

# IMPRESSIÓ 3D: INNOVACIÓ, APRENENTATGE I SOSTENIBILITAT



31/10/23



## ABSTRACT

### CATALÀ:

En un món on la contaminació plàstica és una de les principals preocupacions globals, s'ha realitzat, en aquest treball, una màquina capaç de transformar ampolles de plàstic en filament, utilitzat com a combustible d'impressores 3D. He intentat demostrar la vital importància que aquesta tecnologia tindrà en un futur no molt llunyà. Satisfactòriament, he pogut comprovar la utilitat del reciclatge a petita escala, ja que el meu prototip funciona i, fins i tot, ha permès la construcció d'eines per a diversos projectes del centre (en horticultura, electrònica i Treballs de Recerca de companys). Tot el que he construït ha sortit de les ampolles de plàstic que tots nosaltres llancem al contenidor groc.

### ANGLÈS:

In a world where plastic pollution is one of the main global concerns, this work has produced a machine capable of transforming plastic ampoules into film, used as fuel for 3D printers. I have tried to demonstrate the vital importance that this technology will have in the not-too-distant future. Satisfactorily, I have been able to prove the usefulness of small-scale recycling, as my prototype works and has even allowed the creation of tools for various school projects (horticulture, electronics and classmates' Treballs de Recerca). Everything I have built has come from the plastic bottles that we all throw into the yellow container.

“3D printing is already shaking  
our age-old notions  
of what can and can’t be made.”  
(LIPSON, Hod).

## Taula de continguts

0. INTRODUCCIÓ .....	3
1. HISTÒRIA DE LES IMPRESORES 3D .....	4
1.1. Història de l'estereolitografia .....	5
1.2. Història de la sinterització selectiva per làser.....	5
1.3. Història del modelat per deposició fosa.....	6
1.4. Projecte RepRap.....	6
2. TIPUS DE TECNOLOGIES 3D.....	9
2.1. Estereolitografia (SLA).....	9
2.1.1. Components principals de les impressores estereolitogràfiques .....	9
2.1.2. Avantatges de l'estereolitografia.....	10
2.2. Tecnologia de Modelat per Deposició Fosa (FDM).....	11
2.2.1. Components principals de les impressores FDM.....	12
2.2.2. Avantatges de la Modelació per Deposició Fosa .....	13
3. MATERIALS D'IMPRESSIÓ 3D .....	15
3.1. Materials d'impressió 3D FDM .....	15
3.2. Materials d'impressió 3D SLA .....	16
4. PART PRÀCTICA.....	17
4.1. Entrevista a Vicente Ramírez, de <i>Be More 3D</i> .....	18
4.2. Entrevista a Felip Fenollosa, de la UPC .....	18
4.3. Construcció d'un prototip reciclador.....	19
4.3.1. Taula dels components comprats necessaris i preus (7, 8).....	19
4.3.2. Procés de construcció de la PETamentor .....	22
4.3.3. Procés de fabricació de filament .....	28
4.3.4. Anàlisi del procés de fabricació i del filament produït .....	30

4.4. Elaboració d'un projecte educatiu en col·laboració amb el Departament de Tecnologia de l'Institut .....	33
4.5. Altres projectes col·laboratius .....	36
5. CONCLUSIONS .....	38
6. BIBLIOGRAFIA.....	39
6.1. Figures .....	39
6.2. Informació .....	40
7. ANNEXES .....	42
7.1. Característiques del RepRap .....	42
7.2. Entrevista a Vicente Ramírez.....	43
7.3. Entrevista a Felip Fenollosa.....	45

## 0. INTRODUCCIÓ

La innovació tecnològica i la sostenibilitat ambiental són dos temes que van capturar el meu interès, sobretot quan vaig adquirir la meva primera impressora 3D, capaç de transformar filaments de plàstic en tot allò que se m'acudís que volgués.

En un món on l'excés de residus plàstics amenaça el nostre medi ambient, va sorgir la meva curiositat sobre com la tecnologia d'impressió 3D podria ser una eina per a enfrontar aquest desafiament. Em vaig proposar investigar com el plàstic reciclat podria convertir-se en un recurs útil per a la impressió 3D, transformant un problema en una solució innovadora. Per consegüent, em vaig plantejar les següents qüestions.

- Com es poden reciclar ampolles de plàstic per a produir un filament adequat per a la impressió 3D?
- Com es compara el filament obtingut a partir d'ampolles reciclades amb els filaments comercials tradicionals?
- Quins beneficis ambientals i econòmics obtenim amb l'ús d'aquest filament reciclat?

La meva recerca va començar amb una anàlisi sintètica sobre la història i característiques de la impressió 3D, seguida d'entrevistes a experts en el camp, amb les que vaig aprendre la importància d'aquesta tecnologia i, gràcies a aquestes, vaig aconseguir la motivació necessària per continuar definitivament amb la impressió 3D com a treball de recerca i, més important, com a passió. Amb la informació assolida, vaig procedir a dissenyar i construir un prototip de màquina recicladora. Una vegada produït el filament, vaig dur a terme proves per a avaluar la seva qualitat i viabilitat en la impressió 3D.

Al marc teòric, he investigat sobre la història de la impressió 3D per adquirir un context previ, he après els fonaments bàsics per entendre la tecnologia, aspecte que m'ha ajudat posteriorment a l'hora de construir el prototip filamentador.

A la part pràctica, sabent ja com funciona la tecnologia per endavant, era hora de passar a la construcció de la màquina recicladora. Per saber si el filament resultant era prou bo per a utilitzar-lo amb la meva impressora, el vaig comparar amb el filament industrial i vaig fer proves amb ell.

# 1. HISTÒRIA DE LES IMPRESORES 3D

La tecnologia d'impressió 3D va sorgir en un moment vital de la història, just després de l'aparició de la primera impressora de tinta el 1976. Aquesta innovació va obrir les portes a un nou món de possibilitats, captivant la imaginació dels enginyers i dels amants de la tecnologia.

Amb una idea tan sorprenent com la de crear o "imprimir" objectes tridimensionals, la tecnologia d'impressió 3D va suposar un ambiciós repte en el món de la fabricació. No obstant això, aquesta transició no va ser senzilla. Va requerir avenços significatius i adaptacions intel·ligents per transformar el concepte inicial d'inserir tinta en la fascinant realitat de la impressió 3D que coneixem avui.

Hideo Kodama, nascut a Yokohama, Japó, el 1944 va ser un dels pioners de la impressió 3D, ja que va presentar la primera sol·licitud de patent d'un prototip dissenyat per la fabricació additiva amb resina foto-sensible d'objectes tridimensionals el 1981. Malauradament, el projecte es va abandonar, degut a la falta de pressupost i d'interès.

Mentrestant, un equip de francesos format pels enginyers Jean-Claude André, Alain Le Méhauté i Olivier de Witte també va capficar-se en l'ambició de la impressió 3D, com ho va fer Hideo Kodama. La tecnologia per la qual s'interessaven era la solidificació de resines foto-sensibles mitjançant llum ultraviolada (UV), que curava la resina. De nou, el projecte es va abandonar després de ser presentat al Centre Nacional d'Investigació Científica de França (CNRS). Les raons van ser, entre d'altres, la manca d'aplicacions de la tecnologia proposada i el baix pressupost econòmic.

Tanmateix, va ser Charles Hull qui va aconseguir portar la impressió 3D a un nou nivell i fer que sigui una realitat. Charles va néixer a Califòrnia, Estats Units, el 1939. Va ser un enginyer visionari que es va obsessionar amb la idea d'utilitzar llum UV per crear objectes tridimensionals. Es va graduar a *Central High School* a Grand Junction, obtenint la llicència en Física de l'Enginyeria de la Universitat de Colorado.

Després d'anys dedicats al seu camp d'estudi, va aconseguir per primer cop la impressió d'una tassa de color negre:



Figura 1: Primera impressió de la història de la tecnologia 3D. (1)

### 1.1. Història de l'estereolitografia

L'any 1984, va fundar 3D Systems i va desenvolupar i patentar la tecnologia anomenada estereolitografia (SLA). Consisteix en utilitzar un làser de llum UV (Ultraviolada) per curar amb molta precisió fotopolímers, per solidificar-los. Els materials més utilitzats en la tecnologia SLA són les resines, com les estàndards (objectes, miniatures, elements decoratius, ...), dentals (per pròtesis dentals), entre d'altres. A més de patentar la tecnologia SLA, Charles, "Chuck", Hull va contribuir en la creació del tipus d'arxiu STL (*STereoLithography*), que és el format de transmissió de dades més usat en la indústria de creació ràpida de prototips.

La dècada dels noranta va ser una època crucial en la impressió 3D, ja que van sorgir noves tecnologies que van marcar el creixement d'aquesta indústria, que a poc a poc anava expandint-se en una gran varietat de sectors. Empreses i enginyers visionaris van començar a desenvolupar noves aplicacions i enfocaments de la impressió 3D, amb èxit.

### 1.2. Història de la sinterització selectiva per làser

A començaments dels anys noranta, la tecnologia de sinterització selectiva per làser (SLS) es va convertir en la principal innovació. Aquesta tecnologia va ser inventada per Carl Deckard, de la Universitat de Texas, a Austin. Deckard va desenvolupar la SLS amb l'ajut del seu professor, Joe Beaman i amb una beca de 30.000 dòlars finançats per la *National Science Foundation*.



La tecnologia SLS es basa en la creació d'objectes 3D mitjançant la fusió d'un llit de pols. Un làser d'alta potència dibuixa capa per capa la forma desitjada i sintetitza el llit de pols per crear l'estructura sòlida.

### 1.3. Història del modelat per deposició fosa

D'altra banda, la tecnologia que va cridar més l'atenció i es va convertir en la més utilitzada va ser el Modelat per Deposició Fosa (FDM, *Fused Deposition Modeling*). Aquesta forma d'impressió 3D va ser creada per Scott Crump, just abans de formar la coneguda empresa americana Stratasys. Com es tractava d'una marca registrada, l'acrònim FDM no es podia utilitzar si no formaves part de Stratasys i, per tant, el 2005, Adrian Bowyer i el seu equip van establir les sigles FFF (*Fused Filament Fabrication*). Aquests dos acrònims representen el mateix procés d'impressió i al mercat es pot trobar de les dues maneres.

