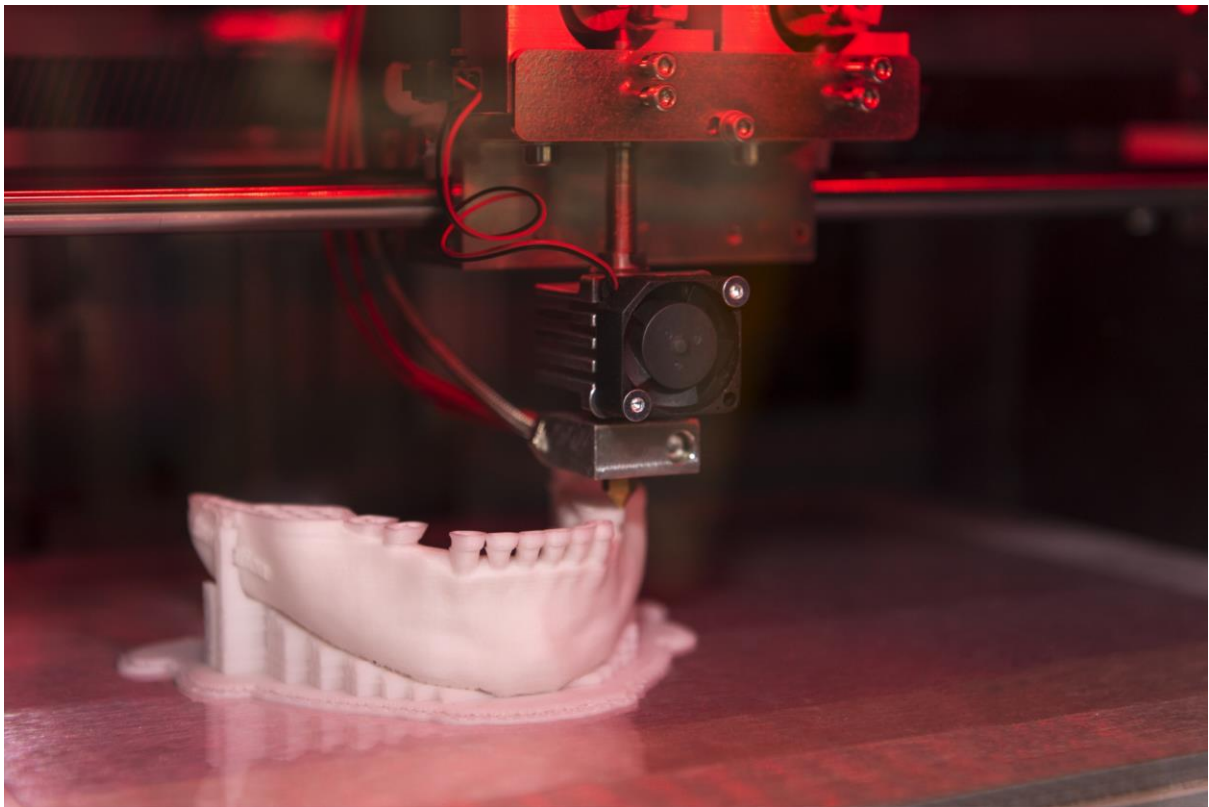


Material sanitari amb la impressora 3D



Xavier Mota Carrasco

201

2023/2024

Tecnologia Industrial

Jaime Morcillo/Marc Gómez

INS Puig Castellar

RESUMEN

Este trabajo se ha realizado con el objetivo de saber cuál es el verdadero impacto que tienen las impresoras 3D dentro del ámbito sanitario.

Las hipótesis principales del trabajo son las siguientes:

- *¿Las impresoras causan un gran impacto en el sector sanitario?*
- *¿Cualquier persona puede diseñar material sanitario utilizable?*

La metodología que se ha llevado a cabo para esta investigación se ha basado en la búsqueda de la información básica de las impresoras 3D para tener unas bases y en la exploración del uso de impresoras en el ámbito médico.

Para poder resolver la última pregunta, he diseñado un objeto sanitario que podría ser utilizado. Para poder realizar este objeto, he usado un programa de diseño y una vez terminado he usado una impresora 3D para poder tenerlo físicamente.

ABSTRACT

This work has been carried out with the aim of knowing what is the true impact that 3D printers have within the healthcare field.

The main hypotheses of the work are the following:

Are printers making a big impact on the healthcare industry?

Can anyone design usable medical supplies?

The methodology that has been carried out for this research has been based on the search for basic information on 3D printers in order to have a basis and on the exploration of the use of printers in the medical field.

In order to answer the last question, I have designed a sanitary object that could be used. To be able to make this object, I used a design program and once finished I used a 3D printer to be able to use it.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
2. HIPÒTESIS I OBJECTIUS	2
3. LES IMPRESSORES 3D	3
3.1 Què són/ per a què serveixen?	3
3.2 Història de les impressores 3D	3
3.3 Tipus d'impressores 3D	4
3.3.1 Materials	10
3.3.2 Programes	15
4. BIOIMPRESSIÓ	16
4.1 Introducció	16
4.2 Bioimpressió	16
4.2.1 Procediment	17
4.3 Impacte de la bioimpressió en la societat	18
4.4 Normatives i regulació en la impressió 3D	20
4.5 Costos i estalvis en la implantació de la impressió 3D en l'atenció mèdica	20
5. APLICACIONS D'UNA IMPRESSORA 3D EN L'ÀMBIT SANITARI	21
5.1 Impressió de medicaments personalitzats i dosificacions adaptades	21
5.2 Impressió de dispositius mèdics a mesura, com ara els implants ortopèdics o les pròtesis	23
5.3 Utilització d'impressió 3D en la producció de material quirúrgic i dental	24
5.4 La Impressió 3D en el tractament de diferents patologies	24
6. PART PRÀCTICA	26
7. CONCLUSIONS	33
8. AGRAÏMENTS	34
9. WEBGRAFIA	34

1. INTRODUCCIÓ

A mesura que passa el temps, les impressores 3D tenen un paper més rellevant a la nostra societat. Realment, és ardu centrar les impressores en un únic àmbit, ja que si ens fixem, les trobem en quasi tots els sectors. Però, en aquest cas, enfocarem el treball cap a l'àmbit sanitari.

La bioimpressió és un terme que el podem definir com utilització de tècniques i impressores 3D amb l'objectiu de crear estructures tridimensionals que més tard seran trasplantades als pacients. A més a més, un dels factors a tindre en compte és que la fabricació d'aquests òrgans han d'estar fets a partir de materials biològics, ja que si no no es podrien fer servir.

Realment, l'escassetat d'òrgans és cada cop un problema major, de manera que molts dels pacients que necessiten aquests òrgans, moren en els hospitals, o bé ja sigui perquè no hi ha òrgans disponibles, o bé no arriben a temps. Per altra banda, hem de tindre en compte la compatibilitat dels teixits, ja que no tots els òrgans són compatibles amb tothom.

D'aquesta manera, l'objectiu d'aquest treball és veure si podem augmentar la quantitat d'òrgans útils mitjançant l'ús impressores 3D. A més a més, podem veure com és dissenyar un òrgan/ortopèdia pas a pas mitjançant el programa (X).

Cal dir que el que m'ha impulsat a escollir aquest tema és que, si realment és tan útil com sembla, però si es així, per què no s'usa de manera més freqüent? Per què encara la gent es mor per l'escassetat d'òrgans?

Llavors, per poder fer aquest treball, em centraré primerament per la recerca d'informació sobre l'ús de les impressores 3D i de la bioimpressió. Seguidament, dissenyarem algun element sanitari mitjançant un programa.

2. HIPÒTESIS I OBJECTIUS

A partir de veure una notícia a la televisió la fabricació d'un fàrmac amb una impressora 3D em va sorgir una pregunta: Les impressores causen un gran impacte en el sector sanitari? s'utilitzant habitualment?

A més a més, em vaig preguntar si seria possible que jo pogés dissenyar algun objecte que més tard fos imprès per una impressora 3D. Llavors, amb la realització d'aquesta investigació, vull aconseguir una sèrie de propòsits, entre aquests està els saber el conceptes bàsics de les impressores 3D.

Addicionalment, com el meu interès està centrat en l'àmbit sanitari, també m'agradaria saber quines aplicacions en té la impressora 3D dintre de l'àmbit sanitari.

Finalment, per poder satisfer la meva segona pregunta, m'agradaria intentar dissenyar algun objecte relacionat amb la medicina perquè aquest sigui imprès amb una impressora 3D.

3. LES IMPRESSORES 3D

3.1 Què són/ per a què serveixen?

Les impressores 3D les podem definir com una eina amb la capacitat de fer objectes en tres dimensions, és a dir, tenen la possibilitat de donar-li un volum a un objecte.

Aquestes eines les podem trobar en diversos àmbits com són, les enginyeries, arquitectura, medicina, investigació espacial, art i moda i educacions.

Dintre de cada un d'aquests sectors podem veure una utilitat diferent de la impressora. Per exemple, dintre de la medicina es poden fer pròtesis i ortopèdies. En l'àmbit espacial les fan servir per si s'ha de crear alguna peça en l'espai per a la reparació del coet. Dintre del sector estudiantil es poden fer servir perquè l'alumnat tingui la primera toma de contacte amb les impressores. En les enginyeries, de la mateixa manera que a les investigacions, es poden fer servir per crear alguna peça per al muntatge d'algun objecte.

En general, podem veure que les impressores han pres una gran rellevància a la nostra vida quotidiana, permanent un gran avanç en diversos sectors de la societat.

3.2 Història de les impressores 3D

La primera vegada que es va veure una aparició semblant a la impressió 3D abasta l'any 1980/1981, quan al Japó, Hideo Kodama va crear una eina que feia servir raigs làsers per solidificar els polímers d'impressió (els materials sintètics tridimensionals). Amb aquest esdeveniment, comença a haver-hi un primer pas cap a la tecnologia estereolitografia¹, un procés molt semblant a la impressió 3D amb la finalitat de poder provar la fabricació d'un objecte abans de gastar diners i temps.

Malgrat tot això, Kodama no va poder obtenir la seva sol·licitud per a patentar el seu sistema de solidificació dels polímers per la falta de finançament.

Després del que va passar amb el japonès, un equip d'enginyers format per tres francesos van continuar amb el desenvolupament de la impressió en tres dimensions.

¹ Estereolitografia: Tecnologia per a la manufactura additiva.

Els tres enginyers, de Witte, André i Le Méhauté van dur a terme un projecte amb la finalitat de poder patentar un sistema de refredament de polímers. No obstant això, el projecte dels francesos va ser rebutjat per la CNRS² (Centre nacional d'investigació científica francesa) a causa de la falta de càlculs i falta d'utilitat.

Després d'aquest fet, els enginyers van intentar continuar amb la seva investigació, però per motius econòmics, van haver d'abandonar el projecte.

Després del fracàs dels francesos, l'any 1984, Charles Hull, un dels futurs fundadors del 3D system, va permetre l'aparició de l'estereolitografia (SLA). Charles Hull va poder patentar el seu sistema d'impressió, el qual fa possible provar la fabricació d'un objecte abans de gastar diners i temps mitjançant una foto/disseny previ. Aquest sistema fa servir un procés anomenat fotopolimerització, és a dir, fa ús d'un làser per refredar les resines líquides i d'aquesta manera convertir-les en plàstic dur i resistent.

