cada vegada són més intuïtius. En tot cas, hi ha una gran varietat d'objectes ja dissenyats en biblioteques virtuals que es poden fer servir tal com venen o modificar-se.

Perquè en un futur es transformi en una eina habitual en la vida tant quotidiana com laboral, s'ha d'intentar fomentar i impulsar el seu coneixement i ús en l'etapa de formació dels estudiants de secundària, perquè aquests els incorporin com un element d'ús corrent.

Què és?

És un dispositiu amb la capacitat de generar un objecte sòlid tridimensional mitjançant l'addició o compactació de diferents tipus de materials.

Com es genera l'objecte?

El mètode tradicional és subtractiu, és a dir que genera la forma tridimensional de l'eliminació de material. Per contra, la impressora 3D es basa en models d'addició, és a dir, incorporació de material capa a capa seguin un model 3D digital. Un model és la representació digital d'allò que imprimirem i es fa amb un software de modelatge.

Quins tipus hi ha?

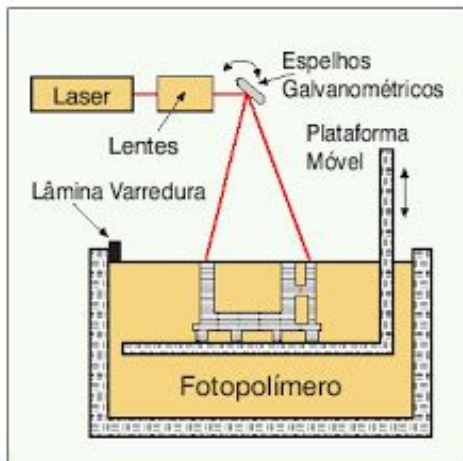
- Impressores d'addició.
- Impressores de compactació: És una impressora que fa servir

-Làser; Fa servir un feix de llum làser amb l'energia suficient per compactar pols de polímers. Després se submergeix en un líquid que el solidifica.

-Tinta; Pot fer servir diferents colors en una mateixa impressió.

Els mètodes actuals més utilitzats són:

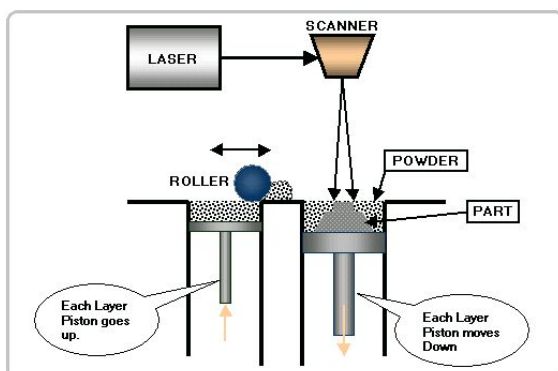
- **Esteriolitografia (SLA):** (Fig. 7) Consisteix a projectar un feix de llum ultraviolada sobre resina líquida fotosensible, continguda en un recipient amb una plataforma mòbil dins. Aquesta va baixant, capa a capa metre el làser va solidificant la resina.



Aquesta tècnica va ser la primera a utilitzar-se. Consisteix en l'aplicació d'un feix de llum ultraviolat a una resina líquida (continguda en una galleda) sensible a la llum. La llum UV va solidificant la resina capa per capa. La base que suporta l'estructura es desplaça cap avall perquè la llum torni a exercir la seva acció sobre el nou bany, així fins que l'objecte aconsegueixi la forma desitjada.

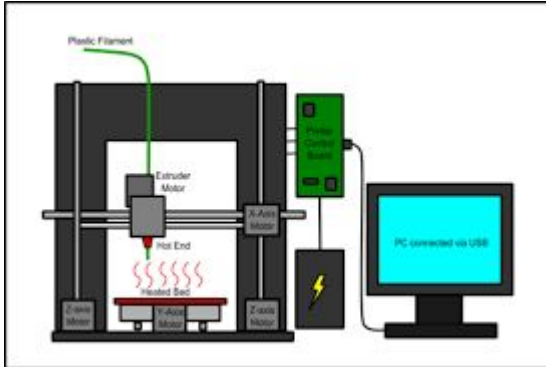
Amb aquest mètode s'aconsegueixen peces d'altíssima qualitat, encara que, per treure un inconvenient, es malgasta certa quantitat de material en funció del suport que sigui necessari fabricar.

- **Sintetitzat selectiu per làser (SLS):** (Fig. 8) Aquest sistema consisteix a



dipositar una fina capa de pols del material que es vulgui treballar sobre una plataforma amb un pistó mòbil que va baixant mentre un làser sinteritza l'àrea seleccionada, la fusiona i solidifica capa a capa. La pols que no se solidifica es pot recuperar per tornar a fer-la servir.

- **Model per deposició fosa (FDM):** (Fig. 9) Aquesta és la impressora més popular i més econòmica per fer-la servir en centres educatius o en l'àmbit domèstic. La tècnica additiva del modelatge per deposició fosa és una tecnologia que consisteix a dipositar polímer fos sobre una base plana, capa a capa. El material, que inicialment es troba en estat sòlid emmagatzemat en rotllos, es fon i és expulsat pel filtre en minúsculs fils que van solidificant a mesura que van prenent la forma de cada capa.



Es tracta de la tècnica més comuna quant a impressores 3D d'escriptori i usuaris domèstics es refereix. Encara que els resultats poden ser molt bons, no solen ser comparables amb els quals ofereixen les impressores 3D per SLA, per exemple. L'avantatge principal és que aquesta tecnologia ha permès posar la impressió 3D a l'abast de qualsevol persona amb impressores com la CubeX, Prusa o qualsevol impressora de RepRap.

Actualment s'utilitzen una gran varietat de materials, entre els quals predominen ABS i PLA.

Perquè hem d'aprendre la fabricació digital?

Les impressores 3D actualment poden arribar a materialitzar gairebé tot allò que puguem imaginar i dissenyar amb l'ordinador.

Cada cop més, la fabricació digital, i específicament la impressió 3D, està més incorporada en els processos tant de disseny com de fabricació de productes de tot tipus i materials. Estudis del sector determinen que en pocs anys aquest tipus de tecnologia arribarà al 90% de la producció a escala mundial, ja sigui en disseny de prototips com en productes finals. Organismes com la NASA o empreses privades d'aeronàutica ja la fan servir per facilitar els processos de producció.

En aquest cas, tal com ha passat amb la majoria dels invents, com per exemple l'impremta al segle XV que va generar un gran canvi en la possibilitat que, no només els erudits (el clergat i la noblesa) tinguessin accés al coneixement. Podem dir que a dates d'ara més del 80% de la població mundial major de 15 anys sap llegir i escriure (UNESCO, 2014). Per tant si els processos tecnològics avancen tan de pressa, que podem esperar a futur de la fabricació digital i les seves aplicacions? No podem preveure què passarà d'aquí a uns anys, però el que si podem saber, és que la tecnologia digital en totes les seves manifestacions cada cop estaran més incorporades al món laboral i domèstic.