Les impressores 3D FDM o FFF basen la seva tecnologia en la preparació d'un arxiu digital STL que conté l'objecte 3D i l'extrusió d'un material, habitualment bobines de termoplàstics i polímers.

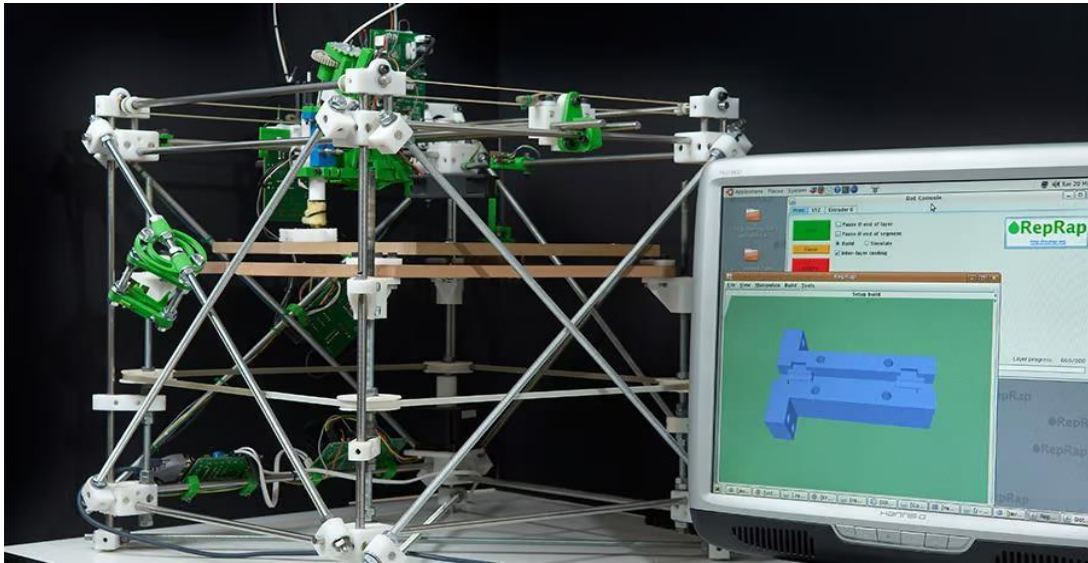
Mitjançant un sistema d'extrusió, el filament arriba a un extrusor, amb una temperatura de 200 °C, que aconsegueix la fusió del material i l'extrudeix en capes fines sobre una plataforma, a una temperatura d'aproximadament 60°C. Capa per capa, el material es va dipositant fins a arribar a tenir la forma tridimensional de l'arxiu STL.

### 1.4. Projecte RepRap

La impressió 3D va estar en constant desenvolupament durant els finals dels anys noranta i a principis del s. XXI. Però, cal destacar una data vital en la història de la impressió 3D.

Cap a l'any 2005, el Dr. Adrian Bowyer, establidor de l'acrònim FFF, va iniciar un projecte de codi obert i de col·laboració global anomenat Projecte RepRap (*Replicating Rapid Prototyper*), que tenia com a objectiu desenvolupar impressores 3D capaces d'autoreplicar-se, és a dir, que tinguessin la capacitat de poder-ne fabricar la gran majoria de peces que la componen per tal de fabricar una de nova, una rèplica.

El resultat de la col·laboració global i l'ajut de persones de tot arreu va ser un prototip d'impressora 3D, amb el nom de Darwin.



*Figura 2 : RepRap Darwin Versió 1, una de les primeres impressores FDM de codi obert. (2)*

"Algú amb un RepRap o un tallador làser i un soldador pot construir qualsevol cosa. Els dissenys de hardware obert combinats amb una fabricació ràpida aconsegueixen exactament la intenció original del software de codi obert: si el disseny és obert, pot modificar-lo per a satisfer les seves necessitats i compartir lliurement aquestes modificacions amb els altres", diu Adams.

Aquest prototip funciona imprimint els seus components amb poliàcid làctic, un polímer biodegradable. La tecnologia que utilitza Darwin ja existia, però els models actuals al mercat tenen uns preus massa elevats i no estan a l'abast tothom. Com que tot el Projecte RepRap era de codi obert, tothom podia accedir a les tecnologies de Darwin de manera gratuïta, com ho visionava Bowyer i, a més, la producció de les rèpliques de Darwin i altres impressores RepRap seria extremadament més econòmica.

N'és un bon exemple el següent: el 2009, Z Corporation, comercialitzadora d'impressores 3D de gamma baixa, venia prototips d'un cost aproximat de 30.000 dòlars, obviant el preu de materials i altres peces, com solidificadors, que costaven més o menys 1.500 dòlars. Això suposava un cost per prototip de 2 dòlars/cm<sup>3</sup>. A diferència d'aquest preu elevat, el projecte RepRap reduïa dràsticament el cost de construcció de prototipat 3D gràcies al codi obert: 0,02 dòlars/cm<sup>3</sup>.

Anys més tard, es va crear una segona i millorada versió de Darwin, Mendel, en honor al pare de la genètica Gregor Johann Mendel. Aquest prototip d'impressora 3D autoreplicable té les mides adequades per a ser col·locada a sobre d'un escriptori. No obstant això, el seu volum d'impressió és suficient per a imprimir peces suficientment grans<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Les característiques del RepRap les podeu trobar als Annexes.

## 2. TIPUS DE TECNOLOGIES 3D

### 2.1. Estereolitografia (SLA)

L'estereolitografia, com ja he esmentat prèviament, és la primera tecnologia 3D comercialitzada, creada per Chuck Hull l'any 1984.

Aquest procés de creació de models 3D basa el seu funcionament en el principi de fotopolimerització<sup>2</sup> a partir de resines que se solidifiquen amb llum ultraviolada. La resina es va solidificant capa per capa, gràcies a l'acció d'un làser, donant a la peça un acabat de major qualitat.

Per poder imprimir, la impressora 3D necessita un arxiu digital 3D, que s'aconsegueix mitjançant qualsevol aplicació que tingui integrat el software Computer-Aided Design, CAD. Aquest arxiu, que normalment es troba en el format STL, s'envia a una segona interfície anomenada Slicer, que s'encarrega de preparar el model seleccionat per la impressora 3D i de generar el codi G, que és un llenguatge de programació de control numèric CNC que, a través d'una sèrie d'instruccions, controla el que ha de fer la impressora capa per capa.

#### 2.1.1. *Components principals de les impressores estereolitogràfiques*



Figura 3: Components d'una impressora que funciona mitjançant la fotopolimerització. (3)

---

<sup>2</sup> Reacció química que pateix un polímer al exposar-se a cert espectre de llum. En SLA, solidificació.

- **Plataforma de construcció:** És la superfície sobre la qual es construeix l'objecte 3D (número 4 a la *figura 3*). Durant el procés d'impressió, la plataforma puja gradualment, submergeint-se dins del tanc de resina. El material de la plataforma permet que la resina s'adhereixi amb facilitat, d'aquesta manera es facilita la construcció capa per capa.
- **Font de llum ultraviolada (UV):** El làser o projector, d'alta potència, solidifica la resina (número 5 a la *figura 3*). Gràcies a la seva precisió, les capes d'impressió són molt fines (0,01 mm).
- **Miralls galvanomètrics:** Els miralls galvanomètrics, resistents a la corrosió, reflecteixen i dirigeixen el làser en la direcció necessària (número 6 a la *figura 3*). Es mouen amb una precisió i rapidesa extraordinària, essencials per una impressió precisa.
- **Tanc de resina:** Aquest tanc emmagatzema la resina fotopolimèrica líquida (número 9 a la *figura 3*). La base del tanc és transparent, permetent que la llum UV passi i solidifiqui la resina en els patrons desitjats.
- **Sistema d'elevació:** S'encarrega de controlar el moviment dels components de l'eix vertical de la impressora, és a dir, la plataforma de construcció.
- **Sistema de raspat:** Després de la formació de cada capa, aquest sistema aconseguix que la superfície de cada capa sigui uniforme i que no hi quedin restes de resina líquida.

### 2.1.2. Avantatges de l'estereolitografia

El sistema d'impressió SLA és la tecnologia més precisa que hi ha, oferint toleràncies<sup>3</sup> de fins a menys de 0,05 mm. A més, a diferència d'altres tècniques d'impressió, els acabats de la peça impresa són llisos, sense cap mena de patrons de capes visibles. D'aquesta manera la necessitat de post-processament disminueix notablement.

---

<sup>3</sup> En metrologia, diferència entre l'error màxim i mínim que pot tenir una peça.

El paper de la SLA en la producció de prototips útils i funcionals, aplicats en diferents camps com l'ortodòncia, otorrinolaringologia, entre d'altres, és fonamental, sent la tecnologia preferida en aquests àmbits. SLA permet la creació d'objectes i prototips de mida molt petita i, gràcies a la precisió esmentada prèviament, l'acabat és quasi perfecte, ideal per construir òrgans biocompatibles, audiòfons, etc.

Un dels altres grans beneficis d'aquesta tecnologia és la seva rapidesa, un tret ideal per quant la demanda de prototips és alta a curt termini. És per aquesta raó que en la majoria d'empreses i fàbriques, on es necessiti la fabricació additiva, la SLA és l'opció més escollida.

D'altra banda, SLA destaca en l'economia en quant a l'ús de materials. A diferència d'altres mètodes de fabricació additiva, aquesta tecnologia permet que la resina que no s'usi durant la impressió de l'objecte 3D es pugui conservar i reutilitzar en futures impressions (com que el tanc de resina s'omple sencer i només se solidifiquen les parts necessàries per a la peça, generalment sobra una bona quantitat de resina).