3.3 Tipus d'impressores 3D

Primerament, hem de tindre clar que avui dia podem trobar diferents models d'impressores 3D al mercat. Cadascun d'aquests models ens ofereixen unes característiques diferents, com per exemple l'ús que li volem donar, les dimensions que necessitem, la qualitat que desitgem o el preu que estem disposats a pagar.

Alguns tipus d'impressores que podem trobar són les següents:

- Impressores 3D FDM
- Tecnologia SLA
- Tecnologia MSLA
- Impressores 3D SLS
- Impressores 3D amb tecnologia SLM
- Impressores 3D EBM
- Tecnología BJ
- Impressores 3D amb tecnologia MJ

² CNRS: La seva finalitat es basa a resoldre de la millor manera possible i rigor científic els problemes de l'àmbit tecnològic i biomèdic que són de gran importància econòmica pel país.

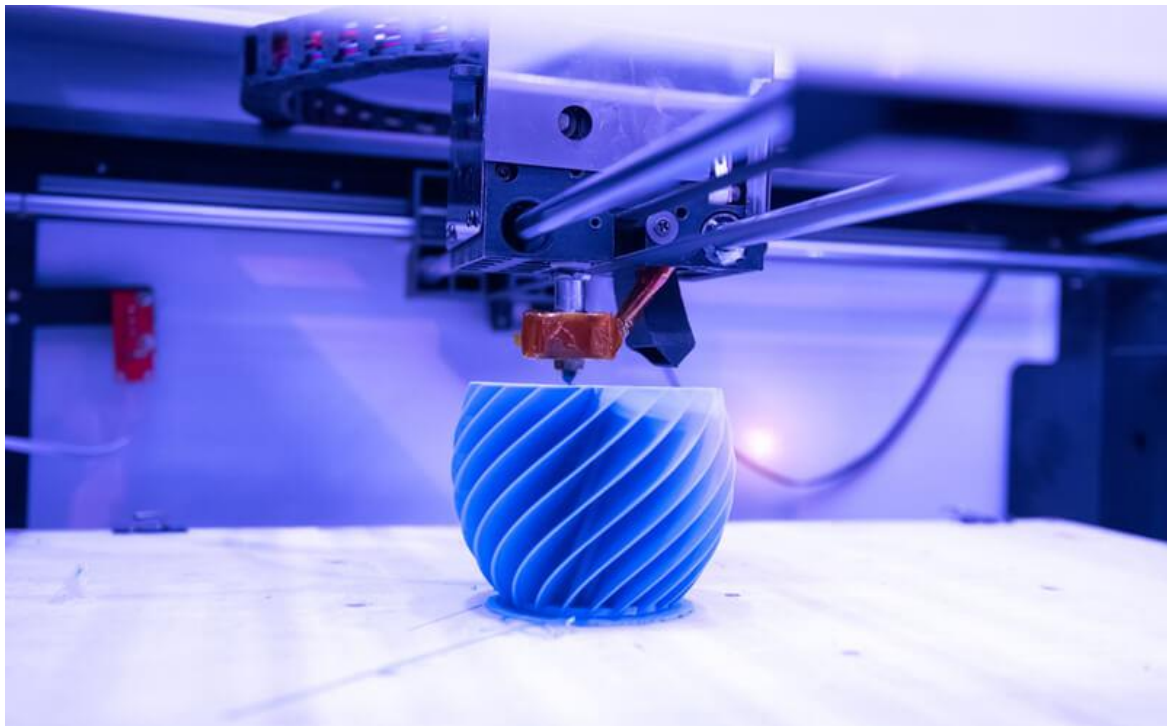
Ara explicaré com funcionen cadascun d'aquests models i les seves característiques principals.

Primerament, tenim les impressores 3D FDM, les quals són el model més comú avui dia.

Aquest tipus d'impressora té un funcionament bastant simple, ja que fa el mateix que una pistola de silicona, però en lloc d'haver-hi silicona hi ha un plàstic. Bàsicament, introduïm un el plàstic que, amb l'ajuda d'un motor, arriba a un filtre (que està escalfat prèviament) amb l'objectiu que el plàstic es fongui i pugui seguir el programa que hem dissenyat. Un cop ja s'ha fos el plàstic, l'únic que fa és posar capa per capa en el lloc on correspon.

Una de les característiques més destacable d'aquest tipus d'impressora és que té la capacitat d'usar diferents tipus de materials, com ara l'ABS, PLA, PETG, entre altres. Una altra propietat que té aquest model és que té uns costos baixos a l'hora d'imprimir comparat amb altres tipus.

Finalment, cal dir que com és un dels models més abundants en el mercat, és fàcil trobar recanvis de peces d'aquests tipus d'impressores.



Imatge 1. Impressora FDM.

Imatge extreta de:

<https://www.dreambot3d.com/fdm-3d-printer/>

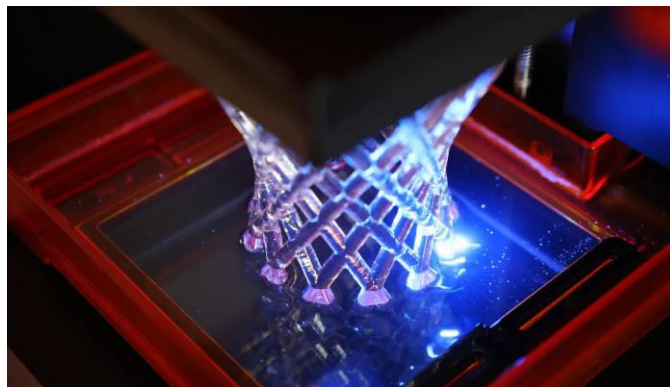
El següent model que podem trobar és de SLA o resina, que és el més antic en el mercat.

Aquest tipus d'impressores tenen un funcionament una mica més complex que les FDM.

Per poder fer servir aquest tipus d'impressores, primerament necessitem resina, la qual reacciona amb llums ultraviolats³ (els quals té la impressora). Bàsicament, omplim un recipient de resina i deixem que reaccioni amb les llums ultraviolades. Però, per poder obtenir la forma que nosaltres volem, necessitem una pantalla LCD⁴ (pantalla de cristall líquid), la qual està entremig dels rajos ultraviolats i la resina, deixant passar només la llum per al lloc on nosaltres volem per crear l'objecte.

Hi ha altres models d'impressores que el funcionament és molt semblant al d'una SLA, com ara les DLP o les MSLA, que no deixen de ser de resines, l'únic factor que canvia és les llums ultraviolades.

Una de les característiques a destacar de les impressores de resines és la gran definició que aconsegueix aquest model. Gràcies a aquesta definició, podrem obtenir peces petites i complexes amb bona qualitat. A més a més, actualment disposem d'una gran varietat de resines en el mercat amb diferents característiques.



Imatge 2. Impressora de resina.

³ Llum ultraviolada: Són radiacions electromagnètiques que l'ull humà no és capaç de veure.

⁴ Pantalla LCD: Pantalla creada per píxels que estan creats per molècules de cristalls líquids i s'utilitza per veure imatges tant estàtiques com dinàmiques.

Imatge extreta de:

<https://www.3dmarket.mx/p/impresora-3d-resina/>

Un altre tipus de model és el SLS o el sinteritzat selectiu per làser, el qual és una tecnologia que mitjançant un làser obté la solidificació de pólvores de plàstic.

En el cas que estiguéssim parlant de pólvores de metall, la impressora seria de SLM, que faria servir el mateix procés que les SLS però canviant el plàstic pel metall.

El seu procés de fabricació és més simple que el de resina però més complex que el FDM.

El que fan aquestes impressores és solidificar pólvores, per tant, dipositarem aquests d'amunt de la base de la impressora. Després, el làser solidificarà tot el pols en un bloc contudent, el qual haurem de trencar per trobar les peces. El làser solidificarà totes les pólvores en un bloc contudent, però farà un recorregut per "retallar" els nostres objectes dissenyats. Tot el pols en estat sòlid que sobri, ho podrem reutilitzar més tard si volem.

Per a aquest tipus de processos és important portar protecció com mascareta i guants, ja que les nostres mans estan en contacte amb plàstics com el niló i podríem agafar mucosa per aquests tipus de materials.



Imatge 3. Impressora SLS.

Imatge extreta de: <https://formlabs.com/asia/blog/mjf-vs-sls-plastic-powder-bed-fusion-3d-printer-comparison/>

Un altre tipus d'impressores que hi ha ara al mercat són les EBM, el qual fa servir llet en pols per poder imprimir objectes. Aquest metall en pols serà fos mitjançant un raig creat per electrons. Per poder tallar el que nosaltres volem, s'utilitza un camp magnètic que guii al raig. En fer servir metall, hem de tenir diverses coses en compte, com per exemple la reacció d'oxidació, ja que si el metall entra en contacte amb l'oxigen començarà a oxidar-se i a fer-se malbé.

Perquè això no passi, aquest tipus d'impressió es fa en una cambra buida, és a dir, en un lloc on no hi hagi res d'oxigen.

Com he dit abans, aquest tipus d'impressió es fa amb metalls, sobretot per fer eines de treball, per aquesta raó, podem trobar materials que siguin molt coneguts amb facilitat, com pot ser el coure, l'acer, el cobalt, el titani, entre altres.

El següent model que explicaré va sorgir a la dècada dels anys noranta, és a dir, la impressió per aglutinant (Binder jetting).

Aquest tipus d'impressió consisteix en el fet que un material en pols és unit mitjançant un fluid adhesiu. Però aquí tenim un problema comparat a la resta de models, i és que aquí realment estem unint les partícules, no les estem fonent, per tant, aquest model és més propens a trencar-se, ja que la seva estructura interna⁵ és més fràgil.

Dintre d'aquesta tecnologia trobem materials molt interessants, com pot ser la ceràmica o fins i tot la sorra, la qual és l'únic material que no necessita un procés addicional final. Aquest procés addicional que sí que necessita la resta de materials consisteix a netejar el pols sobrant de l'objecte i curar aquest per intentar donar-li una major resistència.

Però no només es poden fer servir aquests dos materials, sinó que també es pot fer servir diferents tipus d'aliatges metàl·lics⁶ o polímers termoplàstics⁷.