Amb la primera revolució industrial, el model socioeconòmic va canviar i moltes ocupacions i tasques es van substituir per la mecanització. Això va provocar un canvi en l'evolució del treball. La segona revolució industrial del segle XX va ser desencadenada per la producció de petroli i tecnologia elèctrica que condueix a l'automatització i la producció en massa. El mateix està passant i continuarà passant en aquesta tercera revolució, la revolució digital, on els processos de producció i fabricació han passat de la mecanització a la informatització. Això requereix una especialització del treball. En aquest tipus d'ocupació, seran necessàries persones amb una alta formació en treball en equip, creativitat i resolució de problemes lògics, judici i sentit comú.

Si bé no està clar quins treballs específics es generaran al voltant de la fabricació digital en el futur, la responsabilitat de la societat començant per la dels educadors serà, donar les eines i formar els criteris per tal que els alumnes i futurs professionals puguin resoldre de manera creativa gairebé qualsevol situació, repte o problema. És per això que no té gaire sentit, actualment, ensenyar des d'un enfocament purament memorístic i de retenció d'informació, perquè ara tots tenim al nostre abast, l'accés a qualsevol tipus d'informació i coneixement emmagatzemat en memòries externes al nostre cervell. Ja no és tan important retenir dades, ara és important saber buscar i saber utilitzar aquesta informació amb esperit crític.

Aquest mateix concepte es pot aplicar a la fabricació digital, perquè no només és important saber la tècnica ni el funcionament mecànic de les màquines. És molt més important conèixer el llenguatge que fan servir per treure-hi el màxim profit. Per tant hi dedicarem més temps en les fases de, idea, conceptualització i disseny, per un cop fabricat l'objecte tornar a analitzar el seu correcte funcionament i si no és així, tornar a iniciar el cicle. Hem de conèixer el llenguatge digital de manera fluida per poder empoderar-nos i ser capaços de resoldre, per nosaltres mateixos, les situacions a les quals ens enfrontem, sense altres estructures o intermediaris, per poder tenir una més gran llibertat i capacitat d'acció.

Quins materials fa servir?

Les impressores de baix cost acostumen a funcionar amb materials termoplàstics, com el PLA o ABS.

Per poder fer servir materials més específics, tals com polímers, resines o metalls haurem de fer servir altres tipus d'impressores 3D, encara que aquest tipus d'impressores estan més lligades a entorns industrials.

Aplicacions i usos

- Automoció: Fabricació de peces i fins i tot en fase d'experimentació s'ha arribat a fer un vehicle complet.
- Alimentació: Qualsevol cosa que estigui en format de pols o líquid es pot imprimir. Ja s'han creat impressores de menjar que poden ser molt útils per exemple en missions a l'espai.
- Medicina: Implants metàl·lics, aparells ortopèdics, teixits tous i òrgans.
- Aeronàutica: Components i peces de les aeronaus.

3.2 Torn de control numèric



Fig. 10

El torn de control numèric, també coneguts com a torn CNC és un tipus d'eina mecànica de la família dels torns que actua guiat per un ordinador que executa programes controlats per mitjà de dades alfanumèriques, tenint en compte els eixos cartesianes X,Y,Z. Es caracteritza per ser una màquina molt eficaç per mecanitzar peces de revolució. Ofereix una gran capacitat de producció i precisió en la mecanització per la seva estructura funcional.

Tècniques sustractives

El Mecanitzat d'Alta Velocitat és el mètode en el qual una màquina de control numèric genera automàticament el programa de control d'alta velocitat a partir d'arxius CAD. Per realitzar la peça es parteix d'una preforma, a la qual es va eliminant el material sobrant amb una eina de mecanitzat, per successives passades, fins a generar la peça final.

És una tècnica barata i ràpida, que permet bons acabats superficials.

Funcionament

En el seu funcionament els torns CNC tenen tres eixos de referència, anomenats X,Z,Y:

L'eix Z és el que correspon al desplaçament longitudinal de l'eina en les operacions de cilindrada. L'eix X és el que realitza el moviment transversal de l'eina i correspon a les operacions perpendiculars a l'eix principal de la màquina.

Aquests són els dos eixos principals, però amb els CNC d'última tecnologia comença a tenir molta més importància l'Eix Y: eix que comanda l'altura de les eines del CNC.

Aquests eixos tenen incorporada la funció d'interpolació, és a dir que poden desplaçar-se de forma simultània, podent aconseguir mecanitzacions còniques i esfèriques d'acord a la geometria que tinguin les peces.

Donada la robustesa de les màquines, permeten treballar a velocitats de tall i avanç molt superiors als torns convencionals i, per tant, requereixen una gran qualitat de les eines que utilitzen. Aquestes solen ser de metall dur o de ceràmica.

3.3 Tall làser



Fig. 11

El tallat làser és una tecnologia que fa ús d'un raig làser per tallar diferents materials. Normalment s'utilitza en instal·lacions de caràcter industrial i de gran format però últimament estan apareixent alguns tallers i factories de mida reduïda o mitjana que en comencen a fer ús. El tallat làser consisteix a fer incidir -mitjançant control per computador- un raig làser d'elevada potència al material que es desitja tallar. A continuació aquest material bé pot fondre's, cremar-se, evaporar-se o fins i tot sublimar-se, deixant un reduït espai amb un molt bon acabat superficial. L'aplicació més habitual d'aquest tipus de tecnologia es troba en el tallat de làmines planes d'una gran varietat de materials.

Procès

La generació dels feixos làser, implica estimular un material mitjançant descàrregues elèctriques o llums incidents en espais tancats. Mentre el material és estimulat, el feix es reflecteix internament per mitjà d'un mirall parcial fins que s'aconsegueix l'energia suficient per emetre un raig de llum monocromàtica compacte. Miralls o fibres òptiques s'utilitzen normalment per dirigir el feix de llum per la lent, aquesta enfoca la llum a la zona de treball. La part més estreta del feix enfocat és generalment menor que 0,3175 mm de diàmetre. Depenent de gruix del material, es poden aconseguir amplituds de tall de fins a 0,1016 mm únicament. Per tal de ser capaç d'iniciar el tall en algun altre lloc que no sigui la vora de la planxa, es realitza un forat abans de cada tall. Aquesta primera perforació, en general implica l'emissió d'alta potència per part del feix làser i així, a poc a poc es fa un forat en el material, tardant al voltant d'uns 5-15 segons per tallar un gruix de 13 mm d'acer inoxidable.