Resumidament, la tecnologia SLA combina precisió, versatilitat i velocitat, sent una eina vital en l'avantguarda de la fabricació i disseny.

## 2.2. Tecnologia de Modelat per Deposició Fosa (FDM)

La tecnologia FDM ha estat de vital importància en el món del modelatge i impressió 3D d'ençà que la va crear Scott Crump.

FDM utilitza un procés d'impressió que a simple vista pot semblar senzill, però que realment és complex. Aquesta tecnologia fa servir materials termoplàstics, que a través d'una embocadura a aproximadament 200 °C, s'extrudeix i es diposita capa per capa donant forma a l'objecte tridimensional desitjat.

Pel que fa a l'arxiu digital necessari per poder imprimir, aquesta tecnologia usa els mateixos recursos que l'estereolitografia: mitjançant un arxiu .STL i una interfície, per exemple *Cura*, es genera un codi G que dona les instruccions necessàries a la impressora perquè aquesta pugui imprimir el prototip.

### 2.2.1. Components principals de les impressores FDM

- Cap d'extrusió: Guia el material perquè s'extrudeixi de forma precisa. La seva forma permet el canvi d'embocadura, segons el tipus de detalls que es vulguin.
- Embocadura o *hotend*: Peça per on surt el filament. Aquestes embocadures poden venir amb diferents diàmetres.
- Filament: És la “tinta” de la impressora 3D. Generalment, venen embobinats i es col·loquen al costat de la impressora. A més dels materials senzills i convencionals com el PLA o l'ABS, s'han creat noves opcions amb diverses propietats, molt interessants segons la necessitat del consumidor: flexibilitat, textura de fusta o de metall, resistent a altes temperatures, etc.
- Llit o plataforma d'impressió: És on es crea l'objecte 3D capa per capa. Avui dia les plataformes tenen un sistema de calefacció que redueix problemes de deformació de la peça i millora l'adherència. Normalment s'escalfen fins a aproximadament 60 °C.
- Motors de passos i sistemes de guiat: La funció d'aquests components és clara: garantir un moviment precís dins dels eixos que formen el sistema de moviment. Depenent del sistema axial que tinguin les impressores, es poden agrupar en diferents grups:
  - Impressores 3D cartesianes: Com indica el nom, aquest tipus d'impressores utilitzen un sistema de coordenades dimensionals: el cartesià. Consisteix en 3 eixos ortogonals, X, Y i Z. Depenent del model de fabricació, la plataforma d'impressió s'encarregarà de l'eix Z o X. Les impressores 3D cartesianes són les més comunes dins del mercat de la impressió additiva.
  - Impressores 3D Delta: Aquestes impressores també fan ús d'un sistema de coordenades cartesià. L'única diferència que tenen amb el tipus abans esmentat és que integren, en comptes de 3 eixos ortogonals, 3 braços col·locats en una configuració triangular (d'aquí prové el nom “Delta”).

Són capaços de moure's cap a dalt, a baix, a dreta i esquerra. D'aquesta manera el cap d'extrusió es pot moure en 3 dimensions. Una altra de les característiques principals d'aquest tipus de màquines és que la plataforma d'impressió és circular. Habitualment aquestes impressores són dissenyades per a una major rapidesa d'impressió.

## Impresoras 3D Deltas vs Cartesianas

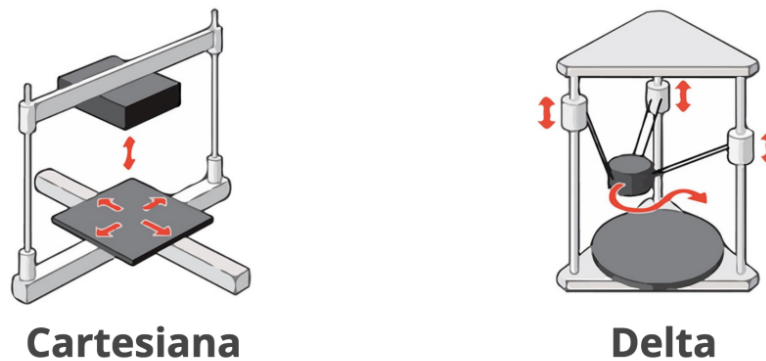


Figura 4 : Diferència entre els eixos d'impressores cartesianas i impressores Delta. (4)

- Interfície d'usuari: Facilita la interacció entre l'usuari i la impressora. Amb un *display*, a vegades tàctil o controlant mitjançant botons integrats a la impressora, permet a l'operador escollir quina funció o acció ha de fer la màquina, com moure l'extrusor en els 3 eixos, calibrar l'eix Z, regular la temperatura del *hotend*, escollir el fitxer d'impressió, etc.

### 2.2.2. Avantatges de la Modelació per Deposició Fosa

L'escalabilitat és un dels grans punts forts de les impressores FDM, és a dir, es poden crear pràcticament a qualsevol mida, ja que només estan limitats amb el moviment de pòrtic.

A més, una altra de les característiques que permeten que aquestes impressores es puguin fabricar de mides més extenses és la relació cost-mida, permetent cada vegada impressores més grans i, a la vegada, més econòmiques.

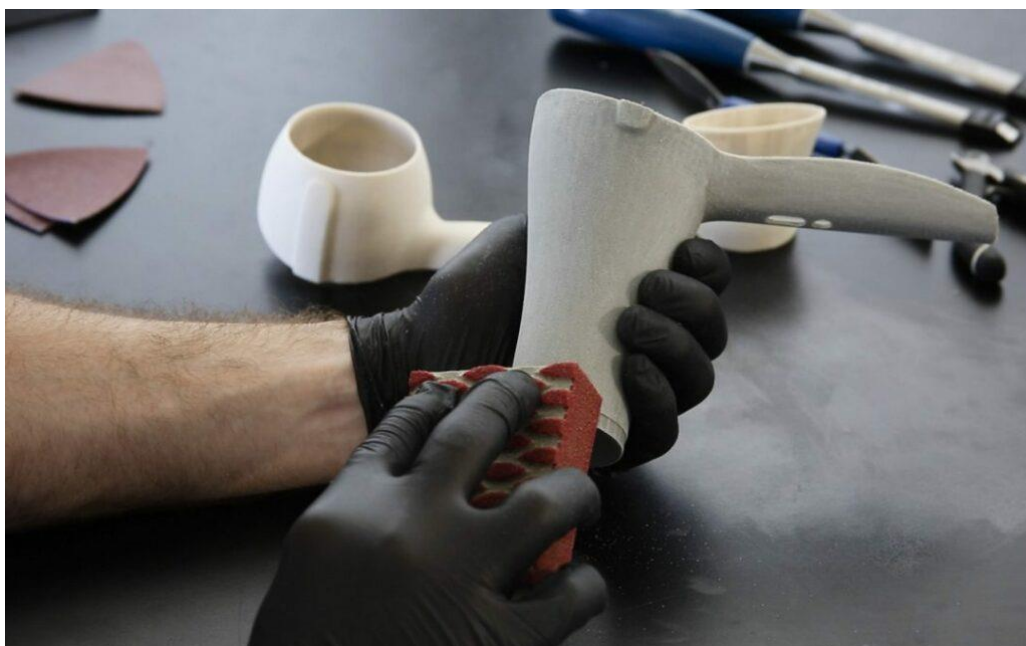
D'una banda, parlant de costos, els materials de les impressores FDM són molt més barats (un 50%) que els materials que utilitzen altres tecnologies, com SLS i SLA. Altrament, els filaments propis de les impressores de fusió tenen una alta gamma de colors.





*Figura 5 : Diferència entre la varietat de colors dels materials FDM i SLA, respectivament. (5)*

En últim lloc, el post processament amb la impressió FDM és molt més còmode i fàcil, ja que només cal treure els suports de les peces impreses (si escau) i llisar les parts on hi havia aquests suports per aconseguir el resultat més llis i suau possible. Aquest avantatge no existeix amb la tecnologia SLA, ja que després de la impressió del model 3D és usual banyar-lo en alcohol i fer un bany de llum ultraviolada, perquè les parts de resina que no s'hagin solidificat es netegin.



*Figura 6 : Post-processament d'una peça impresa amb tecnologia FDM. (6)*

### 3. MATERIALS D'IMPRESSIÓ 3D

#### 3.1. Materials d'impressió 3D FDM

MATERIAL	CARACTERÍSTIQUES	APLICACIONS
<b>ABS (acronitril butadiè estirè)</b>	Tenacitat i durabilitat Termoresistència Necessita superfície calenta per adherir-se Necessita ventilació	Pràcticament qualsevol model 3D funcional
<b>PLA (àcid polilàctic)</b>	Rigidesa i força, però fràgil Poc resistent al calor i als químics Biodegradable No emet olor	Prototips senzills i models estètics
<b>PETG (tereftalat de polietilè glicolitzat)</b>	Compaginable amb temperatures més baixes per a una impressió ràpida Resistència a químics i a la humitat Transparència Apte per components relacionats amb l'alimentació	Prototips funcionals i útil per aplicacions impermeables
<b>Nailon</b>	Lleugeresa, durabilitat i resistència Alta flexibilitat, termoresistent i fort Altament compatible amb FDM	Models funcionals i peces resistents i duradores
<b>TPU (poliuretà termoplàstic)</b>	Flexibilitat i elasticitat Resistent a impactes Amortiguació de vibracions	Models flexibles
<b>PVA (alcohol polivinílic)</b>	Soluble en aigua	Ideal per fer de suports a l'hora d'imprimir
<b>HIPS (poliestirè d'alt impacte)</b>	Soluble en limonè químic	Ideal per fer de suports a l'hora d'imprimir
<b>Fibra de carboni, kevlar o fibra de vidre</b>	Extrema rigidesa i resistència Només compatibles amb impressores nivell industrial	Eines, prototips de caràcter industrial, etc..