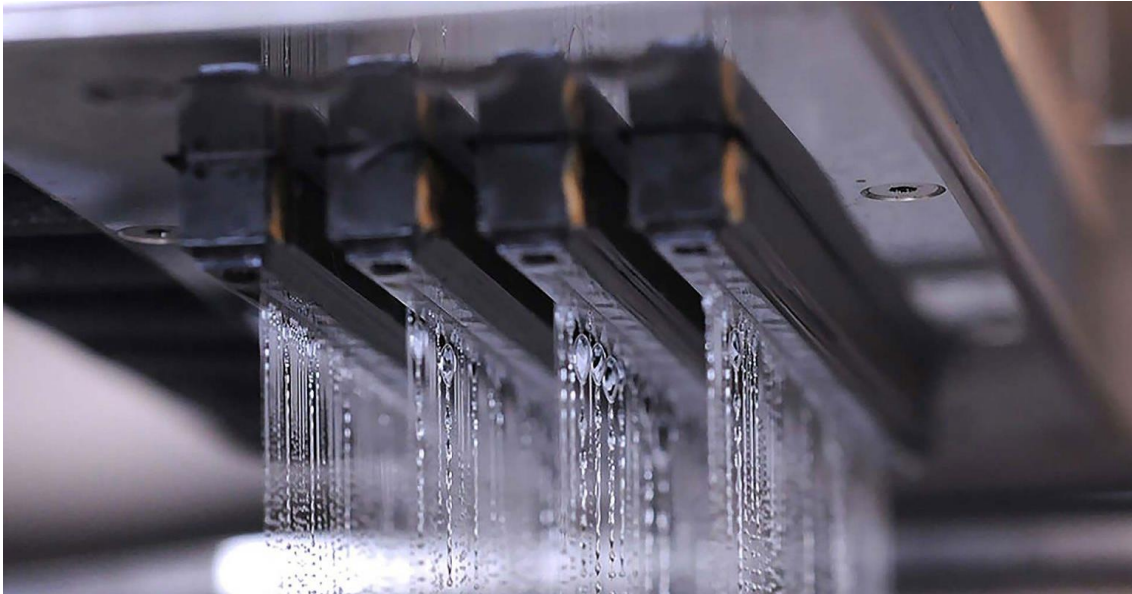
Aquest tipus d'impressió és utilitzat en diversos sectors, com pot ser en les joieries o per fabricar peces industrials detallades. A més a més, com les impressores que es

⁵ Estructura interna: Estructura que li dona la resistivitat als objectes. Aquesta resistivitat depèn de la distribució dels àtoms dels objectes.

⁶ Aliatges metàl·lics: Barreja de dos metalls o més.

⁷ Polímers termoplàstics: Plàstics que es poden deformar amb la calor i tornar a la seva forma inicial amb fred.

fan servir tenen un gran volum per poder imprimir, és molt habitual veure fabricacions d'objectes en sèrie, és a dir, fent un gran nombre de peces alhora.



Imatge 4. Impressora Binder Jetting.

Imatge extreta de:

<https://meprinter.com/why-binder-jetting/>

Per últim, trobem la tecnologia MJ o injecció de material. Aquest tipus de tecnologia consisteix a deixar caure moltes gotes des del capçal d'impressió, formant una capa del nostre objecte i després, amb l'ajuda de rajos ultraviolats, aquestes gotes se solidifiquen. Un cop s'ha solidificat aquesta capa, la plataforma de construcció baixa a una altura similar al gruix d'una altra capa. D'aquesta manera, es repeteix el procés fins que ja hem acabat el nostre objecte.

Una cosa molt interessant d'aquesta tecnologia és que dóna igual el nombre de peces que estiguis fent, ja que realment el capçal d'impressió sempre recorre tota la plataforma de construcció, és a dir, dona igual que hi hagi una o tres peces, perquè el recorregut del capçal serà el mateix. L'únic que varia serà que en lloc de tirar gotes per formar una peça, tirarà per crear més.



Imatge 5. Impressora MJ.

Imatge extreta de

<https://3dprint.com/154070/xjet-nanoparticle-jetting-formnext/>

3.3.1 Materials

A l'hora de triar el material que farem servir per crear el nostre objecte, hem de tindre en compte quina és la finalitat del que volem crear, per exemple, si vull crear una eina que sigui dura, no puc fer servir un material que es trenca amb facilitat. A més a més, com he dit abans, no totes les impressores permeten tots els materials.

A continuació veurem alguns materials que fan servir diversos tipus d'impressores.

El primer tipus d'impressora serà les FDM, les quals fan servir una gran varietat de materials, com per exemple l'ABS, el PLA, el PETG, el Niló i molts més.

Cadascun d'aquests materials proporcionen unes característiques diferents de les altres.

Primerament, l'ABS (acrilonitril butadiè estirè) ens proporciona una gran resistivitat, tant com en la calor com als cops. A més a més, proporciona una gran tenacitat⁸ i una gran duresa. Però, un dels problemes d'aquest material és que necessita ventilació

⁸ Tenacitat: Qualitat que té un objecte per no ser trencat amb facilitat.

per poder imprimir, ja que és molt sensible a la pèrdua de temperatura i això pot provocar delaminacions⁹ a les capes de l'objecte.



Imatge 6. ABS.

Imatge extreta de:

<https://www.techsurprise.com/advantages-of-abs-plastic/>

En segon lloc, el PLA (àcid polilàctic) ens proporciona diversos beneficis, com per exemple una gran resistivitat, rigidesa i és una material manejable, a més de ser un material inolor. A diferència de l'ABS, aquest material té una menor resistència als productes químics i a la calor.

Per altra banda, el PETG (tereftalat de polietilè glicolitzat) ens aporta una flexibilitat notòria, resistència a esforços mecànics o a productes químics i també produeix un gran acabat superficial. A més a més, a diferència de l'ABS i el PLA, aquest material és químicament neutre, de manera que realment es podria fer servir per a menjar.

Per acabar, el niló ens proporciona unes característiques bastant bones, però és el material més difícil de fer servir amb la impressió FDM. El niló proporciona una gran resistència, duresa i flexibilitat. Per altra banda, podem dir que el niló és resistent a la calor i a productes químics.

⁹ Delaminacions: Procés que succeeix quan les capes d'algun objecte es comencen a fracturar.



Imatge 7. Niló.

Imatge extreta de:

<https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/descubrimientos/el-nailon/>

El següent tipus d'impressió que analitzarem el seu material és el tipus SLA. Com ja he mencionat abans, aquest tipus de tecnologia fa servir resina i avui dia tenim diversos tipus al mercat.

Primerament, tenim la resina standard la qual és la més utilitzada gràcies a la bona resolució i qualitat que obté el producte.

Seguidament, trobem la clear resin, que com el seu nom indica, és la resina que proporciona més opacitat¹⁰.

A continuació tenim la draft resin, la qual ens permet disminuir el temps de producció de la tecnologia SLA. Per a fer-nos una idea, aquest tipus de resina produeix 4 vegades més ràpid que la standard, però si la comparem amb la impressió FDM, podem veure com pot arribar a produir 10 vegades més ràpid que el FDM.

Després d'aquest tipus, trobem models de resines com la High Temp resin (que ens proporciona una gran resistivitat a les altes temperatures) o les resines Tough (que

¹⁰ Opacitat: Qualitat que té un material per no deixar passar la llum.

ens proporciona una gran resistivitat a cops i impactes, a més d'una resistivitat notòria als productes químics i a temperatures elevades).



Imatge 8. Resina.

Imatge extreta de: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-876600444-resina-elegoo-lavable-con-agua-para-impresion-3d-blanco-1kg-_JM

Fora de les resines que ens proporcionen una característica específica, trobem les resines que es fan servir en diversos sectors laborals, com les medicinals (que són biocompatibles per poder fer objectes vocals o mèdics), les d'ús per a joieries (per dur a terme unes joies personalitzades amb detalls complexes), entre altres...

Un altre tipus de tecnologia que analitzarem els seus materials més utilitzats és el SLS.

Com ja he dit abans, en aquest tipus d'impressió és molt important portar protecció com guants, ja que les nostres mans estaran en contacte amb diversos tipus de plàstics.

Els plàstics més usats en aquest tipus d'impressió és el niló, però cal dir que aquest plàstic té diverses variacions.

La primera variació que podem trobar és el Niló 12 powder rigidesa, resistivitat a impactes, a més de les radiacions ultraviolades i a les altes temperatures.

La següent variació del niló que podem trobar és la 11 Powder, el qual té unes característiques similars a les del 12, però ens proporciona una major flexibilitat i durabilitat respecte al 12 Powder.

Per altra banda, tenim els Nilons CF els quals posseeixen una major quantitat de fibres de carboni.

Dintre d'aquests trobem un altre cop el Niló 12 CF i el Niló 11 CF, els quals tenen les mateixes propietats que els normals, però els CF, gràcies a l'augment de fibres de carboni, proporcionen una major resistivitat i lletjor comparats amb els normals.

Finalment, tenim el plàstic TPU (poliuretà termoplàstic), el qual ens proporciona una major flexibilitat, elasticitat i adaptació a la deformació respecte a qualsevol variació del niló.

Per acabar, veurem la impressió del tipus SLM, la qual només es pot fer servir metalls.

Dintre d'aquesta tecnologia podem trobar moltes opcions d'aliatges i metalls, però a continuació veurem els metalls més utilitzats dintre d'aquesta impressió.

Primerament, trobem el titani, el qual destaca per la seva lletjor, duresa i resistivitat a l'oxidació, calor i productes químics.

Seguidament, podem parlar de l'acer inoxidable el qual té una tenacitat, ductilitat¹¹ i com el seu nom indica, una gran resistivitat a l'oxidació.

Un altre material que és molt freqüent és l'alumini, el qual destaca per ser molt lleuger, dur i resistent a altes temperatures.

Per últim, trobem algunes alineacions del níquel les quals destaquen per la seva resistivitat a la calor, a l'oxidació i als trencaments.

¹¹ Ductilitat: Capacitat que té un material per ser deformat en forma de fil.

3.3.2 Programes

Per poder dissenyar el nostre objecte és molt important que estiguem còmodes amb el programa que anirem a fer servir. Dintre dels programes també tenim una extensa quantitat d'opcions, tenint en compte el temps que portis dissenyant i el que vulguis fabricar. Entre els programes més coneguts trobem Cura, TinkerCad, Slic3r, Repetier, 3DPrinterOs, entre altres.

Tots aquests programes ofereixen una quantitat d'elements diferents de l'hora de dissenyar. A continuació podrem veure les qualitats bàsiques de cadascun d'aquests programes.

En primer lloc, trobem Cura. Aquest programa probablement és el més conegut a escala mundial amb més de dos milions de persones connectades diàries. Aquest programa consta d'un mode per als que acaben de començar amb el disseny 3D, però també consta amb mode per a professionals.

Seguidament, trobem TinkerCad, el qual és l'ideal per a la primera toma de contacte amb el disseny 3D. Amb el temps, a tothom se li queda curta i decideixen canviar de pàgina.

Posteriorment, trobem el Slic3r, el qual és conegut sobretot en l'àmbit de la medicina, ja que consta d'objectes del cos humà per poder practicar. A més a més, pot admetre radiografies i altres tipus de imatges que mostri ossos o òrgans.

A continuació trobem el Repetier, el qual és el més avançat de tots. Els professionals que treballen del disseny 3D, normalment fan servir aquest programa. Addicionalment, aquest programa pot imprimir les coses simultàniament, no necessita un transformador.

Per últim, trobem el 3DPrinterOs, el qual és el més utilitzat dintre de les fàbriques. Això és degut al fet que és dels pocs programes que és compatible amb impressores 3D industrials.

