Sumari

SUMARI 1

A. ANÀLISI DEL SISTEMA 3

A.1. Anàlisi de funcions 3

A.2. Anàlisi de riscos i modes de fallada 4

B. INFORMACIÓ GENERAL BCN3D 7

C. EVOLUCIÓ DEL DISSENY 15

D. EXPERIMENTACIÓ DELS COLORS 23

D.1. Model de colors 23

E. CÀLCULS FLUIDODINÀMICS 27

E.1. Metodologia de la simulació 27

E.2. Consideracions i especificacions 28

F. ELECTRÒNICA 37

F.1. Control dels motors 37

F.2. Disseny i fabricació de la placa 40

G. DATASHEET I CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DEL CAPÇAL 46

G.1. Controladors 46

G.1.1. Arduino Pro Mini 46

G.1.2. Pololu A4988 47

G.2. Motors 48

G.2.1. NEMA 17 48

G.3. Ventiladors 49

G.3.1. Ventilador MC25101-V1-000U-A99 49

G.3.2. Ventilador G4010L12 50

G.3.3. Ventilador RDM8025-S 51

G.4. Altres 52

G.4.1. Transistor NPN BUV48A 52

G.4.2. Potenciòmetre 100 KΩ 54

H. IMATGES 55

H.1. Procés de fabricació 55

H.2. Adaptació de la màquina i prototip 57

I. PLÀNOLS 61

A. Anàlisi del sistema

En els següents apartats es realitzen dos tipus d'anàlisis per tal de facilitar el procés de disseny. En aquests s'ha considerat el sistema format pel prototip i el seu entorn.

A.1. Anàlisi de funcions

A la Fig. A-1 es mostra un esquema en forma d' arbre on s' exposen diferents funcions que s'han considerat al llarg del projecte, aquestes es subdivideixen en funcions més senzilles. L'anàlisi gràfic ha estat molt eficaç alhora de prendre decisions i dirigir el projecte cap a un producte pensat en facilitar l' interacció entre la maquina i l'usuari i/o medi.