### 3.2. Materials d'impressió 3D SLA

<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTIQUES</b>	<b>APLICACIONS</b>
<b>Resines estàndard</b>	Alta resolució Acabats notablement llisos	Peces estètiques o funcionals
<b>Resines clear</b>	Transparència pràcticament absoluta	Peces amb aplicacions que requereixin transparència
<b>Resines draft</b>	Gran rapidesa a l'hora d'imprimir, 10 vegades més que amb FDM	Prototips inicials
<b>Resines tough / durable</b>	Resistència Suporten traccions, compressions i flexions	Peces resistents (suports, connectors, etc.)
<b>Resines rigid</b>	Alta força i resistència Resistència tèrmica i química	Suports i connectors Components per circulació de fluids i d'electricitat
<b>Resines high temp</b>	Alta Termoresistència	Components per circulació de fluids a alta temperatura
<b>Resines flexibles / elàstiques</b>	Alta flexibilitat Suporten esforços de flexió i compressió	Dispositius mèdics i prototips anatòmics Components robòtics
<b>Resines mèdiques</b>	Biocompatibilitat	Pròtesis dentals Òrgans Guies quirúrgiques
<b>Resines per joieria</b>	Composta de silicona Flexible i de fàcil fusió	Motlles elàstiques i joieria personalitzada

## 4. PART PRÀCTICA

A l'hora d'escollir aquesta temàtica pel meu treball de recerca el meu cap estava ple de dubtes i pors. Què puc fer de part pràctica? Em quedarà bé? Podré sorprendre a la meva tutora? Jo sabia que la impressió 3D m'apassionava i que amb tota la recerca i pràctica duta a terme podria aprendre a més no poder (i així ha estat).

Tenir una impressora 3D amb la qual practicar i documentar-me amb la història, diferents tecnologies i materials d'impressió, he aconseguit un coneixement que de cap altra manera podria haver fet. A més, he tingut l'oportunitat i el plaer de poder entrevistar a dues persones formades en el meravellós món de la impressió 3D i que s'hi dediquen professionalment: Vicente Ramírez, de Be More 3D, una iniciativa de la UPC i Felip Fenollosa, del centre tecnològic de la UPC, que alegrement em va donar un "tour virtual" per la planta de recerca d'I+D i la planta industrial. Aquestes experiències em van permetre conèixer algunes de les aplicacions de les impressores 3D en el món actual i la seva vital importància.

En conseqüència, vaig interessar-me per la capacitat que tenen les impressores 3D d'utilitzar un material que, avui dia i, i des de fa dècades, és un dels contaminants que està colonitzant el planeta. Parlo del plàstic. Aquell que anualment omple els mars i oceans amb milions de tones. Se'm va ocórrer que seria molt bona idea si aquell plàstic es pogués reciclar de manera més eficient (menys del 10% dels plàstics generats es reciclen cada any a nivell mundial) i emprar per fabricar el que vulguis. Òbviament, no he estat el primer a pensar això, però personalment em meravellava la idea de poder transformar una ampolla de plàstic usada al que tu vulguis. Al llarg del meu marc pràctic, veureu com ha estat la meva evolució amb la tecnologia 3D i totes les coses que he après i, finalment, fet.

#### 4.1. Entrevista a Vicente Ramírez, de *Be More 3D*

Primer de tot, vaig decidir entrevistar alguna empresa per poder aprendre amb les orientacions d'un professional. En aquest cas, vaig tenir la sort de poder parlar amb un dels fundadors de l'empresa valenciana *Be More 3D*, Vicente Ramírez.

En aquesta entrevista vaig comprendre que l'escalabilitat de la tecnologia 3D no es queda restringida a l'àmbit domèstic, sinó que arriba a escala industrial. Vicente Ramírez i el seu grup de treball s'especialitza en la construcció d'habitatges socials fent servir impressores 3D. Col·labora amb universitats i centres tecnològics, enfocant-se en el desenvolupament de nous materials i projectes socials. La tecnologia 3D de les seves impressores és la FDM i utilitzen un formigó especial com a material principal. Ofereix un disseny flexible, ràpida i menor risc laboral, tot i que el muntatge de la impressora pot arribar a ser un desafiament. Malgrat la inversió inicial, a *Be More 3D* redueixen fins un a 20% els costos de construcció a diferència de la construcció d'habitatges tradicional<sup>4</sup>.

#### 4.2. Entrevista a Felip Fenollosa, de la UPC

Més tard, al cap d'unes setmanes, vaig tenir el plaer d'entrevistar en Felip Fenollosa que treballa al centre tecnològic de l'UPC, on manipulen amb impressores 3D de tota mena amb una gran varietat d'aplicacions.

Al llarg de l'entrevista en Felip em va explicar el funcionament de la planta tecnològica: personal, objectius, tasques, ... El centre tecnològic de la UPC treballa amb altres empreses relacionades amb la tecnologia 3D i ajuden al desenvolupament de materials i tecnologies i a la recerca I+D. Cap al final de l'entrevista en Felip, amablement, em va fer un "tour virtual" per tota la planta, on vaig veure tota classe d'impressores 3D de totes les mides possibles: FDM, SLA, SLS, ... Vaig veure també un munt de prototips impresos i, fins i tot, dispositius que simulen òrgans humans per tal que experts puguin practicar prèviament amb ells abans de qualsevol intervenció quirúrgica o per fer recerca.

Ja que es tracta d'una entrevista audiovisual i d'extensa durada on el Felip m'ensenya tota la planta tecnològica, adjunto l'enllaç a l'entrevista dins la bibliografia.

---

<sup>4</sup> Podeu trobar l'entrevista completa als Annexes.



<p>Bloc calefactor d'alumini Makerbot MK7 MK8 → 3,22 €</p>	<p>Termocontrolador amb pantalla LED i línia de sonda de AC110-220V → 7,16 €</p>
	
<p>Set de fulles d'acer d'aliatge de carboni baix de 9mm → 1,81 € / lot</p>	<p>Regulador de voltatge DC 4,5V – 35V → 3,12 €</p>
	
<p>Interruptor de 3 pins → 1,80 € / lot</p>	<p>Suport d'angle de 90° d'acer inoxidable → 0,40 €</p>
	

<p>Font d'alimentació commutada de 12V → 5,56 €</p>	<p>Tauler aglomerat de 29,7 x 60 x 2,5 cm → 4,99 €</p>
	
<p>4 potes fixes d'acer de 10 cm →9,16 €</p>	
	

Cal afegir que alguns dels components esmentats en la taula requereixen una carcassa o suport. Aquests suports els vaig imprimir (color negre) amb la meva impressora 3D. Es poden trobar a la web *Thingiverse*.

El preu total va sortir a 62,80 €.



#### 4.3.2. Procés de construcció de la PETamentor

La PETamentor és una màquina capaç de transformar ampolles de plàstic en filament PET, que és un material que les impressores 3D FDM poden utilitzar com a matèria primera per poder imprimir models 3D.

La PETamentor està composta per 7 components principals que, junt amb altres components secundaris, aconseguen el correcte funcionament i propòsit del prototip. Les parts principals són les següents:

1. Interruptor d'encès i d'apagat
2. Font d'alimentació
3. Regulador de voltatge del motor
4. Motor puller
5. Tallador
6. Termocontrolador
7. Bloc calefactor

Primerament, vaig muntar la taula, que seria la base de tota la màquina, el xassís del prototip. Per fer-ho, vaig fer servir el tauler aglomerat i les 4 potes d'acer negres, una per cada cantonada. Vaig necessitar un total de 16 cargols. Tenint ja la base del prototip va ser més fàcil el procés de construcció.

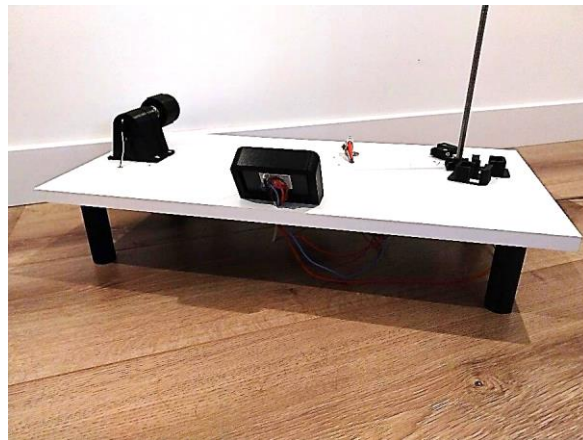


Figura 7 : Mostra com es subjecta el tauler amb les potes (9)

## 1. Interruptor d'encès i apagat:

L'interruptor serveix per poder interrompre el flux d'electricitat, i per tant poder encendre i apagar la font d'alimentació. Per fer-ho, vaig haver de connectar la línia de l'endoll al 1r pin de l'interruptor. Després, al 2n pin, vaig connectar un cable que anés al connector de la línia de la font. Amb l'interruptor tancat, la línia resta tallada i no arriba corrent a la font. Amb l'interruptor obert la línia arriba a la font. El cable neutre de l'endoll va directament connectat al tercer pin de l'interruptor i al connector de la font. L'interruptor té un petit LED indicador de funcionament. El vaig instal·lar a una cantonada de la PETamentor.