4. BIOIMPRESSIÓ

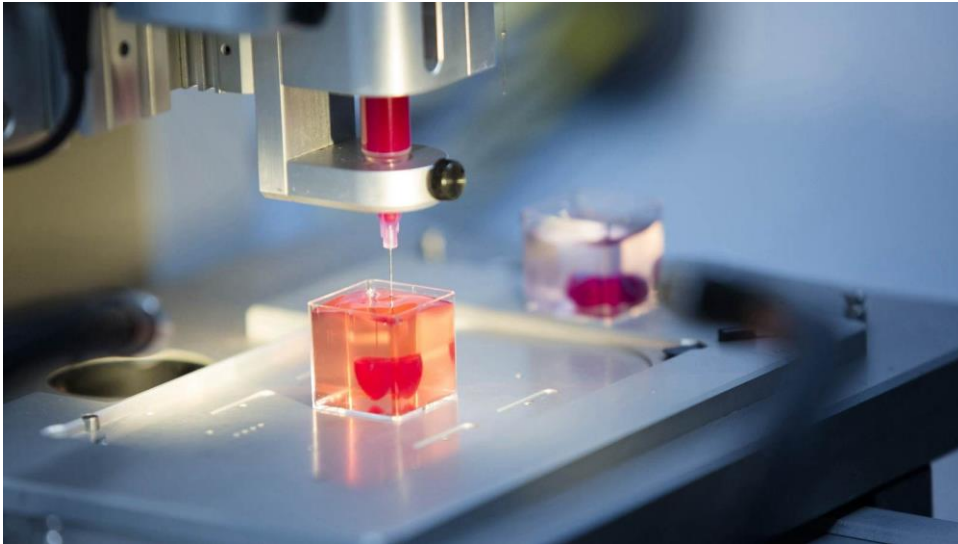
4.1 Introducció

Com ja hem vist, les impressores 3D han agafat una gran rellevància dins de la nostra societat, fins al punt de trobar-les a molts àmbits laborals, com l'educació, fàbriques, joieries, etc...

Com aquest estudi se centra en l'impacte de les impressores 3D dintre de l'àmbit sanitari, a continuació parlaré del seu impacte dintre d'aquest àmbit.

4.2 Bioimpressió

Avui dia podem definir la bioimpressió com utilització de tècniques 3D per dur a terme objectes tridimensionals amb uns compostos biològicament compatibles amb animals i éssers humans. La finalitat d'aquest tipus d'impressió és crear materials funcionals per al cos humà, com per exemple pròtesis o algun tipus d'os. Actualment, ja és possible veure trasplantaments de teixits danyats per uns creats mitjançant impressores 3D. Tot i això, encara no es pot trasplantar un òrgan sencer a cap ésser viu. Això és degut a la gran dificultat de fer la basculació en aquests òrgans, és a dir, és massa complicat replicar els vasos sanguinis que aporten tots els nutrients a totes les nostres cèl·lules.



Imatge 9. Bioimpressió d'un teixit.

Imatge extreta de:

<https://news.cgtn.com/news/3d3d514e3251444d34457a6333566d54/index.html>

4.2.1 Procediment

Dintre d'aquest tipus d'impressió podem dividir el seu procediment en tres parts fonamentals, com en qualsevol mena d'impressió 3D trobem el preprocessament, el processament i el postprocessament.

- Preprocessament: Com també fem en qualsevol muntatge amb una impressora 3D, primerament hem de dissenyar el que volem fer. A diferència dels altres tipus d'impressió, aquest tipus no només podem dissenyar els objectes amb programes, sinó que també podem fer servir proves com les ressonàncies magnètiques o una tomografia computeritzada¹² (TC). Això és possible gràcies al radiòleg, ja que amb una imatge en dues dimensions (2D) pot donar-li volum, transformant aquesta imatge en un objecte 3D.

- Processament: En aquest pas és on s'imprimeix el que hem dissenyat. Igual que en els altres tipus d'impressions, es va posant capa rere capa fins crea l'objecte en tres

¹² Ressonàncies magnètiques o una tomografia computeritzada: Proves diagnòstiques que es realitzen per poder obtenir imatges del cos en 3 dimensions.

dimensions. L'única diferència que podrem veure amb les altres de tecnologies és que en aquest cas farem servir materials biològics, és a dir, farem servir biotintes (barreja de cèl·lules).

· Postprocessament: Un cop ja hem imprès el nostre objecte (que en aquest pot ser un òrgan o un teixit funcional), aquest necessitarà un tractament especial, ja que si el deixem a l'aire lliure el més probable és que es faci molt bé. Per tant, després d'haver-hi imprès el nostre objecte, probablement necessitarà una càmera especial per conservar en bones condicions el nostre òrgan.

4.3 Impacte de la bioimpressió en la societat

La bioimpressió ha causat efectes notables a la nostra societat. Per exemple, alguns d'aquests efectes són:

· Disminució de l'escassetat d'òrgans: Avui dia, tot i que cada cop hi ha més donants actius, igualment no arriba a abastir tota la demanda que es necessita.



Imatge 10. Gràfic de donacions i trasplantaments.

Imatge extreta de:

<https://www.ont.es/https-www-ont-es-wp-content-uploads-2023-07-actividad-junio-2023-pdf/>

En aquest gràfic extret de l'ONT¹³ (Organització Nacional de Trasplantaments) podem veure com cada cop hi ha més donacions, sigui de persones mortes o vives. Però, tot i això, podem veure que de totes les persones que necessiten un trasplantament, només un 14% de la població pot aconseguir el seu òrgan.

· Disminució de l'experimentació animal: *“Cada any als Estats Units es fan servir 100 milions d'animals per fer investigacions, entre aquests animals podem trobar gossos, ratolins, conills, micos, peixos...”*¹⁴ (Maqueda, 2020)

A més a més, *“el 95% de les investigacions amb animals que han sortit exitoses fracassen en els cossos dels éssers humans”*¹⁵ (Maqueda, 2020)

Però, gràcies a la bioimpressió, podem reduir la quantitat d'investigacions amb animals i que siguin més eficaces, ja que estarem experimentant amb cossos humans artificials.

Un altre factor que hem de tindre en compte és que el factor econòmic social també es veure afectat. Això és a causa de la mà d'obra de les fàbriques. A l'hora d'imprimir algun objecte, realment no necessitem a un gran grup de treballadors per poder fabricar alguna cosa. Això ho podem veure com des d'una visió dialèctica, és a dir, ho podem veure com a bo o com a dolent. Per als empresaris, les impressores 3D són un mitjà d'estalvis per poder reduir personal. Però, per a la resta de societat probablement és un problema, ja que molta gent es veurà substituïda en la seva feina per una tecnologia.

4.4 Normatives i regulació en la impressió 3D

Dintre d'aquesta tecnologia hem de tindre en compte que no només es pot fer servir per a coses bones, sinó que també podem fabricar elements il·legals. A més a més, com una de les qualitats de la impressió 3D és la personalització, la gent pot establir

¹³ ONT: Organisme autònom que té com a objectiu organitzar les donacions, intercanvis, extracció... de trasplantaments d'òrgans

¹⁴ Citació disponible a: <https://www.petalatino.com/blog/experimentos-animales-estadisticas/>

¹⁵ Citació disponible a: <https://www.petalatino.com/blog/experimentos-animales-estadisticas/>

drets d'autor. Llavors, podem dividir en dos sectors les normatives. Aquests sectors són:

- Segons l'objecte que s'ha imprès
- Segons com la procedència del disseny de l'objecte

Primerament, hem de tindre clar que avui dia podem imprimir quasi qualsevol cosa, com per exemple armes o substàncies estupefaents. En aquests casos, si no es pot obtenir de manera legal de fora normal, no està permesa la fabricació d'aquest objecte.

El problema hi és en el segon cas, ja que hem de tindre cura amb els arxius que fem servir per imprimir algunes coses.

Per poder regular aquestes infraccions dels drets d'autor fem servir la Llei de propietat Intel·lectual. (LPI)

4.5 Costos i estalvis en la implantació de la impressió 3D en l'atenció mèdica

- Poder investigar amb òrgans naturals, és a dir, extrets directament d'una persona, té uns costos molt elevats si els comparem amb els artificials (fets amb les impressores 3D). A més a més, amb l'escassetat d'òrgans és molt difícil aconseguir alguns d'aquests per poder fer investigacions i els que es poden fer servir, estan a uns preus desorbitats.

- També hem de tindre en compte una cosa, en aquest cas els costos de fabricació del material sanitari. Avui dia, produir alguns materials com ara el quirúrgic, pot ser massa costos, pel procés de fabricació. Això no significa que les impressores 3D vagin a ser molt més barates, però sí que pot reduir una mica el cost de producció.

- Per altra banda, els materials tradicionals de vegades necessiten tindre una forma determina i, per tant, per poder reutilitzar el material, es fan l'ús de motlles o processos

químics. No obstant, les impressores 3D no necessiten aquests motlles o processos químics, el que abaratiria els costos de fabricació.

· En últim lloc, hem de saber que a l'hora de fabricar un objecte, a vegades fem servir més material del que realment necessitem, el que es tradueix en costos innecessaris. Però, aquestes fuites de diners no es veuen la fabricació de material mitjançant la impressora 3D.

5. APLICACIONS D'UNA IMPRESSORA 3D EN L'ÀMBIT SANITARI

5.1 Impressió de medicaments personalitzats i dosificacions adaptades

La Impressió 3D, addicionalment de poder fabricar ossos o reparar teixits danyats, també serveix per poder crear material que s'utilitza dintre de l'àmbit sanitari. Per exemple, amb la impressió 3D és possible la impressió de medicaments personalitzats. *“La impressió de medicaments va començar en 2015 amb la creació d'una pastilla anomenada Spritam, creada amb tecnologies de lliure de pols. Aquest medicament va sorgir a EEUU per poder tractar l'epilèpsia i va ser el primer fàrmac aprovat pel FDA¹⁶”¹⁷* (Lucia Contreras, 2020).

En 2015, el Dr. Martin Burke, amb el seu equip d'investigació va crear la primera impressora 3D especialitzada per la creació de medicaments mitjançant blocs de molècules.

L'any 2016, una empresa anomenada Startup Multiply Labs es va adonar que era possible fer diversos fàrmacs en un únic medicament, és a dir, podríem tenir una píndola que tracti amb diverses malalties.

Avui dia, hi ha problemes molt seriosos amb els medicaments que ens donen a la farmàcia i, aquest problema, principalment, és la quantitat de fàrmacs que ens

¹⁶ FDA: És l'administració que s'encarrega de veure la fiabilitat dels aliments i medicaments.

¹⁷ Citació disponible a: <https://www.3dnatives.com/es/medicamentos-impresos-en-3d-140520202/>

atorguen en una capsula de medicaments. Moltes vegades, en una capsula venen moltes més dosis de les que realment necessitem, però com la malaltia no es passa, prenem més dosis, acció que pot fer-nos mal bé als nostres òrgans o en els casos més extrems, crear una addicció.

Realment, la impressió de fàrmacs està sent uns dels punts més investigat dintre d'aquest "àmbit". Això és perquè cada persona té un sistema neurològic diferent, el que significa que potser a una persona li va bé un medicament i a una altra persona li va millor un altre. Per tant, en el futur cadascun tindrà el fàrmac que millor s'adapti al seu sistema neurològic.



Imatge 11. Fabricació de fàrmacs.