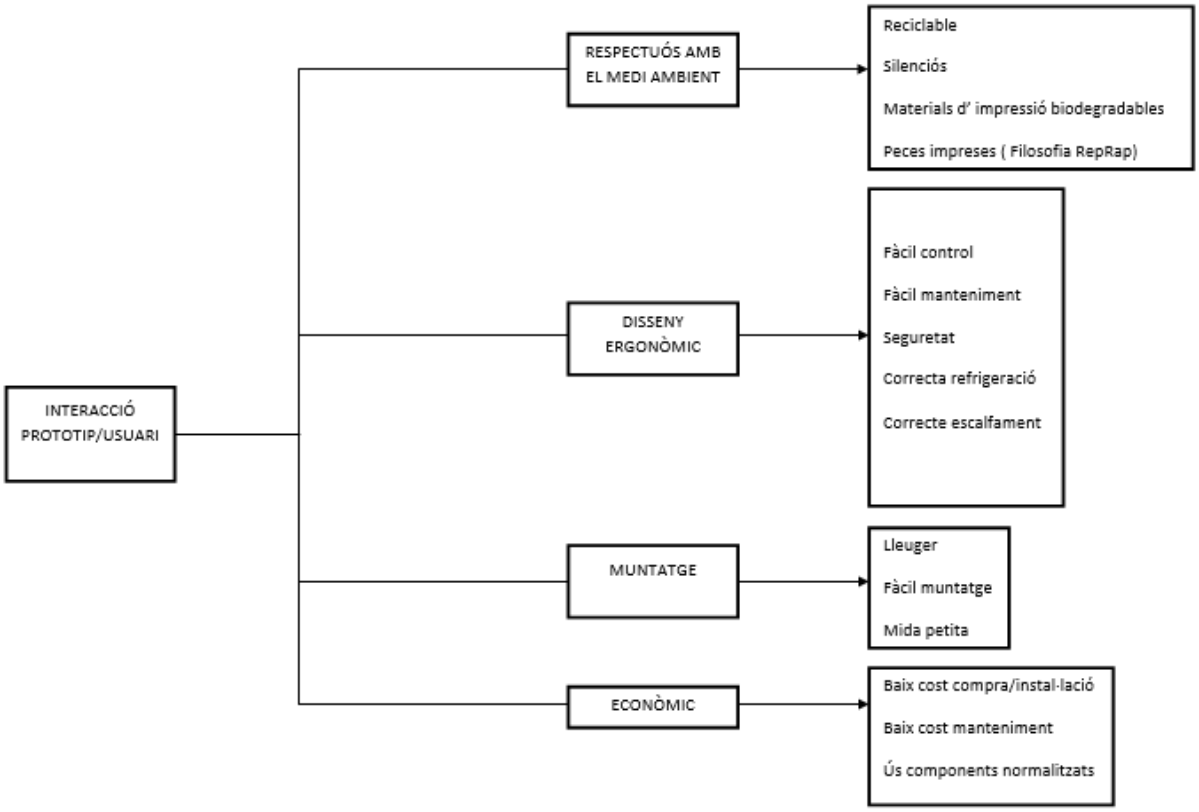


Fig. A-1 Arbre de funcions de l' interacció prototip-usuari.

A.2. Anàlisi de riscos i modes de fallada

En la fase de disseny d'aquest projecte també ha estat important realitzar un petit anàlisi de fallades per tal de garantir dins lo possible el correcte funcionament del prototip. Per fer-ho s'ha utilitzat el mètode del diagrama de Ishikawa, aquest consisteix en cercar les causes d'una problemàtica segons el seu origen (material, màquina, medi ambient, mà d'obra o mètode). A més a més s' ha considerat interessant esmentar una possible solució per cada causa, així doncs per cada concepte d'origen es troben les causes al costat esquerre de la línia i la seva possible solució al costat dret.

Al tractar-se d'un capçal amb una cambra de mescla, com a element innovador, s'ha exposat com a primera problemàtica un resultat amb una mescla no homogènia. Veure Fig. A-2.

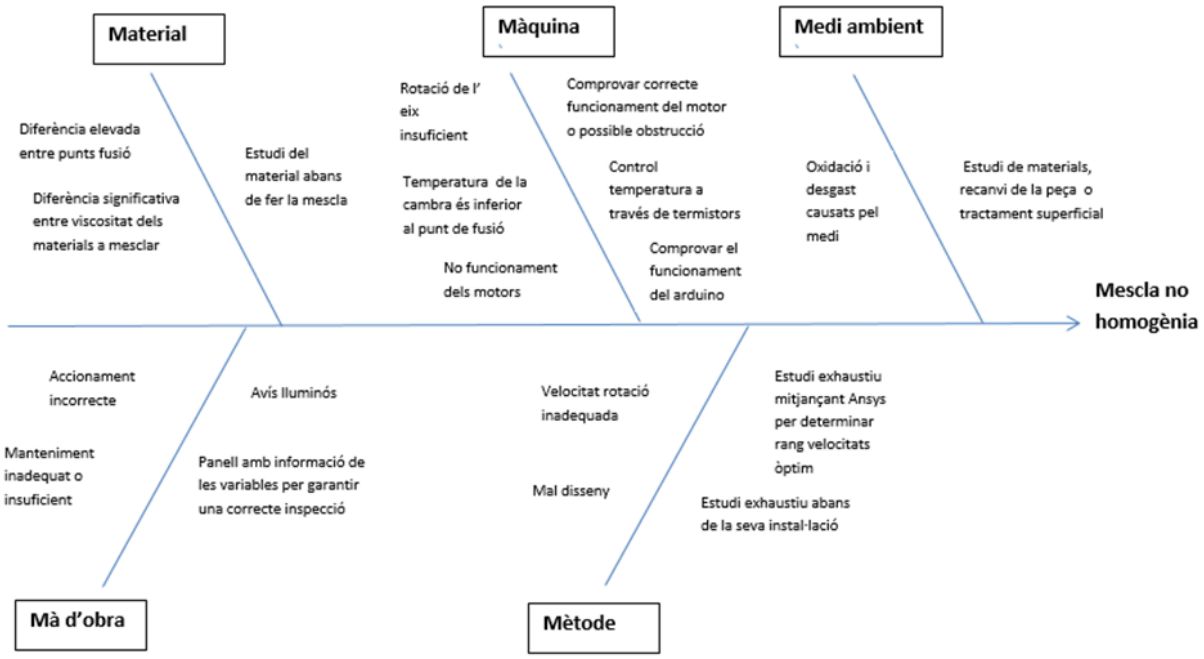


Fig. A-2 .Diagrama Ishikawa d'una mescla no homogènia.