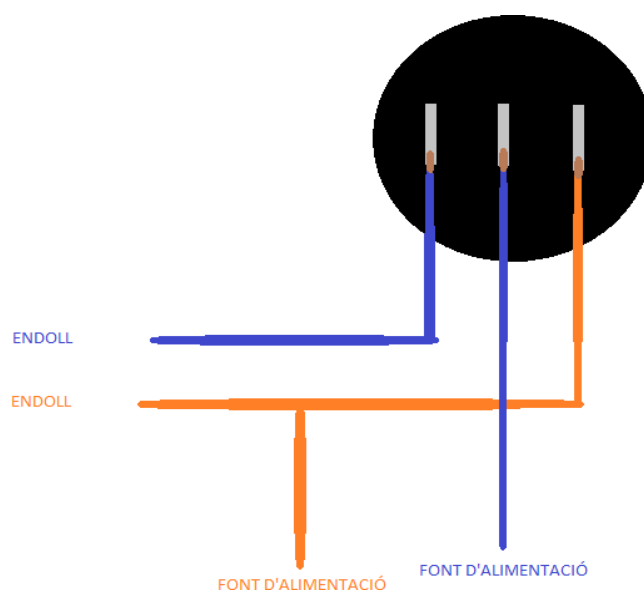


Figura 8: Esquema del funcionament elèctric de l'interruptor de 3 pin (10)

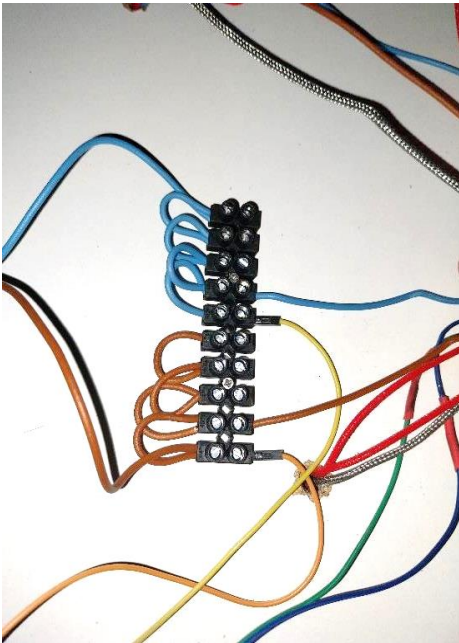


Figura 9: Mostra l'interruptor i el seu suport, imprès en 3D (11)

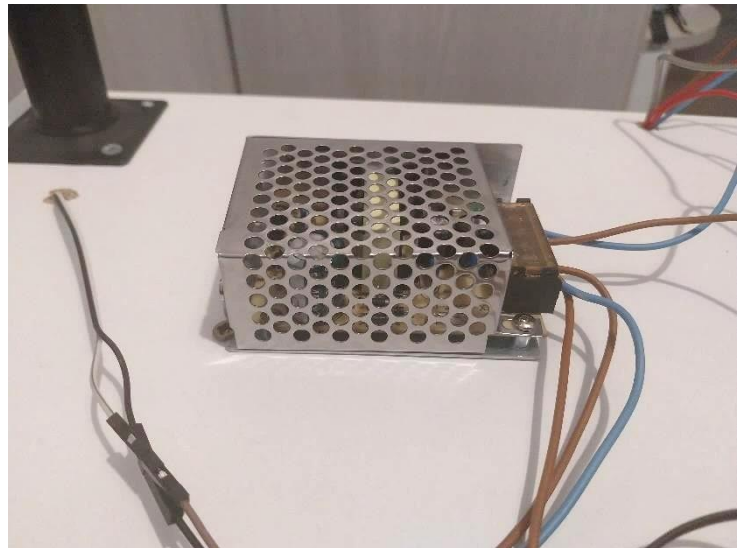
## 2. Font d'alimentació:

El següent pas va ser instal·lar la font d'alimentació, que s'encarrega de transformar el corrent altern de 220 V a corrent continu de 12 V, a l'estructura del prototip. Mitjançant 2 cargols, la vaig col·locar a sota del tauler.

Per ajudar-me amb el cablejat de tots els components, vaig instal·lar una regleta de connexions. Vaig connectar al pol positiu de la font d'alimentació a un connector de la regleta i, mitjançant ponts, el vaig estendre fins a ocupar una meitat de la totalitat dels connectors. També vaig fer el mateix procés amb el pol negatiu, ocupant l'altra meitat dels connectors de la regleta.



*Figura 10 : Regleta connectada al voltatge positiu i negatiu de la font d'alimentació mitjançant ponts (12)*



*Figura 11: Font d'alimentació instal·lada sota el tauler (13)*

### 3. Regulador de voltatge:

Aquest component es combina amb el motor i és molt important pel funcionament del prototip, ja que permet regular el voltatge, és a dir, la velocitat del motor puller.

El regulador de voltatge té 4 ports: els de voltatge (positiu i negatiu) i els dels pols del motor (positiu i negatiu). Senzillament, vaig connectar els ports del voltatge a la seva corresponent secció de la regleta, prèviament instal·lada i vaig connectar els ports corresponents al motor.



Figura 12: Mostra el potenciòmetre del regulador de voltatge subjectat al tauler (14)

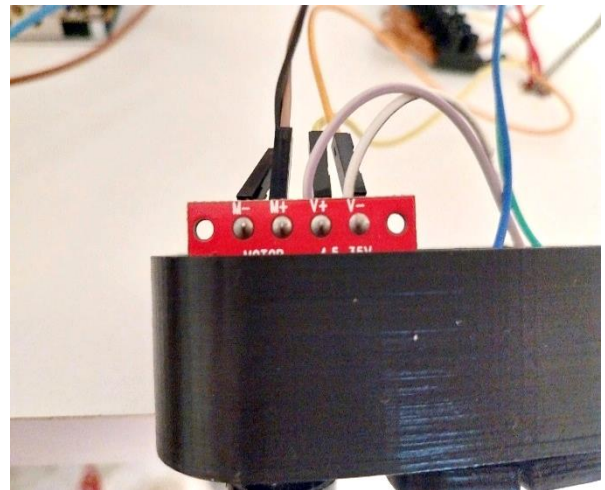


Figura 13: Mostra els 4 ports del regulador de voltatge (15)

### 4. Motor puller:

Aquest motor és l'encarregat d'aplicar la força necessària per estirar el filament de plàstic a través de l'embocadura. El següent pas va ser instal·lar el motor amb els suports que vaig imprimir en 3D.



Figura 14: Mostra el motor subjectat amb els suports instal·lat sobre el tauler (16)

## 5. Tallador:

Aquesta peça s'encarrega de tallar el plàstic de l'ampolla mitjançant una fulla d'acer a mesura que el motor tira del filament. La fulla es col·loca en les diferents posicions que ofereix la peça de subjecció, cadascuna d'aquestes a una alçada diferent. La vaig instal·lar a la cantonada contrària al motor.



Figura 15: Mostra el tallador amb les seves diferents ranures (17)

## 6. Termocontrolador:

Aquest instrument s'utilitza per supervisar la temperatura a què s'extrudeix la tira de plàstic de l'ampolla, la qual mostra en un *display*. Escalfa l'embocadura del bloc calefactor a la temperatura que l'usuari estableix mitjançant l'escalfador. Quan arriba a la temperatura desitjada, el termocontrolador s'apaga i un cop està sota la temperatura establida, s'encén i es torna a escalfar fins a arribar a aquesta. Aquest procés es repeteix de manera indefinida. El controlador consta d'una sonda de temperatura com a input i un relé que activa i desactiva l'escalfador com a output.

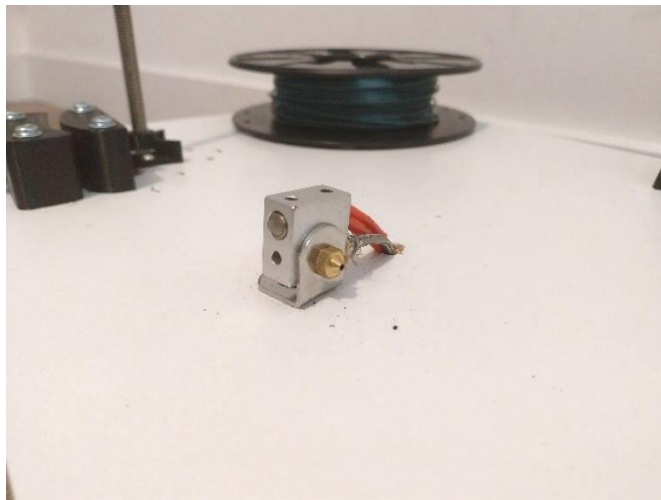


Figura 16: Mostra el Termocontrolador al tauler (18)

## 7. Conjunt calefactor

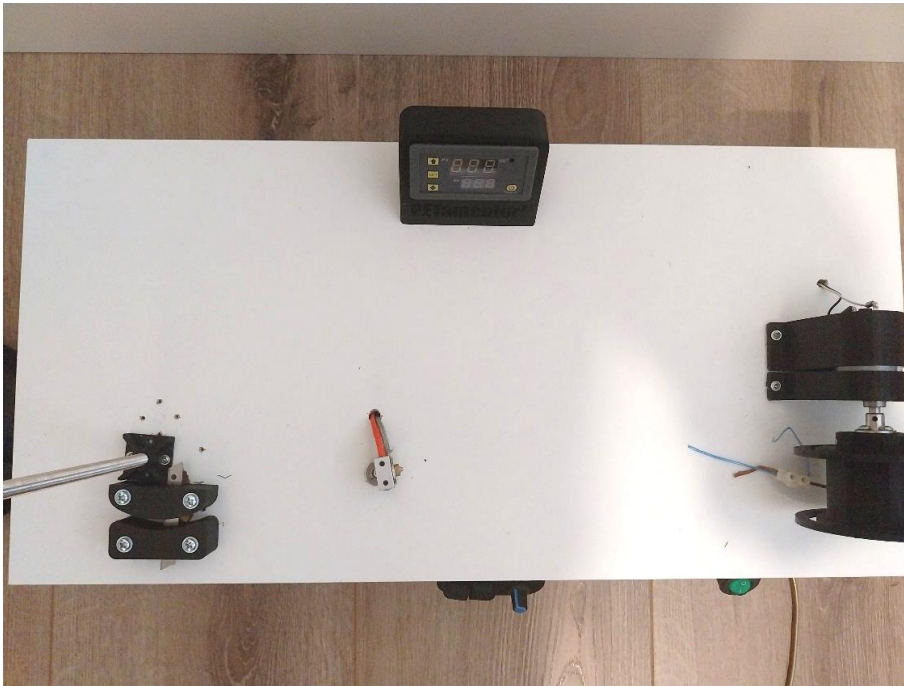
El bloc calefactor és la peça que s'encarrega d'escalfar el plàstic per facilitar el seu pas per l'embocadura, de tal manera que el plàstic queda amb forma cilíndrica, és a dir, com filament. Les parts del bloc calefactor són:

- Escalfador. Funciona a 12 V, i escalfa el conjunt de metall del bloc i l'embocadura o nozzle.
- Sonda o sensor de temperatura. També anomenat termopar. Llegeix la temperatura a què arriba el bloc calefactor. Funciona a 12 V.
- Nozzle o embocadura. Peça que és l'última part de l'extrusor. El diàmetre d'aquest serà el que condicioni el gruix del filament. En aquest cas és d'1'5 mm. El vaig haver de foradar per adequar-lo al diàmetre necessari.
- Bloc calefactor. És la peça mecanitzada, generalment d'alumini on van acoblades o roscades les diferents peces del conjunt.