Imatge extreta de:

<https://www.3dnatives.com/es/medicamentos-impresos-en-3d-140520202/>

5.2 Impressió de dispositius mèdics a mesura, com ara els implants ortopèdics o les pròtesis

Un altre impacte que ha causat les impressores en aquest àmbit és la creació d'implants ortopèdics o de les pròtesis. Les pròtesis les podem definir com el dispositiu que ha sigut fabricat amb l'objectiu de poder substituir alguna part del cos. Els implants ortopèdics són semblants a les pròtesis, però els implants tenen la finalitat de substituir alguna articulació danyada.

Produir aquests tipus de productes ens aporten una sèrie d'avantatges. Entre aquests avantatges, podem trobar la disminució de costos de producció i l'optimització del procés de fabricació. A més a més, igual que els fàrmacs, fabricar productes amb

les impressores 3D ens permeten crear els nostres productes personalitzats. Com també passava amb els medicaments, cadascun és d'una forma determinada, per tant, poder produir objectes personalitzats millorarà el rendiment d'aquestes pròtesis.



Imatge 12. Creació de pròtesis mitjançant impressores 3D.

Imatge extreta de:

<https://revistacomebien.com/protesis-hechas-con-impresion-3d/>

5.3 Utilització d'impressió 3D en la producció de material quirúrgic i dental

Amb la impressora 3D podem produir materials quirúrgics que millor s'adapten al pacient al qual anirem a tractar (com també passava amb els fàrmacs i els materials ortopèdics). A més a més, els costos dels materials quirúrgics són bastant elevats si el comparem amb uns fabricats amb impressora 3D, per tant, utilitzar aquest tipus de tècnica ens aportaria una millora del rendiment i una millora econòmica. “Principalment, els cirurgians no s'atrevien a fer servir aquest tipus de material a causa que se sentien més còmodes amb les eines que s'havien format com a cirurgians”¹⁸ (*La última Generación De Instrumentos Quirúrgicos Impresos En 3D*, 2023). Però, cada vegada, són més els professionals que estan començant a fer servir el nou

¹⁸ Citació disponible a: <https://formlabs.com/latam/blog/3d-printed-surgical-instruments/>

material quirúrgic creat per les impressores. El motiu d'aquest canvi és l'observació dels informes d'altres companys de professió que sí que han fet servir el nou material, per tant, en veure que no hi ha perill, s'uneixen al grup dels cirurgians amb el nou material.

5.4 La Impressió 3D en el tractament de diferents patologies

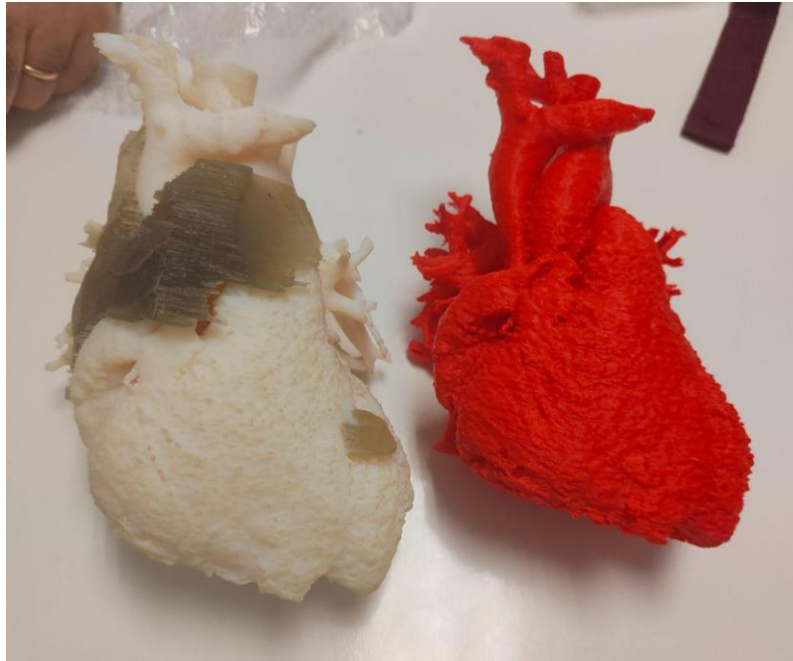
La Impressió 3D ha sigut de gran utilitat a l'hora de poder tractar diversos tipus de patologies. Hi ha unes moltes patologies en les quals la impressora 3D ha tingut un gran impacte, però els principals que podem destacar són:

- L'Ortopèdia (mencionada anteriorment)
- L'odontologia (estudi de les dents)
- L'oncologia (estudi dels tumors o càncers)
- La neurocirurgia (estudi de les malalties del sistema nerviós)
- La cardiologia (estudi de les malalties del cor).
- En l'àmbit de l'odontologia, la impressora ha generat un gran impacte a causa de la gran utilització de pròtesis dentals. Alguns exemples podrien ser els ponts, les corones o les mateixes pròtesis dentals removibles.
- En el sector de l'oncologia, la impressió és de gran utilitat gràcies a la fabricació de material quirúrgic personalitzat. Aquest material serà de gran ajuda, ja que els professionals podran preparar la intervenció abans de fer la real.

Seguidament trobem la neurocirurgia. En aquest sector, la impressora té un gran impacte gràcies a la fabricació de pròtesis cranials personalitzades, a més a més de la fabricació de guies d'implant cerebrals personalitzades.

- Finalment trobem la cardiologia. A la cardiologia passa exactament el mateix que en l'oncologia. Gràcies a la impressió d'una rèplica del cor del pacient, els professionals podran preparar la intervenció abans d'actuar davant del pacient.

De fet, vaig anar a la CIM UPC (Universitat Politècnica de Catalunya), allí em van ensenyar la gran varietat d'impressores que disposaven. Però, a més a més, em van mostrar dos objectes, un cor normal i un cor amb càncer, amb el qual algun professional podria preparar la intervenció de l'afectat.



Imatge 12. Diferència entre un cor normal i un amb càncer.

Imatge realitzada per mi.

6. PART PRÀCTICA

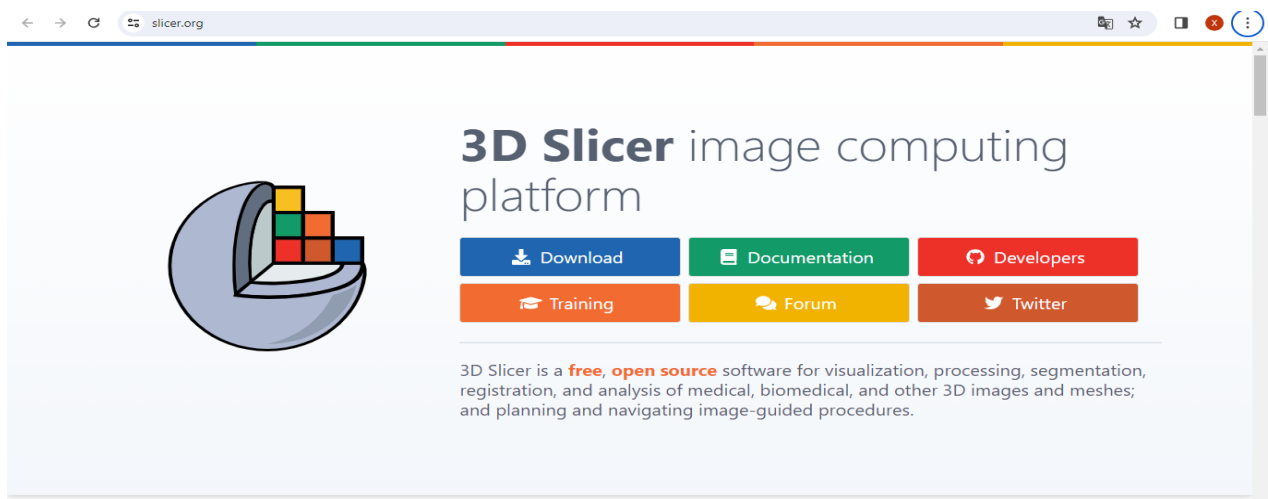
Com he mencionat abans, vaig anar a la CIM UPC. En la universitat em van ensenyar totes les impressores de les quals disposaven i, a l'acabar el recorregut personal, vaig poder realitzar una entrevista amb el director d'estratègia Felip Fenollosa. En aquesta entrevista, li vaig explicar que el meu objectiu era fabricar un òrgan. El director em va explicar que avui dia, encara no és al 100% fiable els trasplantaments d'òrgans impresos per impressora 3D. Com a solució, en Felip em va dir amb certesa que el que es podia fer era la fabricació d'un os. Seguidament, em va dir que els de la universitat feia servir el programa Slicer i que, per poder dissenyar algun ós, podia fer

servir un fitxer DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Aquest fitxer conté una sèrie d'imatges sobre algun element mèdic, que, al ser introduït al programa, podries dissenyar aquest element.

Principalment, la primera idea era fer una maqueta amb un cor normal i un cor amb càncer. Vaig expressar-li a en Felip el que volia fer, però, com els arxius DICOM són arxius privats, només vaig poder fer servir el que em van proporcionar en el CIM.

A continuació, dissenyarem el ós que ens han proporcionat a l'universitat.

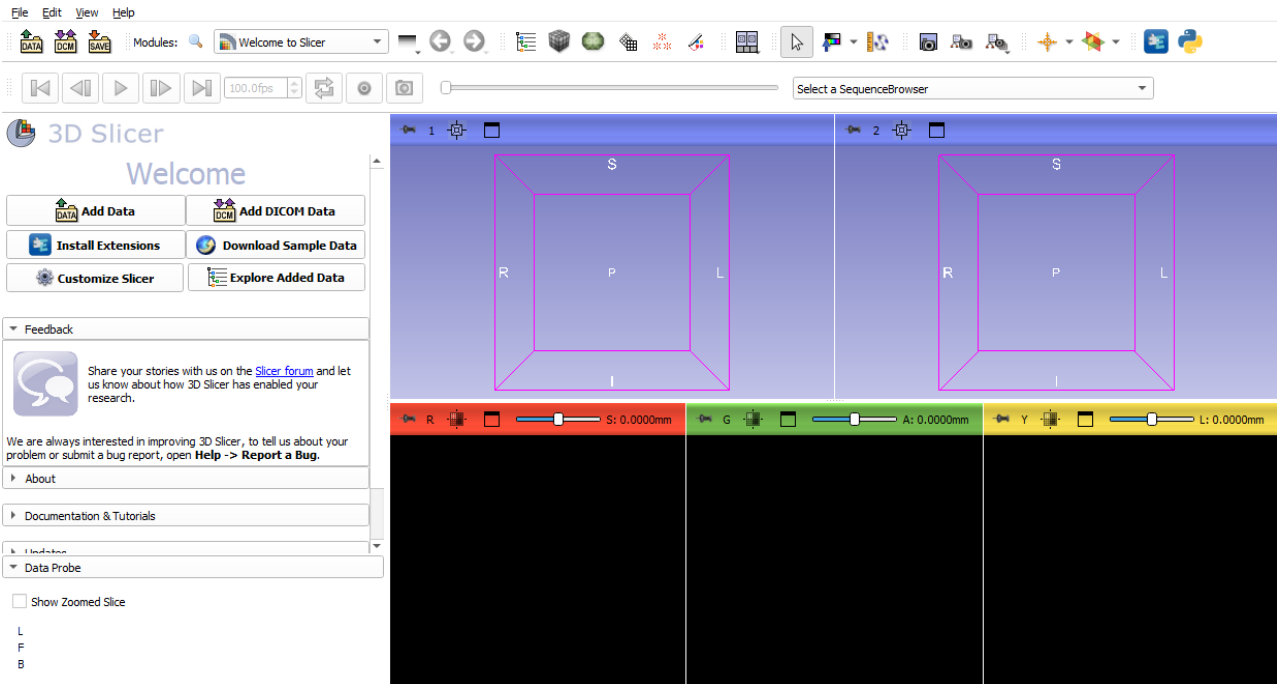
Primerament, he d'instal·lar el programa Slicer. Per poder instal·lar-lo, he d'anar a la pàgina oficial del Slicer, <https://www.slicer.org/>.