4. El currículum educació secundària obligatòria.

• TECNOLOGIA

	1r trimestre	2n trimestre	3r trimestre
1r ESO	El procés tecnològic (contingut comú a tots els blocs) (CC17, CC24, CC25)	Desenvolupament dels projectes tecnològics.	Disseny i construcció d'objectes (CC17, CC19, CC21, CC24)
	Materials (CC17, CC19, CC23)	L'organització del treball (CC17, CC24, CC25)	
2n ESO	El procés tecnològic (contingut comú a tots els blocs) (CC17, CC24, CC25)	Electricitat (CC19, CC20, CC22, CC24, CC25)	Processos i transformacions tecnològiques de la vida quotidiana (CC17, CC21, CC23, CC25)
		Llenguatges de programació (CC24, CC25)	

3r ESO	El procés tecnològic (contingut comú a tots els blocs) (CC17, CC19, CC24, CC25)	Estructures (CC17, CC24, CC25)	Les comunicacions (CC17, CC20, CC25)
		Màquines i mecanismes (CC17, CC18, CC19, CC20, CC21)	Programació d'aplicacions (CC24, CC25)

• SOCIALS

	1r trimestre	2n trimestre	3r trimestre
1r ESO	El paisatge com a resultat de la interacció entre la humanitat i el medi (CC1, CC10, CC17, CC18)	El coneixement del passat: de les societats prehistòriques al món clàssic (CC1, CC3, CC4, CC5, CC8, CC9, CC14, CC16)	
2n ESO	L'ocupació del territori: població i societat (CC11, CC17, CC18, CC19, CC20, CC21, CC22)	El món medieval (CC1, CC3, CC4, CC5, CC9, CC12, CC13, CC14, CC16)	
3r ESO	L'edat moderna (CC1, CC3, CC4, CC5, CC6, CC9, CC14, CC16)	Activitat econòmica i organització política (CC22, CC23, CC24, CC25, CC26, CC27, CC28)	

• MATEMÀTIQUES

	1r trimestre	2n trimestre	3r trimestre
1r ESO	Numeració i càlcul / Canvi i relació	Espai i forma / Mesura	Estadística i atzar
	Nombres naturals i enters (CC1, CC3)	Figures geomètriques de dues dimensions (CC8, CC9)	Estudis estadístics (CC13, CC14)
	Fraccions (CC1, CC2, CC3)		
	Càlcul mental (CC1, CC3)	L'organització del treball (CC17, CC24, CC25)	Gràfics estadístics (CC14)
	Patrons per expressar regularitats entre magnituds i quantitats (CC5)	Simetria (CC10)	Eines d'anàlisi de dades (CC15)
	Taules i gràfics per	Eines i instruments (CC9)	Conceptes bàsics de

	expressar relacions (CC6)		probabilitat (CC16)
2n ESO	Espai i forma / Mesura	Estadística i atzar	Numeració i càlcul / Canvi i relació
	Figures i cossos geomètrics (CC8, CC9)	• Estudis estadístics (CC13, CC14)	Nombres racionals (CC1, CC2, CC3)
	Proporcionalitat i semblança en figures de dues dimensions (CC9, CC10)	Gràfics estadístics (CC14)	
	Teoremes de Tales i de Pitàgores (CC9, CC10)	Eines d'anàlisi de dades (CC15)	Percentatges (CC2, CC3)
	Unitats de mesures d'àrees i volums (CC11, CC12)		
	Longituds, perímetres i àrees de figures planes (CC11)	Conceptes bàsics de probabilitat (CC16)	Càlcul mental (CC1, CC2, CC3)
	Superfícies i volums de cossos de l'espai (CC11, CC12)		
3r ESO	Estadística i atzar	Numeració i càlcul/Canvi i relacions	Espai i forma/Mesura
	Estudis estadístics (CC13, CC14)	Màquines i mecanismes (CC17, CC18, CC19, CC20, CC21)	Proporcionalitat i semblança (CC8, CC9, CC10)
	Gràfiques estadístiques (CC14)	Nombres grans i nombres petits (CC1, CC3)	
		Successions numèriques (CC1, CC2, CC3)	Transformacions geomètriques (CC10)
	Eines d'anàlisi de dades (CC15)	Funcions lineals i funcions de proporcionalitat inversa (CC4, CC5, CC6, CC7)	Mesures directes (CC11, CC12)
	Conceptes bàsics de probabilitat (CC16)	Equacions de 1r i 2n grau i sistemes d'equacions de 1r grau (CC4, CC5, CC7)	Mesures indirectes (CC11, CC12)

● VISUAL I PLÀSTICA

	1r trimestre	2n trimestre	3r trimestre
1r ESO	Dimensió percepció i escolta	Dimensió expressió, interpretació i creació	Dimensió societat i cultura
	Visió i percepció. (CC1, CC7, CC18, CC14, CCD9)	Les tècniques i els sistemes de representació. (CC1, CC9, CC4, CC8, CCD9, CCD10, CCD16, CCD17, CCD18, CCD19, CCD22, CCD24)	Funció social de l'art. (CC6, CC10, CC11, CC12, CCD16)
	Fonaments del llenguatge visual. (CC2, CC3, CC8, CCD9, CCD16)		
Forma i configuració. (CC5, CC8, CCD9)	La creació artística. (CC4, CC6, CC7, CC8, CC12, CC13, CC15, CCD9, CCD10, CCD16, CCD17, CCD18, CCD19, CCD22, CCD24)		
2n ESO	Dimensió percepció i escolta	Dimensió expressió, interpretació i creació	Dimensió societat i cultura
	Visió i percepció. (CC1, CC7, CC8, CC14, CCD9)	Les tècniques i els sistemes de representació. (CC1, CC9, CC4, CC8, CCD9, CCD10, CCD16, CCD17, CCD18, CCD19, CCD22, CCD24)	Funció social de l'art. (CC6, CC10, CC11, CC12, CCD16)
	Fonaments del llenguatge visual. (CC2, CC3, CC8, CCD9, CCD16)	La creació artística. (CC4, CC6, CC7, CC8, CC12, CC15, CCD9, CCD10, CCD16, CCD17, CCD18, CCD19, CCD22, CCD24)	
Forma i configuració. (C5, CC8, CCD9)			
3r SO	Dimensió percepció i escolta	Dimensió expressió, interpretació i creació	Dimensió societat i cultura
	Visió i percepció. (CC1, CC7, CC8, CC14, CCD9)	Les tècniques i els sistemes de representació. (CC1, CC9, CC4, CC8, CCD9, CCD10, CCD16, CCD17, CCD18, CCD19, CCD22, CCD24)	Funció social de l'art. (CC6, CC10, CC11, CC12, CCD1E6)
	Fonaments del llenguatge visual. (CC2, CC3, CC8, CCD9, CCD16)	La creació artística. (CC4, CC6, CC7, CC8, CC12, CC15, CCD9, CCD10, CCD16, CCD17, CCD18, CCD19,	

	Forma i configuració. (C5, CC8, CCD9)	CCD22, CCD24)	
--	---------------------------------------	---------------	--

5. Incorporació de la fabricació digital en el currículum

Proposta pedagògica

Objectius generals:

- Motivar als alumnes a desenvolupar projectes amb llibertat i creativitat, mitjançant l'experimentació el procés de disseny i realització de prototipatge.