*Figura 17: Mostra el conjunt calefactor al tauler (19)*

El prototip amb tots els components instal·lats es veu així:



*Figura 18: Prototip finalitzat des d'una vista planta (20)*

#### 4.3.3. Procés de fabricació de filament

Un cop tenia la màquina recicladora construïda, el següent pas era el més important: aconseguir fer el filament. Per poder fer-ho, s'han de seguir uns passos ben rellevants.

1. Preparar l'ampolla
2. Fer un retall a l'ampolla per passar-la per la fulla
3. Passar la tira de plàstic per l'embocadura
4. Unir el filament a la bobina

##### 1. Preparació de l'ampolla

Per tal que l'ampolla sigui compatible amb el procés de reciclatge, s'ha de sotmetre a una sèrie d'ajustos (depenent del tipus d'ampolla). Moltes ampolles de plàstic no són completament llises, i aquestes variacions que poden afectar negativament el procés de tallament i d'extrusió. Així doncs, si l'ampolla presenta variacions en el plàstic, és necessari allisar-la.

El primer pas és retirar qualsevol plàstic que l'ampolla tingui envoltada. Després, s'ha de netejar la cola que enganxava el plàstic per evitar impureses dins el filament.

Un cop realitzat aquest procediment, l'ampolla està llesta per ser allisada. Per fer-ho, haurem de fer ús de la física. Quan s'incrementa la temperatura d'un gas, es transmet energia a les partícules d'aquest i s'expandeixen, augmentant la pressió dins del recipient on es troben. Per tant, si inflem l'ampolla, augmentant la pressió dins d'ella, i després l'escalfem, l'aire de dins s'expandirà, allisant la superfície del plàstic.

Mitjançant una vàlvula d'inflar rodes, inflem l'ampolla fins que la pressió interior arribi a 1,2 bars, aproximadament. Un cop inflada, amb l'ajut d'espelmes, girem l'ampolla sobre les espelmes fins que l'ampolla quedi totalment llisa, està preparada pel següent pas.

## 2. Retall de l'ampolla per passar-la per la fulla

Primer de tot, s'ha d'extreure des de la part inferior de l'ampolla fins on comença a ser recta. Ara, hem de fer un retall estret capaç de passar sota la fulla i capaç de passar per l'embocadura.

## 3. Passar la tira de plàstic per l'embocadura

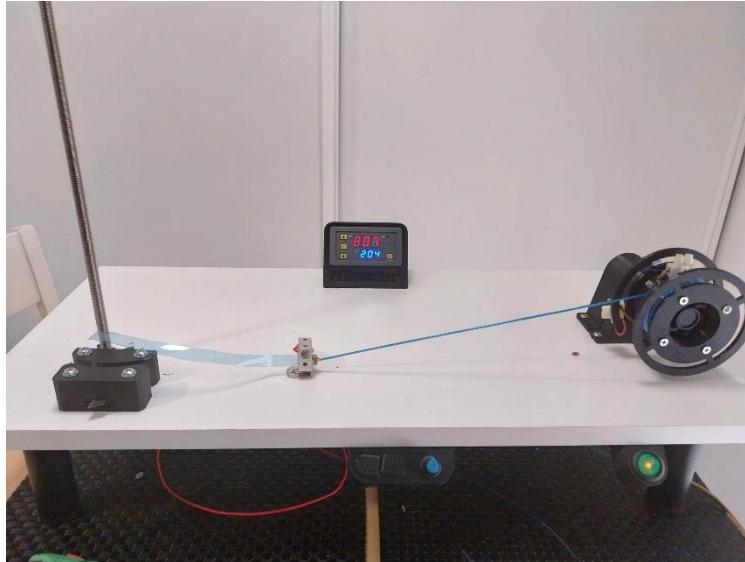
Quan el bloc calefactor encara no està escalfat, hem de passar la tira de plàstic per l'embocadura. Un cop hagi passat, hem d'escalfar l'embocadura i estirar el plàstic fins a tenir la longitud necessària perquè arribi a la bobina.

## 4. Unió del filament a la bobina

Mitjançant una regleta de connexions, unim el filament extrudit a la bobina.



Un cop s'han fet els 4 passos prèviament esmentats, el plàstic i la màquina estan llestos per començar la producció de filament. Només cal accionar el potenciòmetre i el motor començarà a estirar el plàstic, que s'anirà convertint en filament a mesura que surti per l'embocadura.



*Figura 19: Mostra el Termocontrolador al tauler (21)*

#### 4.3.4. Anàlisi del procés de fabricació i del filament produït

Un cop ja vaig aprendre a produir el filament sense cap dificultat, vaig començar a analitzar el filament creat i el procés de fer-lo. Em vaig centrar en els següents punts:

- Diàmetre del filament
- Color i rugositats
- Llargada del filament (1 ampolla)
- Durada del procés
- Qualitat de les impressions

##### Diàmetre del filament

El diàmetre del filament industrial de PLA que acostumen a utilitzar la meva impressora, en aquest cas una impressora *Artillery Hornet* (impressora FDM), és de 1'75 mm. El meu objectiu a l'hora de crear el filament era d'aproximar-me a 1'5 mm, una mesura totalment correcta per tal de poder imprimir sense cap mena de dificultat.

L'anàlisi es va basar a fer 3 filaments, és a dir, 3 vegades el procés de creació de filament. Amb la primera prova vaig obtenir un diàmetre d'1'4 mm. Amb la segona, 1'6 mm i amb la tercera, 1'55 mm. Fent la mitjana aritmètica em obtenim un resultat de:

$$M = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{1,4 + 1,6 + 1,55}{3} \cong 1'517 \text{ mm}$$

Tot i que s'allunya pràcticament 0'15 mm, aquesta diferència no resulta cap inconvenient a l'hora de fer filament i, posteriorment, es notarà quan es realitzi la primera impressió.

### Color i rugositats

D'una banda, un dels altres aspectes a tenir en compte van ser el color i la possibilitat de trobar irregularitats en l'acabat del filament. Depenent del tipus d'ampolla i del seu color, el filament sortirà d'una manera o una altra. Generalment, surt una mica més fosc que el plàstic de l'ampolla. D'altra banda, les rugositats que pugui presentar el filament poden causar problemes en la impressió 3D. Per tant, és important trobar la mida justa de la tira de plàstic que passa per l'embocadura, que no presenti cap irregularitat d'amplada (més o menys ha de mantenir la mateixa amplada) i que l'embocadura estigui ben avellanada<sup>5</sup>. Durant les proves em vaig fixar que sobre tot el començament de l'extrusió del plàstic no era del tot polida (primers 5-10 cm). Malgrat això, la resta de l'extrusió va sortir sorprenentment llisa.

### Llargada del filament

Durant aquesta prova vaig tenir en compte la llarga que s'obté amb una ampolla d'aigua d'1'5 dm<sup>3</sup> de la marca *Font d'Or*. A més, un altre factor que s'ha de considerar va ser el fet de retallar la part inferior de l'ampolla, com he explicat prèviament a l'apartat de preparació de l'ampolla, i el retall de les parts rugoses del principi del filament. Un cop tenint aquestes consideracions presents (i sempre estaran presents en el procés de fabricació), vaig mesurar el filament resultant. El resultat va ser, aproximadament, de 7 metres.

---

<sup>5</sup> Modificar el començament del forat on va inserit un cargol per donar una forma semicònica.

### Durada del procés

La durada del procés de fabricació del filament (d'1 ampolla), des que surt per primer cop de l'embocadura fins a l'últim moment, és de 25 minuts. No es van tenir en compte preparatius de la màquina ni del plàstic, encara que estimo que seran aproximadament 15-20 minuts.

### Qualitat de les impressions

Ja tenint el filament preparat i instal·lat a la impressora, vaig deixar decidir al meu pare quina peça imprimir. Va escollir un peó d'escacs, que va trobar a la web *Thingiverse*, un lloc web de gratuït accés on els usuaris puguen arxius per la comunitat de la tecnologia 3D.

El resultat va ser el següent:



*Figura 20: Primera impressió amb el filament reciclat (22)*

Els resultats de la impressió van ser força positius. El color del filament és, en la meua opinió, molt bonic i, a més, brilla. Tanmateix, he d'afegir que la resistència és força feble. Com que realment el filament reciclat és buit per dins (el plàstic crea un cilindre buit per dins en l'extrusió, ja que la tira de plàstic només es tanca), a l'hora d'ajustar la configuració d'impressió s'haurien de canviar alguns aspectes respecte a la impressió amb filament industrial. En aquest cas, el flux de filament s'hauria d'augmentar, per tal d'oferir més resistència a la peça resultant. De totes maneres, si la peça és merament estètica, aquest factor no cal tenir-lo en compte i, tot i això, pot tenir utilitats on es necessiti certa resistència (no molta).

#### 4.4. Elaboració d'un projecte educatiu en col·laboració amb el Departament de Tecnologia de l'Institut

L'objectiu principal que tenia al cap a l'hora de fer el Treball de Recerca era convèncer al meu institut, d'invertir en una impressora 3D per utilitzar-la al centre, convertint-se en una font de fabricació additiva dins del centre i, especialment, d'aprenentatge i inclusió.