Imatge 13. 3D Slicer.

Imatge realitzada per mi.

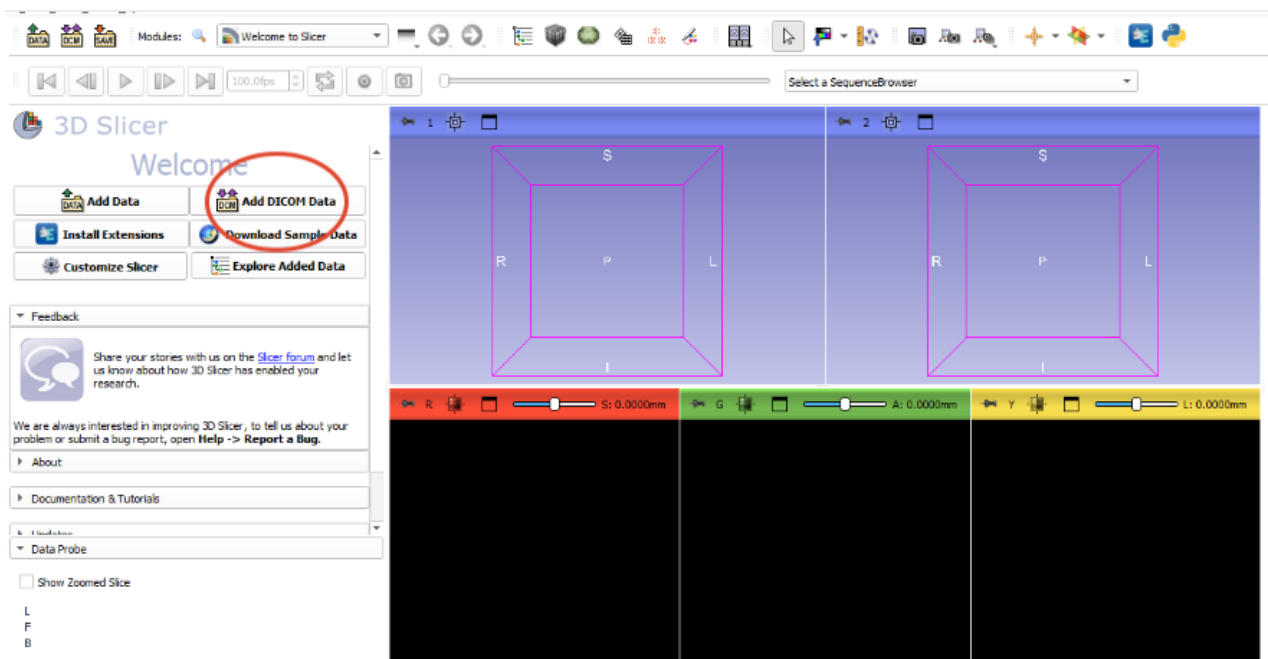
Una vegada instal·lat, obrim el Slicer 3D. A l'entrar en el programa, veiem aquesta interfície:



Imatge 14. 3D Slicer, interfície.

Imatge realitzada per mi.

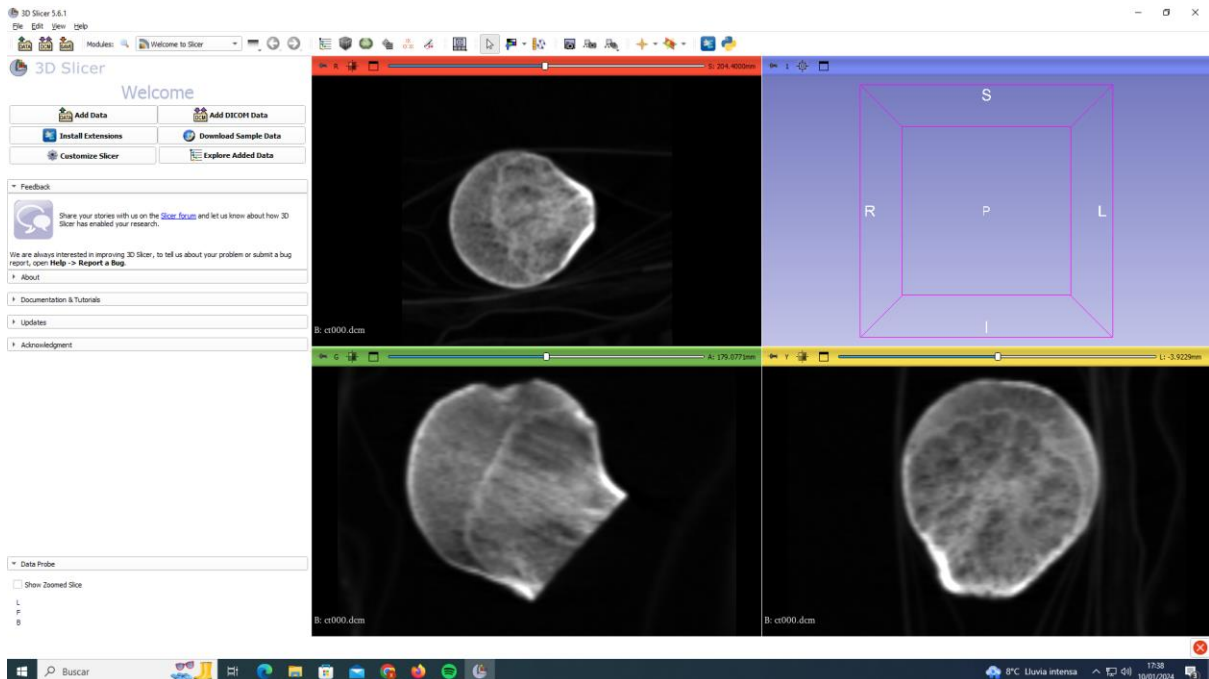
Una vegada dins del programa, veiem una secció on posa Add DICOM Data.



Imatge 15. Add DICOM Data.

Imatge realitzada per mi.

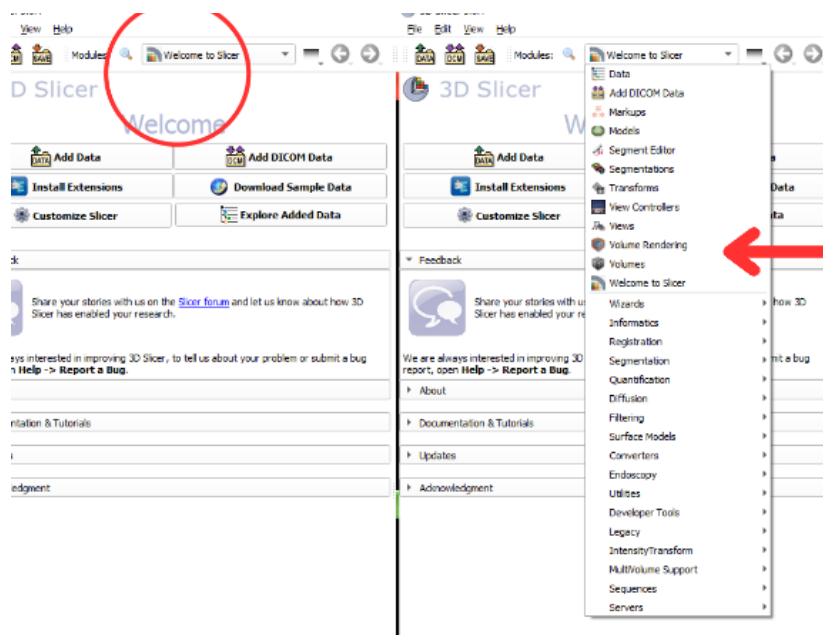
Una vegada ja hem afegit el nostre fitxer DICOM, veurem les “radiografies” de l’objecte que dissenyarem.



Imatge 16. Radiografies de l’objecte.

Imatge realitzada per mi

Una vegada introduït l’arxiu, li donarem la forma. Primerament, li donarem on posa “Welcome to Slicer” i després li donarem on posa “Volum Rendering”.



Imatge 17. Mode de Volum Rendering.

Imatge realitzada per mi.

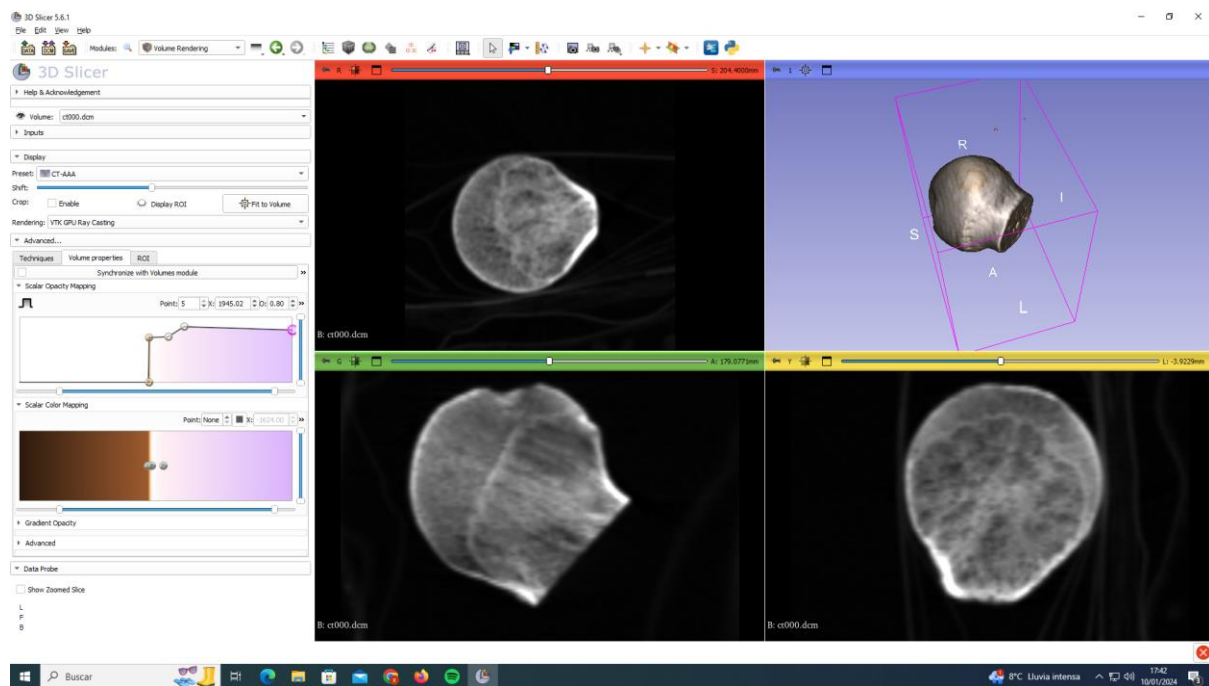
Una vegada dintre del mode “Volum rendering”, anirem a l’apartat on posa “preset” i seleccionarem l’opció “CT-AAA”.