Objectius específics:

- Planificar el desenvolupament de les activitats fent preguntes i buscant el camí per resoldre els reptes.
- Desenvolupar la creativitat i l'habilitat fent modelatge i fabricació en 3D.
- Aprendre a treballar en equip per treure'n el màxim profit de les habilitats i capacitats de cadascun dels membres.
- Aprendre a treballar de manera transdisciplinària. És a dir, segons J. Piaget, la capacitat de treballar entre les diferents disciplines, a través de les diferents disciplines i més enllà d'elles.

El projecte busca millorar la manera de comprendre els conceptes complexos, fent-los tangibles i per tant que es dotin de realisme i significació.

La metodologia emprada és la experiementació aplicada a diferents àrees fent servir la fabricació digital com a eina i l'assignatura de tecnologia com a medi i catalitzador.

El model a seguir és el construccionista, és a dir que l'estudiant aprèn nous coneixements mitjançant la construcció de projectes tangibles que fan que l'aprenentatge sigui significatiu. Aprendre fent és la base d'aquest model i l'error forma part fonamental del procés d'aprenentatge. Si no hi ha pràctica, no hi ha habilitat, només informació emmagatzemada.

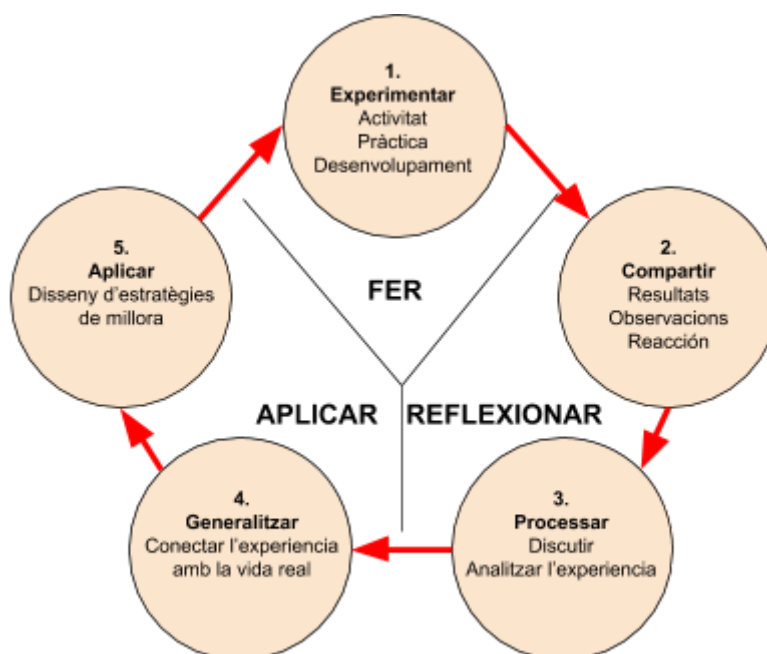


Fig. 11

TEMA COMÚ: De BARCINO a BARCELONA

Viatge per Barcelona, Projecte transversal impulsat pel museu d'història de Barcelona (MUHBA) I L'AJUNTAMENT DE BARCELONA.

Adreçat a l'alumnat d'ESO.

Viatge per Barcelona és una proposta innovadora pensada perquè els alumnes d'ESO aprenguin a passejar per la ciutat interpretant i comparant espais i realitats urbanes diferents. La modalitat per dur a terme el projecte és un treball de síntesi que s'estructura en cinc grans itineraris autoguiats. La proposta ofereix als alumnes unes pautes d'anàlisi urbanística, social, cultural i econòmica que els permeten fer un reconeixement extensiu i comparatiu dels barris i els usos i funcions de les àrees urbanes. L'anàlisi de les diferents parts permet construir un relat sintètic sobre la ciutat.

METODOLOGIA: ABP (Aprentatge Basat En Projectes) En aquesta activitat ens proposem que els alumnes facin una recerca per descobrir com eren aquesta tipologia d'edifici, quina va ser la necessitat que els va portar a construir-los, en quina època es van construir, i com van evolucionar a través del temps. Per això farem servir el mètode d'aprenentatge per projectes, ABP o PBL (project based learning). Els donarem les pautes necessàries perquè iniciem l'activitat, farem un seguiment del procés d'aprenentatge i avaluarem el procés de recerca i adquisició de competències.

ORGANITZACIÓ: Grups de 4 alumnes que es mantenen en les 4 assignatures involucrades. La formació dels grups ha de ser molt estudiada per tal que siguin el més heterogeni possible i que els membres dels equips es complementin. Si es deixa escollir lliurement als alumnes es corre el risc que aquesta heterogeneïtat no es compleixi. Però, si per altra banda ho fa el professor, és probable que es generin dinàmiques negatives per ser grups forçats. Per tant, una bona manera de fer els grups és deixar formin parelles i un cop estiguin fetes i tenint en compte les particularitats de cada alumne, el professor ajuntarà parelles i crearà els grups de treball.

També els demanarà que s'assignen responsabilitats dins del grup i que es reparteixen les tasques. El professor participarà en aquest procés per tal d'aconseguir un repartiment adequat.

5.1 1r d'ESO

En aquest projecte, dirigit als alumnes de 1r de l'ESO, es pretén que els alumnes assoleixin des de les 4 assignatures de manera complementària, els continguts a partir d'un tema en comú. La fundació de *la Barcelona romana*.

El projecte enfrontarà la temàtica dels elements fonamentals de l'arquitectura romana des de:

-La tecnologia amb l'anàlisi de les parts d'un edifici emblemàtic a escollir per cada grup després d'haver fet la recerca de la informació per escollir-lo. I el posterior dibuix i fabricació de les parts de l'edifici per aconseguir una més gran comprensió dels elements estudiats. En el cas d'haver alumnes amb dificultats clares a l'hora de generar els dissenys amb eines informàtiques se l'hi pot donar arxius ja fets dels elements que han de fabricar on ells, segons la dificultat que tinguin podran modificar o no el dibuix.

-Matemàtiques aprehenent les formes geomètriques que tenen els elements arquitectònics i les estructures de les ciutats.

-Socials amb la comprensió dels diferents monuments històrics, el seu ús, significació, la seva raó de ser.

-Visual i plàstica amb la seva tipologia i característiques.

El principal objectiu del projecte és aprendre a col·laborar entre companys de manera sana a través del treball cooperatiu i la metodologia activa d'aprenentatge.

L'activitat està fonamentada en tota la seva estructuració amb la metodologia de l'Aprenentatge basat en projectes com a motor vehicular.

Treballarem la part dels continguts de:

-TECNOLOGIA:

❖ Bloc curricular: Disseny i construcció d'objectes

➤ Contingut:

- Anàlisi d'objectes quotidians. Materials i formes. Funcionalitat i ergonomia.
- Representació d'objectes: escales, acotacions i croquis. Instruments de mesura bàsics.
- Disseny i construcció d'un objecte senzill.
- Eines digitals per al disseny i la construcció d'objectes.