Malgrat això, aquesta idea va fer un gir totalment inesperat. Un dia de classe, vaig acostar-me al Departament de Tecnologia per parlar amb el cap i exposar-li els avantatges i beneficis de tenir una impressora 3D al centre. De sobte, durant la meva exposició, en em va dir: "Ja en tenim una en camí". Vaig quedar bocabadat. A més, vaig ser una de les primeres persones en el centre en saber-ho. Tot i el canvi de plans que hi va haver dins el meu Treball de Recerca, de seguida se'm va ocórrer elaborar un projecte amb el Departament de Tecnologia per posar-lo en pràctica quan la impressora arribés al centre.

Ja que el Departament de Tecnologia no tenia experiència amb les tecnologies 3D, em vaig oferir com a voluntari per oferir qualsevol mena d'ajut que necessitessin amb la impressora, perquè jo ja entenia com funcionaven, gràcies a la prèvia experiència amb la meva impressora domèstica.

Per tant, vaig començar a elaborar un projecte que els alumnes d'ESO que fessin tecnologia el possessin en pràctica. A més, seria un projecte amb què es tindria una nota, depenent que tan bé es faci.

Tenint tot això present, vaig posar en marxa la confecció del projecte. Es valoraria: competència digital, competència artística, competència en tecnologia i competència en comunicació lingüística, d'acord amb la nova llei LOMLOE (enfocada amb el desenvolupament personal, social i professional<sup>6</sup>).

A la següent pàgina adjunto el projecte educatiu, amb el format del Departament de Tecnologia de l'institut

---

<sup>6</sup> <https://www.tekmaneducation.com/competencias-educativas/>

## Projecte grupal - Impressió 3D - Aprenem a utilitzar-la

En aquest projecte aprendreu les bases de la tecnologia 3D, com funciona i, el més important, com fer-la funcionar. A més, haureu de fer una memòria, on plasmareu el procés d'aprenentatge.

### 1. Recerca d'informació en grup.

- Quin tipus de tecnologia 3D fa servir la impressora del centre?
- Quin tipus de materials necessita?
- Quines parts té la nostra impressora 3D?

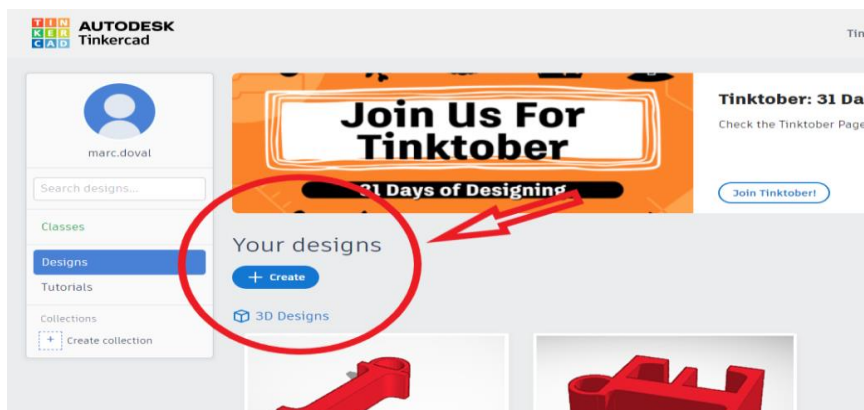
Discutiu-lo en grup i escriviu les vostres respostes a la memòria!

### 2. Analitzar la interfície de la impressora (no res a la memòria)

- a. **Sistema de calefacció** → Incrementar la temperatura del “[nozzle](#)” i de la plataforma d'impressió. AMB COMPTE! ⚠
- b. **Plataforma d'impressió** → Calibrar el llit (eix Z). Fonamental per poder imprimir. <https://www.youtube.com/watch?v=sqZg4Fd6wuw>
- c. **Filament** → Carregar i descarregar-lo.
- d. **Arxius** → Aprendre a inserir els arxius i a trobar-los.

### 3. Procés de creació del model 3D

- a. Registreu-vos a Tinkercad → <https://www.tinkercad.com>
- b. Seleccionen l'opció de creació d'objectes



c. Dissenyar un objecte 3D. A continuació adjunto idees de creació del model 3D,

Clauer (lletra o forma que vulgueu) →



Objecte per recolzar el mòbil →



Cubell per bolis i llapis →



Punt de llibre fantasmal →



Dins la memòria heu de posar el procés de construcció i una fotografia del model 3D final.

Un cop tingueu el model 3D, l'heu **d'exportar** en format **.STL**!

Per finalitzar, heu de pujar la memòria al Google Classroom i posar el nom de tots els components del grup!

#### 4.5. Altres projectes col·laboratius

Per demostrar que la impressió 3D no té límits i amb l'ajut de la meva tutora del Treball de Recerca em vaig posar en contacte amb el docent del meu institut

per tal de trobar possibles aplicacions de la impressió 3D dins l'aprenentatge.

Aquestes van ser algunes de les seves idees:

1. *“Una peça per fer forats a l'hort, i poder plantar”*
2. *“Pluviòmetres... podríem servir com complement per l'hort, per controlar les precipitacions i saber si cal regar o no. Podries parlar-lo amb el, si interessaria per treballar amb el grup de reforç o la comissió de sostenibilitat (i podeu relacionar-lo amb la sostenibilitat de l'hort, el treball amb alumnes amb diversitat que treballen d'una forma més manipulativa... serviria per treballar les gràfiques de pluja a mates, també el volum a física, ja que podríem calibrar els i marcar les quantitats als pluviòmetres...)”*

*“Suports per codis QR... per poder posar al pati i organitzar una gimcana matemàtica... o ficar informació al pati sobre igualtat, o informació per joves... Seria com un parell de plaques unides, amb possibilitat d'obrir-les i ficar un paper a dins. Al ser transparent es podria llegir el codi i estaria protegit de la pluja. Es podria fer o en col·laboració del departament de mates si fos per una gimcana, o de la comissió de delegats si fos per posar informació per joves. Podria donar continuïtat al TR i fer un altre TR per desenvolupar tot això (cercar sobre quina informació els agradaria tenir els joves i preparar e instal·lar codis QR a l'institut). L'Anabel sap com associar la informació als QR.”*

*“Monedes... per fer jocs matemàtics... Jo als alumnes els proposo alguna vegada un, que són 13 monedes i es juga en parelles. Cadascú agafa 1, 2 o 3 monedes i guanya qui agafa l'última. És un joc relacionat amb els múltiples i de seguida s'aprèn l'estratègia guanyadora. Si hi hagués moltes monedes, es podria treballar a 1r ESO al tema de divisibilitat.”*

3. *“Necessito una caixeta per a un sensor de temperatura.”*
4. *“Molt interessant el TR. Moltes ganes de veure el resultat! Molt bona la idea de fer peces reciclades per jocs de taula.”*

Actualment (26/10/2023) ja he contactat amb els professors d'idees 1 i 3. Quant a la primera idea, ja he imprès el prototip per fer forats al sòl, que ajudaria a l'alumnat de l'Aula Oberta<sup>7</sup> a treballar de manera més eficient, ja que, avui dia, només tenen 1 eina per foradar el sòl. En el futur tinc pensat augmentar el nombre d'eines per l'Aula Oberta.

D'altra banda, amb la idea 3, ja vaig imprimir la carcassa pel sensor de temperatura i el professor ho va provar. No obstant això, la caixa en qüestió no s'adequava a les seves necessitats així que, pròximament, es posarà en contacte amb mi per fer una millor versió de la caixa del sensor.

Durant tota la resta de la meva estança dins del centre, estaré en contacte amb tot l'equip docent en cas que necessitin qualsevol cosa.

---

<sup>7</sup> Grup reduït d'alumnes amb dificultat d'aprenentatge.



## 5. CONCLUSIONS

Al llarg del treball de recerca, en tot moment, he estat emocionat amb el que estava fent. Poder ser capaç de transformar ampolles de plàstic en què tu vulguis és una sensació molt reconfortant, especialment amb la situació del món actual, que s'ofega entre tones i tones de plàstic.

Des del moment en què vaig construir la màquina recicladora, sabia que volia que tingués un impacte en tot allò que m'envolta, com la família o l'institut on estudio, i poder ajudar-los en qualsevol afer possible. Ha estat una gran satisfacció col·laborar en determinats projectes de centre aportant els meus coneixements i amb l'ajuda del meu prototip.

Actualment, al món es produeixen més de 300 milions de tones de plàstic, de les quals es recicla menys del 10%. Davant aquesta crisi, l'únic que no podem fer és quedar-nos de braços plegats. Amb la construcció d'aquest prototip faig la següent proposta: dissenyar un prototip compacte, adaptat per la llar, que permeti a cada família reciclar els seus propis residus plàstics per després convertir-los en objectes útils, tancant d'aquesta manera el cercle de consum.

Amb aquest treball també intento transmetre un punt de vista optimista sobre el futur. No tenim alternativa, no tenim un altre planeta: hem d'apostar per un món sostenible, una economia circular i un canvi en la nostra manera de consumir.

La tecnologia de les impressores 3D serà una eina clau en aquest procés.