Imatge 18. Color d’imatge de l’objecte.

Imatge realitzada per mi.

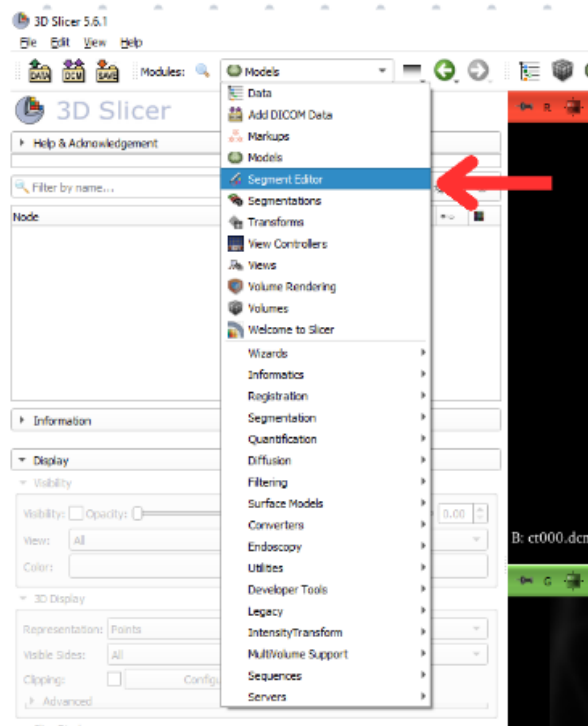
Després de donar-li, veurem que el nostre objecte es plasmarà en 3D, en aquest cas, podem observar que és el cap de l’húmer.



Imatge 19. L’objecte en 3D.

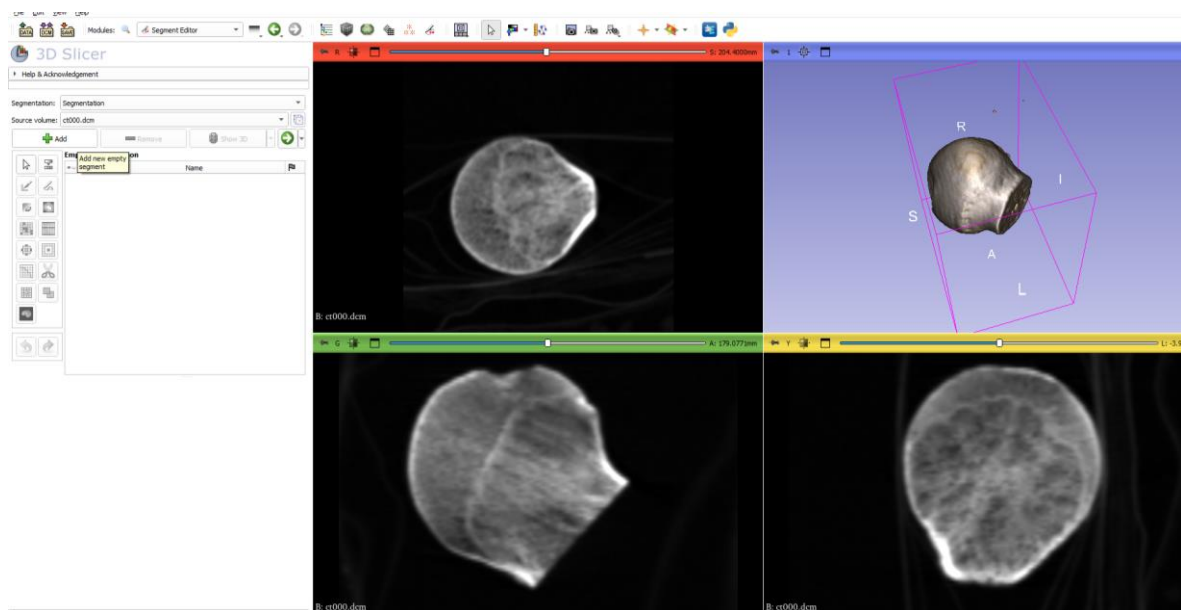
Imatge realitzada per mi.

Seguidament, tornarem a donar-li on posa “Volum Rendering”, però en aquest cas li donarem on posa “Segment Editor”.



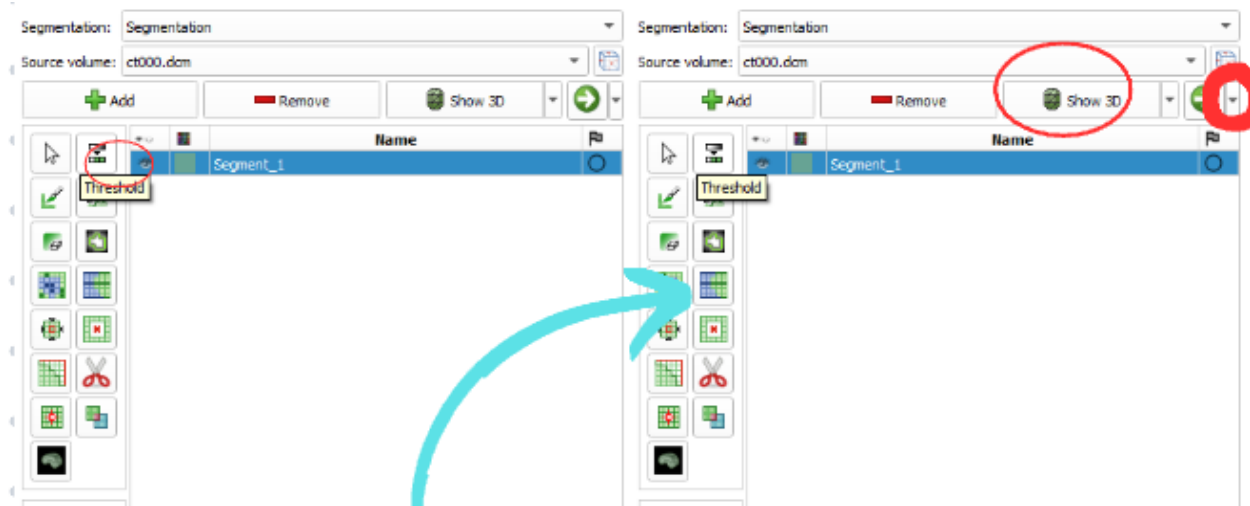
Imatge 20. Mode de Segment Editor.
Imatge realitzada per mi.

Després de donar-li a l'opció de "Segment Editor", veurem que se'ns obre una nova interfície. Dintre d'aquesta interfície, li donarem on posa Add.



Imatge 21. Add segment.
Imatge realitzada per mi.

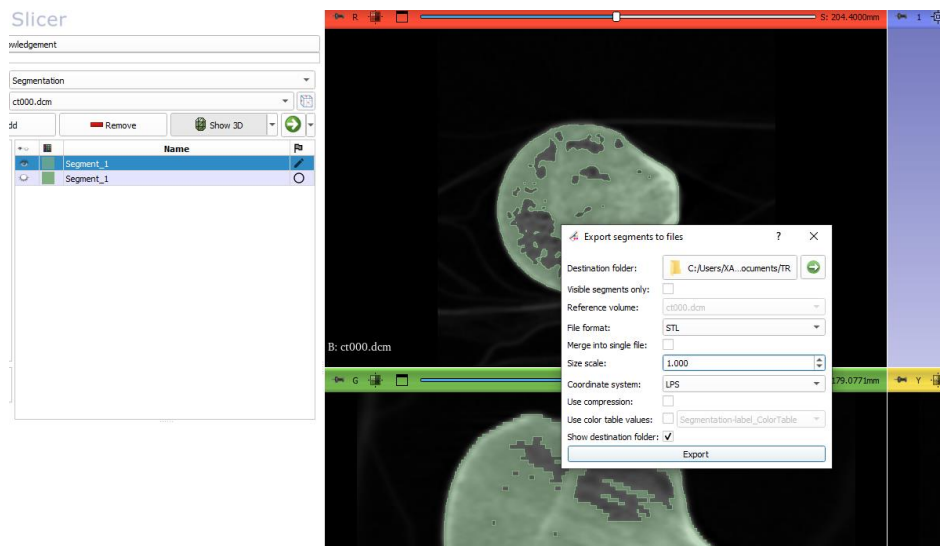
Una vegada li donem al Add, li donarem on posa "Threshold", "Show 3D" i finalment al costat de la fletxa verda que hi ha al costat.



Imatge 22. Passos per poder exportar.

Imatge exportada per mi.

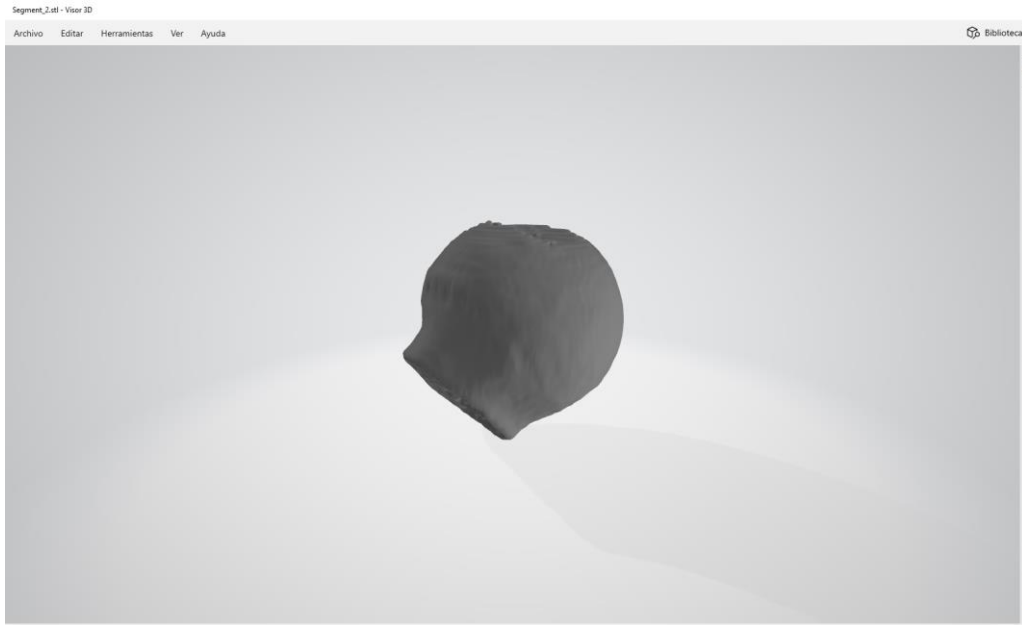
Seguidament, seleccionarem en la carpeta que volem extreure l'arxiu el posarem en format STL per poder imprimir-ho.



Imatge 23. Lloc on volem exportar el nostre arxiu.

Imatge realitzada per mi.

Per finalitzar, obrirem la carpeta en la qual hem guardat l'arxiu STL i l'obrirem per comprovar que tot ha sortit que hauria de sortir.



Imatge 24. Resultat final.

Imatge realitzada per mi.