-MATEMÀTIQUES:

❖ Bloc curricular: Espai i forma

➤ Contingut: Figures geomètriques de dues dimensions.

- Identificació i descripció a partir d'objectes reals, imatges i models.
- Posició i orientació de les figures.
- Elements bàsics de la geometria plana (paral·lelisme i perpendicularitat)

➤ Contingut: Eines i instruments

- Eines digitals (applets diversos i programari lliure de geometria dinàmica, tipus GeoGebra).

-SOCIALS:

❖ Bloc Curricular: El coneixement del passat: de les societats prehistòriques al món clàssic.

➤ Contingut:

- L'intercanvi econòmic i cultural entre els pobles colonitzadors de la Mediterrània i les poblacions autòctones de la península Ibèrica. La Hispània romana.
- Roma: monarquia, república i imperi. Organització política, social, cultural i artística. La romanització.

-VISUAL I PLÀSTICA:

❖ Bloc curricular: Dimensió percepció i escolta

➤ Contingut: Forma i configuració.

- Tipologia i característiques.
- Estructura i classificació de les formes i funcions.

5.2 2n d'ESO

En aquest projecte, dirigit als alumnes de 2n de l'ESO, es pretén que els alumnes assoleixin des de les 4 assignatures de manera complementària, els continguts a partir d'un tema en comú. *La Barcelona Gòtica*.

El projecte enfrontarà la temàtica dels elements fonamentals de l'arquitectura gòtica des de:

-La tecnologia amb l'anàlisi de les parts d'un edifici emblemàtic a escollir per cada grup després d'haver fet la recerca de la informació per escollir-lo. I el posterior dibuix i fabricació de les parts de l'edifici per aconseguir una més gran comprensió dels elements estudiats. En el cas d'haver alumnes amb dificultats clares a l'hora de generar els dissenys amb eines informàtiques se l'hi pot donar arxius ja fets dels elements que han de fabricar on ells, segons la dificultat que tinguin podran modificar o no el dibuix.

-Matemàtiques aprehenent les formes geomètriques que tenen els elements arquitectònics i les estructures de les ciutats.

-Socials amb la comprensió dels diferents monuments històrics, el seu ús i significació, la seva raó de ser.

-Visual i plàstica amb l'anàlisi de l'estructura geomètrica de les formes. La seva forma i funció.

El principal objectiu del projecte és aprendre a col·laborar entre companys de manera sana a través del treball cooperatiu i la metodologia activa d'aprenentatge.

L'activitat està fonamentada en tota la seva estructuració amb la metodologia de l'Aprenentatge basat en projectes com a motor vehicular.

Treballarem la part dels continguts de:

-TECNOLOGIA:

- ❖ Bloc curricular: Processos i transformacions tecnològiques de la vida quotidiana
 - Contingut:
 - Tècniques utilitzades en el procés de transformació. La fabricació digital.
 - Obtenció de matèries primeres. Transformació industrial en productes elaborats.

-MATEMÀTIQUES:

- ❖ Bloc curricular: Espai i forma
 - Contingut: Figures i cossos geomètrics.
 - Identificació en objectes de dues i tres dimensions (descripció i propietats que les defineixen).
 - Construcció, composició i descomposició d'objectes de dues i tres dimensions (materials manipulables, instruments de dibuix i eines digitals, tipus GeoGebra)
 - Representació plana d'objectes de tres dimensions.
 - Desenvolupament pla de cossos geomètrics.

-SOCIALS:

- ❖ Bloc Curricular: El món medieval

- Contingut:
 - L'edat mitjana: etapes i cronologia. L'imaginari medieval: el cristianisme. Els regnes germànics i l'imperi bizantí.
 - L'art medieval: romànic, gòtic i islàmic.

-VISUAL I PLÀSTICA:

- ❖ Bloc curricular: Dimensió percepció i escolta

- Contingut: Forma i configuració.
 - La forma bidimensional i tridimensional.
 - Estructura de la forma tridimensional.
 - Estructura geomètrica de les formes.
 - Forma i funció.

5.3 3r d'ESO

En aquest projecte, dirigit als alumnes de 3r de l'ESO, es pretén que els alumnes assoleixin des de les 4 assignatures de manera complementària, els continguts a partir d'un tema en comú. *La Barcelona Moderna*

El projecte enfrontarà la temàtica dels elements fonamentals de l'arquitectura gòtica des de:

-La tecnologia amb l'anàlisi de les parts d'un edifici emblemàtic a escollir per cada grup després d'haver fet la recerca de la informació per escollir-lo. I el posterior dibuix i fabricació de les parts de l'edifici per aconseguir una més gran comprensió dels elements estudiats. En el cas d'haver alumnes amb dificultats clares a l'hora de generar els dissenys amb eines informàtiques se l'hi pot donar arxius ja fets dels elements que han de fabricar on ells, segons la dificultat que tinguin podran modificar o no el dibuix.

-Matemàtiques aprehenent les formes geomètriques que tenen els elements arquitectònics i les estructures de les ciutats.

-Socials amb la comprensió dels diferents monuments històrics, el seu ús i significació, la seva raó de ser.

-Visual i plàstica l'estudi recerca i anàlisi de les formes i la seva elaboració amb tècniques de representació.

El principal objectiu del projecte és aprendre a col·laborar entre companys de manera sana a través del treball cooperatiu i la metodologia activa d'aprenentatge.

L'activitat està fonamentada en tota la seva estructuració amb la metodologia de l'Aprenentatge basat en projectes com a motor vehicular.

Treballarem la part dels continguts de:

-TECNOLOGIA:

- ❖ Bloc curricular: Estructures

- Contingut:
 - Funció i característiques d'una estructura.
 - Tipus d'estructures.
 - Tipus d'esforços resistents.
 - Elements i esforços estructurals d'objectes quotidians i construccions simples.

- Anàlisi d'esforços i estabilitat d'estructures mitjançant aplicacions digitals.
- Disseny, construcció i avaluació d'estructures simples.

-MATEMÀTIQUES:

- ❖ Bloc curricular: Espai i forma
 - Contingut: Proporcionalitat i semblança
 - Figures semblants de tres dimensions.
 - Ampliacions i reduccions; factor escala.
 - Contingut: Transformacions geomètriques
 - Translacions, girs i simetries.
 - Programes de geometria dinàmica, tipus GeoGebra.
 - Ús de les transformacions geomètriques per a la resolució de problemes en contextos diversos.

-SOCIALS:

- ❖ Bloc Curricular: L'edat moderna
 - Contingut:
 - La cultura i l'art als segles XVI i XVII. Humanisme, Renaixement i Barroc.

VISUAL I PLÀSTICA:

- ❖ Bloc curricular: Dimensió expressió, interpretació i creació
 - Contingut: Les tècniques i els sistemes de representació.
 - Interpretació de les produccions artístiques: anàlisi amb elements formals i conceptuals.
 - Art, disseny i noves tecnologies.