## 6. BIBLIOGRAFIA

### 6.1. Figures

- (1) ThinkBig. **El padre de la Impresora 3D, Charles W. Hull.** [en línea]. <<https://blogthinkbig.com/charles-hull-impresora-3d>>. [Consulta: 07/2023].
- (2) Matadero Medialab. **Taller de reparación de la impresora 3d RepRap Darwin.** [en línea]. <<https://www.medialab-matadero.es/actividades/taller-de-reparacion-de-la-impresora-3d-reprap-darwin>>. [Consulta: 07/2023].
- (3) Formlabs. **SLA O DLP: guía comparativa de impresoras 3D de resina.** [en línea]. <<https://formlabs.com/es/blog/comparacion-impresoras-3d-resina-sla-dlp/>>. [Consulta: 08/2023].
- (4) Bitfab. **Tipos de Impresoras 3D, la guía definitiva de Bitfab.** [en línea]. <<https://bitfab.io/es/blog/tipos-de-impresoras-3d/>>. [Consulta: 08/2023].
- (5) COLOR PLUS. **Filamento vs resina.** [en línea], <<https://www.colorplus3d.com/filamento-vs-resina/>>. [Consulta 09/2023].
- (6) 3D Market. **Desventajas de impressió con filamento.** [en línea]. <<https://www.3dmarket.mx/articulos/tecnologia-de-impresion-fdm/>>. [Consulta: 09/2023].
- (7) **Aliexpress.** [en línea]. <<https://es.aliexpress.com/?spm=a2g0o.home.logo.1.47f270e5HbnUd9&gatewayAdapt=glo2esp>>. [Consulta: 10/2023].
- (8) Leroy Merlin. **Las mejores soluciones para decorar y organizar, con gusto y al mejor precio.** [en línea]. <<https://www.leroymerlin.es/>>. [Consulta: 10/2023]
- (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22) **Arxius personals**

## 6.2. Informació

Mundo Tigra. **Hideo Kodama**. [en línia].

<<https://mundotigra.blogspot.com/2011/03/hideo-kodama.html>>. [Consulta: 07/2023].

ThinkBig. **El padre de la Impresora 3D, Charles W. Hull**. [en línia].

<<https://blogthinkbig.com/charles-hull-impresora-3d>>. [Consulta: 07/2023].

3D Systems. **Estereolitografía**. [en línia].

<<https://es.3dsystems.com/stereolithography>>. [Consulta: 08/2023].

Formlabs. **Guía de materiales de impresión 3D**. [en línia].

<<https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/>>. [Consulta: 08/2023].

Formlabs. **Guía de materiales de impresión 3D**. [en línia].

<<https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/>>. [Consulta: 08/2023].

Impresoras3D.com. **Guía de tipos de resina 3D para imprimir**. [en línia].

<<https://www.impresoras3d.com/guia-sobre-tipos-de-resinas-3d-para-imprimir/>>.

[Consulta: 08/2023].

3D Systems. **¿Qué es un archivo .STL**. [en línia].

<<https://es.3dsystems.com/quickparts/learning-center/what-is-stl-file>>. [Consulta: 08/2023].

Dassault Systèmes. **SLS – Sinterizado por láser selectivo**. [en línia].

<<https://3ds.com/es/make/service/3d-printing-service/sls-selective-laser-sintering>>.

[Consulta: 08/2023].

3D Natives. **Guía completa: Impresión 3D FDM o modelado por deposición**

**fundida**. [en línia]. <<https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/>>. [Consulta: 08/2023].

Wikipedia. **Proyecto RepRap**. [en línia].

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto\\_RepRap#Antecedentes](https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_RepRap#Antecedentes)> [Consulta: 09/2023].

3D Natives. **Tipos de impresoras 3D FDM: Delta, Cartesiana, Polar y Brazo**

**robótico**. [en línia]. <<https://www.3dnatives.com/es/tipos-impresoras-3d-fdm-190620172/#>> . [Consulta: 09/2023].

PETamentor. **Official PET filament machine.** [en línia].< <https://petamentor.com/>>.  
[Consulta: 10/2023].

## 7. ANNEXES

### 7.1. Característiques del RepRap

El RepRap 1.0, Darwin, té les següents característiques:

- Volum de treball: ajustable, però nominalment 230mm (X) x 230mm (Y) x 100mm (Z)
- Materials de treball: Policaprolactona i un farciment/suport
- Configuració: unitat cartesiana de 3 eixos usant motors stepper
- Línia i espai: 0.5mm i aproximadament 0.2mm
- Mida de la característica: aproximadament 2 mm
- Precisió del posicionament: 0,1 mm
- Gruix de la capa: ajustable, però nominalment 0,3 mm
- Interfície d'ordinador: USB
- Gestió de materials: dos extrusors de dipòsit de material fixos, intercanviables per l'usuari
- Cal subministrament d'energia: 6A màx., 3A contínua a 12V DC
- Es necessita un ordinador i un sistema operatiu: Microsoft Windows, Linux, Unix o Mac
- Dimensions exteriors: ajustable, però nominalment 600 mm d'ample x 520 mm de profunditat x 650 mm d'alçada
- Pes: aproximadament 14 Kg
- D'altra banda, els requeriments en quant al software són els següents:
- Ordinador força modern
- Targeta gràfica o GPU (ATI / NVidia) 64 MB +
- Memòria RAM de 512 MB o més
- Port USB
- Sistema operatiu: preferiblement Ubuntu o Linux, encara que OSX i Windows també funcionen

## 7.2. Entrevista a Vicente Ramírez

*Hace poco me compré una impresora 3D, una Artillery Hornet, sencilla, que para hacer modelos no muy complicados está bien. Más tarde, con mi tutora decidí buscar empresas y entrevistarlas para aprender un poco sobre este mundillo de la impresión 3D y me topé con la vuestra, así que decidimos intentar entrevistaros.*

*Estuve mirando un poco sobre vuestra empresa en vuestra página web y parece enfocada a proyectos de construcción de edificaciones mediante tecnología de impresoras 3D. ¿Me podrías explicar un poco más cuáles son los objetivos de vuestra empresa?*

Los objetivos de nuestra empresa siempre han sido más o menos los que me has dicho: realizar proyectos de construcción y desarrollo de viviendas sociales. Entonces lo que lo que hacemos ahora es que nosotros mismos diseñamos, construimos y vendemos los dispositivos, que son dispositivos industriales para la construcción 3D y luego vendemos las máquinas a las universidades, centros tecnológicos y a constructoras y, junto a ellos, los ayudamos a desarrollar proyectos de construcción que normalmente tratan sobre el desarrollo de nuevos materiales o proyectos de construcción social.

*Muy bien. Entonces vuestros principales usuarios y clientes de vuestra tecnología, ¿quiénes son? ¿Universidades?*

Sí. Universidades, centros tecnológicos y otras empresas.

*¿Y qué tipo de tecnología 3D utilizáis? ¿Cómo funciona?*

Nuestras impresoras están compuestas por ejes cartesianos y usan la tecnología de superposición de capas, FDM.

*Supongo que tendréis una nave donde tenéis estas impresoras industriales, ¿verdad? ¿Qué volumen de impresión tienen vuestras impresoras y cuáles son sus características?*

El volumen de impresión de las máquinas puede variar de los 2 metros y medio de ancho por 1 metro de alto hasta los 15 metros de ancho por 7 metros de alto, que corresponde unas impresoras que tenemos que se llaman Pin Pro.

*Perfecto. Yo mismo soy usuario de impresoras 3D domésticas y estas funcionan con materiales termoplásticos. ¿Cuáles son los materiales que utilizáis vosotros para la construcción de edificaciones?*

El material que usamos principalmente es el hormigón. Los materiales los desarrollamos nosotros, junto con la Universidad Politécnica de Valencia y otras empresas. Son materiales en base de cemento que luego se mezclan con agua, se hidratan y se bombean.

*¿Qué ventajas hay en vuestro tipo de construcción en comparación con la construcción clásica?, además del menor tiempo empleado, supongo.*

La principal ventaja, sobre todo, es la libertad de formas que con los métodos tradicionales no se pueden hacer y la rapidez, que has comentado, además de la reducción de riesgos laborales, ya que conseguimos construir toda la estructura de una vivienda sin necesidad de que ningún operario esté en trabajos en altura.

*¿Y en vuestra en vuestro tipo de construcción encontrarías alguna desventaja o algún pequeño inconveniente?*

Bueno, yo creo que una desventaja podría ser el comprar el dispositivo y tener que aprender a utilizarlo, además del transporte de este al lugar de construcción y el montaje del dispositivo. Sin embargo, una de las grandes comodidades que tienen nuestras impresoras es la rapidez de montaje, ya que se pueden tener montadas en unas 6 horas, sin necesidad de grúas. Por otro lado, el software que utilizan es muy sencillo. Así que en cierta parte esas desventajas se ven minorizadas y se solventan fácilmente.

*¿Entiendo que es más barato construir edificaciones con vuestra tecnología 3D que con los métodos clásicos, cierto?*

Gracias a nuestra tecnología conseguimos reducir hasta un 35% los costes de fabricación de la fase de estructura. Entonces, eso repercute en un 20% de menor coste frente a la construcción convencional, es decir, es más económico construir con nuestra tecnología que con la construcción habitual.

*Me lo imaginaba. ¿Cómo trabajáis el post-procesamiento de vuestras edificaciones? es decir vosotros imprimís las capas de hormigón y, luego, ¿Qué se hace?*

Lo que hacemos es una superposición de capas, como te comentaba antes, y cuando ya construyes todos los muros, que son de carga estructural, le damos un revestimiento final a la vivienda: un aislamiento por fuera y un acabado interior. Finalmente, se colocan las instalaciones, entre otras cosas.

*Perfecto. Y, a medio plazo, ¿cuál creéis que es el futuro de vuestro negocio en cuanto a tecnología de impresión, materiales potenciales, nuevos usos o clientes?*

Creo que poco a poco estamos viendo cómo esta nueva tecnología cada vez más está empezando a emplearse muchísimo más. Mucha gente no se impone ante el miedo o el desconocimiento de la tecnología hasta que esta no se empieza a conocer. Estamos viendo cómo, poco a poco, ya se están empezando a construir ya las primeras viviendas reales para que vivan familias en España. En los próximos años, las futuras generaciones o incluso tú, tendrán en su casa algún componente de ella impreso en 3D. Esta realidad, en concreto la de los sistemas constructivos, está creciendo notablemente y seguro que en el futuro será cotidiano.

### 7.3. Entrevista a Felip Fenollosa

<<https://drive.google.com/file/d/1v0pfUyFHqCsXx9Rb386KLPAUVjty0OU1/view?usp=sharing>>