Una vegada ya dissenyat l'objecte, només falta imprimir-ho amb la impressora. Per poder fer això, posarem l'arxiu un en pen drive i aquest el connectarem en l'impressora.

7. CONCLUSIONS

Durant el període d'investigació, hem pogut analitzar els diversos conceptes bàsics de les impressores 3D com són els tipus de tecnologies, els materials més utilitzats i els programes més freqüents.

Seguidament, hem pogut examinar quin és l'impacte que tenen les impressores 3D i les seves aplicacions i he pogut realitzar un objecte sanitari funcional.

Després de dur a terme la investigació, he pogut tindre unes respostes a les meves hipòtesis. Primerament, a la hipòtesi: *"Les impressores causen un gran impacte en el sector sanitari?"*

No només he pogut afirma la influència en l'àmbit mèdic, sinó que he pogut obtenir la conclusió que això va encara més enllà.

Dintre de l'àmbit sanitari he pogut veure que les impressores estan presents en molts sectors dintre d'aquest àmbit. I és que aquestes tecnologies ens proporcionen tant millores econòmiques com en l'increment d'eficiència. Però, sobretot, després d'haver

dut a terme la recerca d'informació, he pogut deduir que no només les impressores són el futur del domini sanitari, sinó que serà el futur en els sectors.

Realment, crec que si encara no és dona la importància que es mereixen és per l'espai que aquestes requereixen i el temps de fabricació que aquestes tenen.

Però, quan en un futur es descobreixin una millora de temps de producció, crec que aquestes tecnologies seran essencials per a la vida quotidiana.

Per acabar, faré referència a la segona hipòtesi que em vaig plantejar: *Qualsevol persona pot dissenyar material sanitari utilitzable?*

Per poder afirmar o negar aquesta hipòtesi, he intentat realitzar la creació d'un objecte funcional per l'àmbit sanitari. En aquest cas, jo vaig triar dissenyar un objecte per poder augmentar l'èxit d'operacions quirúrgiques. Principalment, volia dissenyar directament algun òrgan, però com que en la sortida a la universitat CIM em van dir que no era possible, vaig buscar un altra alternativa. Llavors, l'home que em va fer la guia em va dir que és bastant freqüent dissenyar òrgans afectats per alguna malaltia mitjançant radiografies. Al principi no vaig entendre molt bé quin era l'ús, però després que m'ho expliqués ho vaig entendre.

Quan els metges ens operen, la primera toma de contacte amb el nostre òrgan afectat és en l'operació, però, si podem dissenyar el mateix òrgan i practicar amb ell abans de l'operació, disminuiria el percentatge d'error, ja que ja hem tractat amb aquest pacient de manera artificial.

8. AGRAÏMENTS

M'agradaria donar les gràcies a les persones que m'han donat suport durant el procés d'investigació d'aquest treball.

En primer lloc, vull agrair als meus tutors del treball, Jaime Morcillo i Marc Gómez. Durant el període d'investigació, tots dos han estat interessats en el treball i els he tingut disponible sempre que ho he necessitat.

Seguidament, volia donar les gràcies a Felip Fenollosa, treballador de CIM UPC. Gràcies a l'entrevista que li vaig fer, vaig poder aclarir els meus dubtes sobre la investigació.

També volia agrair a la meva família i als meus amics per poder donar-me forces a l'hora de fer el treball. A més a més, aprecio molt totes les crítiques constructives portades a cap amb la finalitat de millorar la investigació.

Finalment, volia donar-te les gràcies a tu, per haver llegit el meu treball amb atenció.

9. WEBGRAFIA

- ¿Qué es una Impresora 3D y para qué sirve? - Definición (geeknetic.es) [en línia]; (Consultat: 1 de juliol del 2023 a les 10:39). Disponible a:
<<https://www.geeknetic.es/Impresora-3D/que-es-y-para-que-sirve>>
- Ventajas del PLA para su utilización en impresión 3D - Dynapro3D [en línia]; 12 de març del 2020. (Consultat: 1 de juliol del 2023 a les 10:52). Disponible a:
<<https://dynapro3d.com/impresion-3d/impresion-3d-pla/>>
- Todo lo que tienes que saber sobre el filamento PETG | The Machine Bros [en línia]; 5 de juliol del 2021. (Consultat: 1 de juliol del 2023 a les 11:24). Disponible a:
<<https://themachinebros.com/es/todo-lo-que-tienes-que-saber-sobre-el-filamento-petg/>>
- Plásticos ABS, características y ventajas industriales - KLUMEX Moldes e inyección de plástico [en línia]; 25 maig del 2023. (Consultat: 5 de juliol del 2023 a les 10:54). Disponible a:
<<https://klumex.com/blog/plasticos-abs-caracteristicas-ventajas/>>

· La historia de la impresión 3D y cómo está transformando al mundo (structuralia.com) [en línea]; (Consultat: 10 de juliol del 2023 a les 13:20). Disponible a:

<<https://blog.structuralia.com/historia-de-la-impresion-3d>>

· Breve Historia de la impresión 3D - impresoras3d.com [en línea]; 8 de febrer del 2023. (Consultat: 10 de juliol del 2023 a les 14:00). Disponible a:

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

· ¿Quién Inventó la Impresora 3D? - CETYS (ufv.es) [en línea]; 15 de setembre del 2022. (Consultat: 10 de juliol del 2023 a les 15:13). Disponible a:

<<https://www.ufv.es/cetys/blog/quien-invento-la-impresora-3d/>>

· Polímeros-de-impresión-molecular.pdf (researchgate.net) [en línea]; (Consultat: 20 de juliol del 2023 a les 11:32). Disponible a:

<https://www.researchgate.net/profile/Jessica-Melendez-3/publication/344446848_Polimeros_de_impresion_molecular/links/5f767297299bf1b53e07397b/Polimeros-de-impresion-molecular.pdf>

· 10 programas de diseño 3D para seguir aprovechando tu impresora 3D (educaciontrespuntocero.com) [en línea]; 12 de gener del 2017. (Consultat: 23 de juliol del 2023 a les 12:43). Disponible a:

<<https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/programas-diseno-impresoras-3d/>>

· Tipos de impresoras 3D que existen y sus principales usos [en línea]; 15 de novembre del 2020. (Consultat: 28 de juliol del 2023 a les 10:23). Disponible a:

<<https://servitec3d.com/blog/tipos-de-impresoras-3d/>>

· Guía de impresión 3D mediante sinterizado selectivo por láser (SLS) | Formlabs [en línea]; (Consultat: 28 de juliol del 2023 a les 11:35). Disponible a:

<<https://formlabs.com/es/blog/que-es-sinterizado-selectivo-laser/>>

- Control 3D nos visita para probar una impresora SLS - YouTube [en línia]; 9 de setembre del 2021. (Consultat: 28 de juliol del 2023 a les 18:52). Disponible a:
<<https://www.youtube.com/watch?v=tdOITpJmI0>>
- Direct Metal Laser Sintering (DMLS) Technology - YouTube [en línia]; 30 d'agost del 2013. (Consultat: 31 de juliol del 2023 a les 10:21). Disponible a:
<<https://www.youtube.com/watch?v=bqQvgVq-SQU>>
- Inyección de aglutinante - Binder Jetting - BJT - YouTube [en línia]; 15 de febrer del 2023. (Consultat: 31 de juliol del 2023 a les 17:40). Disponible a:
<https://www.youtube.com/watch?v=9-S_KamGPll>
- ¿Qué es la bioimpresión y qué utilidad tiene? (aecoc.es) [en línia]; 14 de febrer de 2020. (Consultat: 5 d'agost del 2023 a les 11:39). Disponible a:
<<https://www.aecoc.es/innovation-hub-noticias/que-es-la-bioimpresion-y-que-utilidad-tiene/>>
- ¿Podría la bioimpresión salvarle la vida? (greelane.com) [en línia]; 2 de maig del 2018. (Consultat: el 7 d'agost del 2023 a les 14:04). Disponible a:
<<https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnolog%C3%ADa-matem%C3%A1ticas/ciencia/what-is-bioprinting-4163337/#:~:text=Tipos%20de%20bioimpresoras%201%20La%20bioimpresi%C3%B3n%20basada%20en,boquilla%20para%20crear%20formas%20fijas.%20...%20M%C3%A1s%20elementos>>
- Guía de materiales de impresión 3D: Tipos, aplicaciones y propiedades | Formlabs [en línia]; (Consultat: el 7 d'agost del 2023 a les 09:53). Disponible a:
<<https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/>>
- Bioimpresión 3D: aplicaciones, ventajas y riesgos | Ciberseguridad [en línia]; 12 d'abril del 2022. (Consultat: el 12 d'agost del 2023 a les 15:55). Disponible a:
<<https://ciberseguridad.com/guias/nuevas-tecnologias/bioimpresion-3d/>>

· Actividad de donación y trasplante – Organización Nacional de Trasplantes (ont.es) [en línia]; (Consultat el 12 d'agost del 2023 a les 18:42). Disponible a:

<<https://www.ont.es/https-www-ont-es-wp-content-uploads-2023-07-actividad-junio-2023-pdf/>>

· 11 estadísticas indignantes de experimentos en animales | PETA Latino [en línia]; 27 d'octubre del 2020. (Consultat el 7 setembre del 2023 a les 11:02). Disponible a:

<<https://www.petalatino.com/blog/experimentos-animales-estadisticas/>>

· Medicamentos impresos en 3D: ¿por qué son el futuro de la medicina personalizada? - 3Dnatives [en línia]; 20 de març del 2020 (Consultat el 15 de setembre del 2023 a les 18:05) . Disponible a:

<<https://www.3dnatives.com/es/medicamentos-impresos-en-3d-14052020/>>

Impresora 3D para Ortopedia - Ortopedia 41 - Ortopedia & Deporte [en línia]; (Consultat el 30 setembre del 2023 a les 20:43). Disponible a:

<<https://www.ortopedia41.com/impresora-3d-para-ortopedia/>>

Impresión 3D en medicina: beneficios - Dynapro 3D | Empresa dedicada al diseño digital e impresión 3D [en línia]; (Consultat el 12 d'octubre del 2023 a les 17:20).

Disponible a:

<<https://dynapro3d.com/puede-favorecer-la-impresion-3d-medicina/#:~:text=Con%20las%20impresoras%203D%20podemos%20dise%C3%B1ar%20instrumental%20quir%C3%BArgico,otras%20operaciones%20haciendo%20las%20variaciones%20que%20sean%20necesarias.>>

La última generación de instrumentos quirúrgicos impresos en 3D | Formlabs [en línia]; 27 de setembre del 2023. (Consultat el 26 d'octubre del 2023 a les

19:12).Disponible a:

<<https://formlabs.com/latam/blog/3d-printed-surgical-instruments/>>

Costes de impresión en el ámbito sanitario: [en línia]; 25 de Maig de 2017.

(Consultat el 5 de novembre del 2023). Disponible a:

<<https://core.ac.uk/download/pdf/235855963.pdf>>

La impresión 3D: regulación, normativa y responsabilidades (cysae.com) [en línia];
30 de març de 2021. (Consultat el 10 de novembre del 2023). Disponible a:
<<https://cysae.com/la-impresion-3d-regulacion-normativa-y-responsabilidades/>>