6. Projecte transversal

DE BARCINO A BARCELONA			
CURS: 1er d'ESO	ASSIGNATURES: Tecnologia - Socials - Matemàtiques - Visual i plàstica		METODOLOGIA: ABP
PROJECTE: BARCINO			
Objectius d'aprenentatge	Competències bàsiques	Continguts	Criteris d'avaluació
<p>Conèixer els següents elements de l'arquitectura romana: arc de triomf, amfiteatre, temple, columna</p> <p>Saber utilitzar el programa Thinkercad. Representar amb eines digitals</p>	<p><i>-Digital:</i> Recerca d'informació a la xarxa</p> <p><i>-Comunicativa:</i> Argumentar i compartir opinions</p> <p><i>-Autonomia i iniciativa personal:</i> Aportació d'idees al grup</p> <p><i>-Coneixement del món</i></p>	<p>Edificis característics de l'arquitectura romana: arc de triomf, amfiteatre, columna</p> <p>Programari de dibuix en 2D i 3D</p>	<p>-Observació</p> <p>-Anàlisi de fonts primàries</p> <p>-Anàlisi de fonts secundàries</p> <p>-Identificació</p> <p>-Representació</p>

objectes a escala	<i>físic</i> : Relacionar els elements entre ells <i>-Aprendre a aprendre</i>		
Conèixer els principals dels cosos geomètrics		Elements geomètrics. Figures geomètriques	
Passar de la idea al dibuix		Expressió gràfica	
Construir un objecte senzill en 3D		Ús de la impressió digital	
CURS: 2n d'ESO	ASSIGNATURES: Tecnologia - Socials - Matemàtiques - Visual i plàstica		
PROJECTE: BARCELONA MEDIEVAL			
Objectius d'aprenentatge	Competències bàsiques	Continguts	Criteris d'avaluació
Distingir els elements característics dels estils romànic i gòtic i reconèixer les obres pertanyents als mateixos.	Competència matemàtica i competències bàsiques en ciència i tecnologia: l'oportunitat d'utilitzar eines matemàtiques tals com a escales, mesures, taules o representació gràfica -Competència digital: la informació apareix com a element imprescindible de l'aprenentatge -Aprendre a aprendre	-Obtenció d'informació usant diferents fonts	Distingeix les característiques principals de l'art romànic i de l'art gòtic i saps assignar determinades obres amb cadascun d'ells.
Reconèixer els diferents cosos geomètrics de l'arquitectura romànica, gòtica i islàmica		-Interpretació i representació de la geometria dels cossos analitzats	Reconeix els diferents cosos geomètric.
Representar amb eines digitals objectes a escala		-Utilització de recursos digitals	Es capaç de representar objectes a escala
Representar de forma bidimensional i tridimensional aplicant tècniques gràfiques		-Coneixement de cadascuna dels edificis més rellevants i tots els seus elements. -Distinció entre els estils d'arquitectura i les seves parts	Representa i executa formes bidimensionals i tridimensionals
CURS: 3er d'ESO	ASSIGNATURES: Tecnologia - Socials - Matemàtiques - Visual i plàstica		
PROJECTE: BARCELONA MODERNA			
Objectius d'aprenentatge	Competències bàsiques	Continguts	Criteris d'avaluació
Reconèixer les característiques de l'arquitectura del renaixement i barroc	-En el coneixement i la interacció amb el món físic. -Matemàtica -Cultural y artística -Autonomia i iniciativa personal	-Recerca de la informació -Resolució autònoma de problemes geomètrics -Elaboració i interpretació de	Reconeix les diferències entre els elements del renaixement i el barroc
Identificar la			Identifica la

planimetria d'un edifici	-Aprendre a aprendre	planimetria en 2D i 3D -Representació amb les eines digitals adients per generar els cossos tridimensionals -Anàlisi crític del treball en equip	planimetria correctament
Identificar els diferents cossos geomètrics			Sap identificar la geometria
Dibuixar amb eines digitals els diferents elements en 2D i 3D			Sap fer servir les eines de representació digital per la seva posterior fabricació

El projecte Com ja hem dit té com a objectiu l'aprenentatge en l'àmbit transversal en les dues dimensions, de 1r a 3r d'ESO, on les 4 assignatures són troncal i en l'àmbit matemàtic, social, visual i plàstica i Tecnologia com assignatura instrumental que facilita el coneixement, la tècnica i les eines per poder desenvolupar l'activitat.

Podem proposar, per exemple que els alumnes agafin un element de l'arquitectura a les diferents èpoques de la història i puguin veure quina evolució ha tingut.

Agafem com a exemple l'element arquitectònic de l'Arc.

1r d'ESO	
En el cas dels alumnes de 1r d'ESO la seva tasca estarà orientada a fer la recerca des del punt de vista de l'art romà.	
Socials	En l'assignatura de socials poden veure el seu origen històric, amb què està relacionat i perquè va ser tan rellevant per l'expansió i desenvolupament. Relacionem, per tant un fet històric, una època històrica amb un invent tan important com l'arc romà, element fonamental pels viaductes i aqüeductes.
Matemàtiques	Des del punt de vista de les matemàtiques, podem analitzar l'arc romà des de la geometria de dues dimensions, identifiquem i descrivim la forma a partir d'objectes reals. Models reals. Podem fer-ne una representació i posteriorment, fer-ne el dibuix tant a mà com amb eines digitals de programari lliure. El programa Tinkercad és molt senzill i intuïtiu i està especialment preparat per traspasar arxius a models per poder imprimir amb una impressora 3D. També podem aprofitar per aprendre a mesurar i a fer càlculs de longituds, àrees i perímetres.
Visual i plàstica	Aquesta assignatura ens pot permetre enfrontar el projecte des del punt de vista més estètic. Un arc romà té una estructura i una funció, també té unes característiques i una funció però el més important és pot ser que té una forma específica. Podem aprendre a dibuixar l'arc romà amb croquis des de diferents vistes per poder tenir una idea més clara de la seva forma i funció.
Tecnologia	Per desenvolupar el projecte i després d'anomenar les raons per les quals crec que aprendre fent (learning by doing) ajuda a l'assoliment de coneixements i a afrontar un repte per saber trobar per ells mateixos la resposta i el camí per resoldre-ho. Aquí és on la tècnica entra en joc. Un cop hem analitzat i des de totes les vessants possibles l'objecte estudiat arriba el moment de construir-ho. Dins del bloc curricular de disseny i

	<p>construcció d'un objecte, troben el contingut pel qual podem dissenyar amb eines digitals senzilles i posteriorment fer-ne la fabricació amb una impressora 3D ja sigui al mateix centre o ha qualsevol dels ateneus de fabricació digital que hi ha a la ciutat. Un cop està feta la peça podem toca-la, podem analitzar objectivament i es pot arribar a plantejar una millora.</p>
--	--

2n d'ESO

En el cas dels alumnes de 2n d'ESO la seva tasca estarà orientada a fer la recerca des del punt de vista de l'art gòtic.

Socials	<p>L'edat mitjana va significar una època fosca en alguns aspectes. Encara que pel que fa l'estètica i la tècnica hi va haver un desenvolupament important. Respecte a l'arc (element arquitectònic, que hem escollit com a exemple en el projecte transversal) va tenir un important canvi en la seva forma, aspecte fonamental en l'evolució de les construccions, sobretot la possibilitat d'augmentar l'alçada d'element que en l'àmbit religiós per exemple (deu era el més important durant aquest període històric) les esglésies havien de ser el més alt possible per arribar a Déu. En aquí podem entendre la raó de l'evolució d'aquest element estructural com és l'arc gòtic i quin canvi en la mentalitat de la societat va provocar.</p>
Matemàtiques	<p>Dins del bloc curricular d'espai i forma, igual que en el curs anterior podem analitzar la figura i el cos geomètric de dues i tres dimensions, podem compondre i descompondre l'objecte i manipular-ho amb eines digitals de dibuix i fer-ne el desenvolupament pla del cos geomètric. Podem buscar en l'element estudiat la proporció àuria, i com aquesta proporcionalitat a la resolució del problema d'elevat l'alçada de l'edifici.</p>
Visual i plàstica	<p>A visual i plàstica podem agafar l'element a estudiar i veure la seva estructura en el pla, en la forma tridimensional. També podem analitzar l'ornamentació i quina és la seva funcionalitat dins de l'estructura geomètrica.</p>
Tecnologia	<p>A segon d'ESO es contempla dins de currículum, lligat al bloc de processos i transformacions tecnològiques de la vida quotidiana amb el contingut de tècniques utilitzades en el procés de transformació, la fabricació digital. En aquí podem anar més enllà i fer recerca del que és la tecnologia de fabricació digital i quines possibilitats té. Com podem treure-hi el màxim profit i com ens pot ajudar a crear vincles fins hi tot fora de l'institut i fora del país creant xarxes d'aprenentatge. Un cop tenim l'objecte dibuixat amb les eines digitals adients podem establir connexions amb experts que ens poden ajudar a millorar l'experiència del treball amb impressió digital.</p>

3r d'ESO

En el cas dels alumnes de 3r d'ESO la seva tasca estarà orientada a fer la recerca des del punt de vista de l'art barroc i renaixentista.

Socials	<p>En aquest període hi ha un nou pensament on deu ja no és el centre sinó que ho és l'home. Això per tant fa que succeeixin canvis importants també en la fisonomia i estructura del nostre element a estudiar. L'arc</p>
----------------	--

	renaixentista o l'arc barroc torna a tenir una forma que recorda al romà. Podem analitzar les raons i quines influències tenen.
Matemàtiques	A l'assignatura de matemàtiques podem analitzar i treballar des de la transformació geomètrica. O fer un paral·lelisme amb figures semblants de tres dimensions. I també fer càlculs i mesures dels angles i longituds.
Visual i plàstica	A visual i plàstica podem treballar l'ornamentació, element molt rellevant sobretot en el barroc. Com aquest element estètic i no funcional dóna sentit en aquest període de la història. Dins del bloc Dimensió expressió, interpretació i creació, el contingut Art, disseny i noves tecnologies ens permet enfrontar el projecte de manera més holística.
Tecnologia	A tercer a l'assignatura de tecnologia es treballen les estructures, aquest bloc pot donar molt de si per treballar de forma més profunda el projecte de l'arc modern. Podem fins hi tot fer un estudi de l'evolució d'aquest element fins a ara, intentant fer-ne el disseny i posterior fabricació dels dos elements estudiats l'antic i l'actual. L'estudi ens pot ajudar a entendre els conceptes d'esforços resistents, tipus d'estructures i així poder fer un disseny propi posant els coneixements experimentats fins ara en el nou arc.

7. Conclusions

La primera vegada què em vaig enfrontar a una classe a les meves pràctiques de professora de tecnologia i després d'haver fet una breu explicació de com es desenvoluparia la unitat didàctica de Materials a 1r d'ESO i com es durien a terme les activitats dissenyades, se'm va acostar un alumne i amb cara de no haver entès res em va dir que això no era tecnologia, que a tecnologia s'aprenia programació i informàtica. Fou així com em vaig adonar que si bé aquestes matèries són part fonamental de l'assignatura no és l'únic, i que els alumnes aprenen conceptes complexos de manera més natural quan es toca i manipular allò que primer s'ha imaginat, després s'ha dibuixat i finalment s'ha fabricat. Aquest procés és molt important, aprenent fent és la base de l'assoliment dels objectius de l'aprenentatge i com ja he dit anteriorment en el desenvolupament del marc teòric del treball, l'error és part fonamental del procés. Hem de deixar als alumnes que s'equivoquin i que perdin la por a fer-ho. Que ho visquin com una etapa més d'aquest procés que els ensenya a resoldre problemes per si mateixos i de manera autònoma. Això ho vaig constatar, en la meua pràctica amb els alumnes. Fent experiments amb els materials, sorgien les preguntes que ells mateixos formulaven i a les que volien donar resposta. Poques vegades havia d'explicar algun concepte perquè ells mateixos arribaven a la resposta.

La fabricació digital, i més específicament la impressió additiva en 3D, si bé és encara una tecnologia no massa estesa, ja sigui per la dificultat cada vegada menor d'aplicar-la (per falta de formació de professorat) o per la falta de recursos (encara que els Fab Labs ajuden a suplir-ho), es una eina que a poc a poc es va fent un lloc en els centres i hem de fer tot el possible per aprofitar el seu potencial no només a l'àmbit científicotecnològic sinó també a la resta d'àmbits de l'educació tant formal com informal.

A més a més, treballar amb projectes tangibles i reals fa que la motivació augmenti i que els alumnes es facin seu l'aprenentatge.

Per altra banda, si no hi ha un impuls des de les administracions perquè aquest tipus de programes es facin de manera generalitzada, tot això queda com una iniciativa personal i que per tant és molt difícil de dur a terme. Una opció com s'ha vist anteriorment és la creació d'un Fab Lab School dins de l'institut, impulsat pel programa FabLab@school de la universitat de la universitat de Stanford, però jo crec que crear espais compartits per generar una xarxa basada en treball cooperatiu pot arribar a ser encara més interessant per compartir recursos, coneixements i experiències que fan l'aprenentatge més enriquidor i més real. Els estudiants se senten part activa del seu present adquirint experiències i el seu futur professional.

8. Bibliografia

ANDERSON, C. 2012. Makers: The New Industrial Revolution. New York Crown Business.

BLIKSTEIN, P. (2013). Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors. Bielefeld: Transcript Publishers.

BLIKSTEIN P., KABAYADONDO Z., MARTIN A., FIELDS D.(2017). An Assessment Instrument of Technological Literacies in Makerspaces and FabLabs
Journal of Engineering Education

BLIKSTEIN P., KRANNICH D. (2013). The makers' movement and FabLabs in education. Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13

CASANUEVA, H. 2015. La impresión 3D y 4D: ¿hacia una nueva revolución industrial? América Economía

MOSTERT-VAN DER SAR, M., MULDER, I., REMIJN, L., TROXLER, P. (2013). FabLabs in design education, Proceedings of the 15th International Conference on Engineering and Product Design Education

RUIZ, G. (2013). La teoría de la experiencia de John Dewey: significación histórica y vigencia en el debate teórico contemporáneo. Foro de Educación, 11(15), pp. 103-124.

SUOMINEM, K. 2014 b. How digital protectionism threatens to derail 21st century businesses. E15 Initiative.

SCHANK R., BERMAN T., MACPHERSON K. (1999). Learning by doing. Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory, Vol. II.

THOMPSON, P. (2010). Learning by doing. Handbook of the Economics of Innovation

WING J. M. (2006). Computational Thinking Viewpoint. COMMUNICATIONS OF THE ACM March 2006/Vol. 49, No. 3

9. Webgrafia

ENSEÑANZA EN UNA NUEVA DIMENSIÓN Tecnología//December 21, 2016

<http://forwardteacher.com/2016/12/ensenanza-en-3d/>

¿Por qué prototipar en educación? La impresora 3D y la mejora de la experiencia de aprendizaje.

<http://aonia.es/por-que-prototipar-en-educacion-la-impresora-3d-y-la-mejora-de-la-experiencia-de-aprendizaje>

7 cosas que deberías saber sobre los Makerspace en educación by Francesc Balagué
08/05/2015

<https://www.akoranga.org/educacion/2015/05/7-cosas-que-deberias-saber-sobre-los-makerspace-en-educacion/>

El learning by doing de Robert Schank: el aprendizaje ocurre cuando alguien quiere aprender.
Pablo Rodriguez Canfranc, 26 de marzo de 2013

<https://blogthinkbig.com/learning-by-doing>

Entrevista a Roger Schank_ Aprender haciendo. Programa Redes. TVE2

<https://www.youtube.com/watch?v=zhbiaqdw7F4>

Impresión 3D y fabricación digital. ¿Una nueva revolución tecnológica?

-Mariano Fressoli

Doctor en Ciencias Sociales (UBA), CONICET y CENIT

-Adrian Smith

Catedrático de Tecnología y Sociedad al Science Policy Research Unit (SPRU) de la Universidad de Sussex

<http://www19.iadb.org/intal/icom/notas/39-18/>

Movimiento maker en educación. Todos somos hacedores. 18 diciembre, 2016 / Coralelizondo

<https://coralelizondo.wordpress.com/2016/12/18/movimiento-maker-en-educacion-todos-somos-hacedores/>

Movimiento maker en educación: Claves y herramientas para el aula

<http://www.blog.andaluciaesdigital.es/movimiento-maker-en-educacion/>

Aprendizaje Experiencial. Learning By Doing (Universidad Rey Juan Carlos)

<https://www.cerem.es/blog/aprendizaje-experiencial-learning-by-doing>

El learning by doing fomenta las capacidades emprendedoras y facilita el aprendizaje.
(21 de agosto de 2017)

<http://noticias.universia.es/ciencia-tecnologia/noticia/2017/08/21/1155127/learning-by-doing-fomenta-capacidades-emprendedoras-facilita-aprendizaje.html>

Currículum educació secundària obligatòria - Àmbit científicotecnològic

<http://xtec.gencat.cat/web/.content/curriculum/eso/curriculum2015/documents/ANNEX-5-ambit-cientifictecnologic.pdf>

Currículum educació secundària obligatòria - Àmbit matemàtic

http://www.xtec.cat/monografics/documents/curriculum/secundaria/annex4.pdf#_ga=2.236761345.1470021345.1528318761-2135237247.1520545197

Currículum educació secundària obligatòria - Àmbit artístic

<http://xtec.gencat.cat/web/.content/curriculum/eso/curriculum2015/documents/ANNEX-7-Ambit-artistic.pdf>

Currículum educació secundària obligatòria - Àmbit social

<http://xtec.gencat.cat/web/.content/curriculum/eso/curriculum2015/documents/ANNEX-6-Ambit-social.pdf>

De la Impresión 3D a la Fabricación Digital
Martes, 10 Febrero, 2015

<https://caminstech.upc.edu/es/blog/impressio3D>

La fabricación digital y en 3D se acerca a las aulas (web de l'ajuntament de Barcelona)
27/03/2014

https://www.barcelona.cat/infobarcelona/es/my-new-post-1521_25558.html

Fabricació digital com a recurs per a l'aprenentatge. Consorci d'educació de Barcelona

http://www.edubcn.cat/ca/suport_educatiu_recursos/plans_programes/laboratori_de_fabricacio

Aprender haciendo, la metodología educativa de Mondragon Team Academy.
3 d'Abril de 2018

<https://www.fundacionbankinter.org/blog/noticia/akademia/aprender-haciendo-la-metodologia-educativa-de-teamlabs-mondragon-team-academy>

Breve historia de la impresión 3D

<https://www.impresoras3d.com/breve-historia-de-la-impresion-3d/>

Aprender Haciendo – Metodología. Experiencias de Aprendizaje
Publicado el 4 noviembre, 2014

<https://ingenioproductivo.wordpress.com/2014/11/04/aprender-haciendo-metodologia-experiencias-de-aprendizaje/>

FAB ACADEMY

<http://fabacademy.org/about/diploma/>

Fabricación Digital:
Introducción al modelado e impresión 3D
Pilar Coronel Romero

<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP18119.pdf&area=E>

International Conference On Engineering And Product Design Education
5 & 6 september 2013, Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland
FABLABS IN DESIGN EDUCATION
Manon MOSTERT-VAN DER SAR, Ingrid MULDER, Leo REMIJN and Peter TROXLER

<https://www.designsociety.org/multimedia/publication/865cfd7d7da32a1bc819ade8e8edb0754398b26d12f148b88ea2ff8175737108.pdf>

Conferències sobre els FAB LABs

<http://stanford2017.fablearn.org/>

10. Índex de figures

Figura 1: Corba d'aprenentatge

Figura 2: Piràmide de l'experiència (Edgar Dale, 1968)

Figura 3: Fab Lab School (implicació de les diferents entitats del centre)

Figura 4: Fab Lab School (implicació del conjunt de la societat)

Figura 5: Impressió additiva

Figura 6: Impressora Rep-Rap feta per BCN-3D

Figura 7: SLA Impressora Esteriolitogràfica

Figura 8: SLS Impressora de Sistema de Sintetitzat per Làser

Figura 9: FDM Impressora Model de Deposició Fosa

Figura 10: Torn de Control Numèric

Figura 11: Tall làser

Figura 12: Metodologia de projectes (empresa Tres, Dos, Ú)