La segona problemàtica d'estudi és comuna en qualsevol màquina de prototipatge ràpid que utilitza la tecnologia de deposició de fil fos, es tracta de la extrusió de filament nul·la. L'anàlisi en aquest cas es troba a la Fig. A-3.

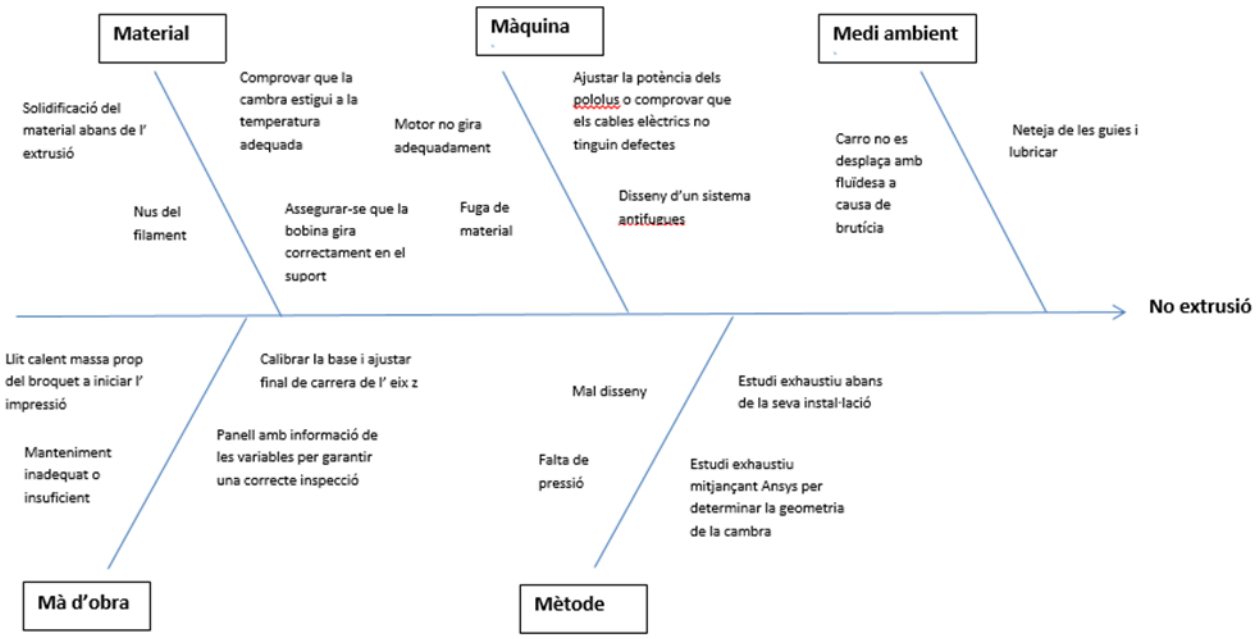


Fig. A-3 .Diagrama de Ishikawa en el cas de no extrusió.

B. Informació general BCN3D

Per la realització d'aquest projecte s'ha disposat d'una impressora del model BCN3D, la qual ha estat adaptada amb el firmware i el mecanisme extrusor del model BCN3D+.

Per tal de conèixer més a fons aquests models d'impressores, en aquest apartat es definiran les seves principals característiques extretes de documentació proporcionada per BCN3D Technologies.

A la Fig. B-1 s'enumeren les parts que componen una impressora:

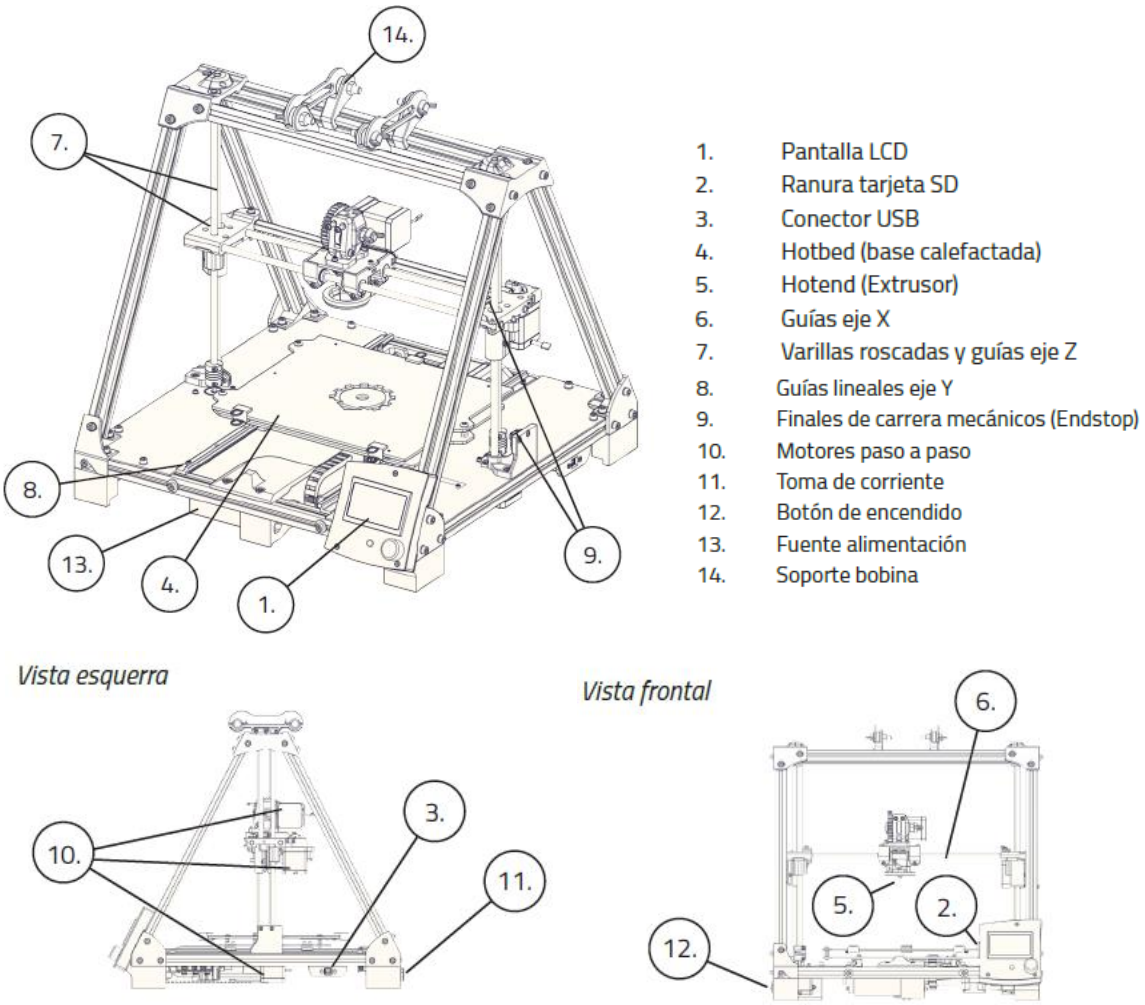


Fig. B-1 Diagrames de les parts d'una impressora model BCN3D+.

En aquest projecte s'han utilitzat alguns components del capçal i l' extrusor del model BCN3D+.En la Fig. B-2 es mostren els diferents elements que el formen.

Extrusor (Hotend)

1. Disipador de calor
2. Barrera térmica
3. Bloque calefactor
4. Boquilla (Nozzle)

Cabezal

5. Balancín
6. Tornillo de apriete
7. Ventilador de capa
8. Ventilador Hotend
9. Carro eje X

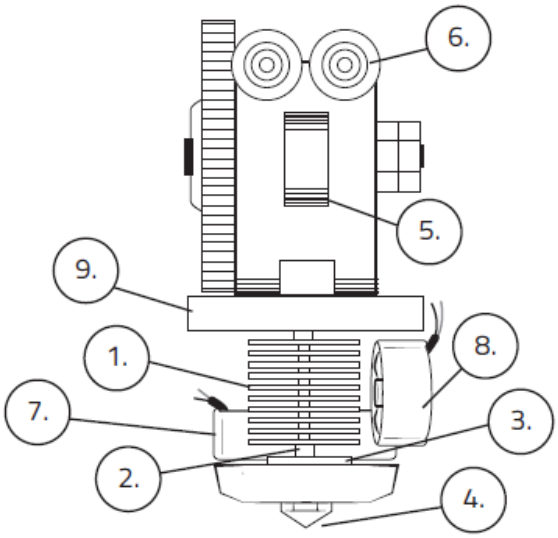


Fig. B-2 Components del capçal i l'extrusor de la BCN3D+

- **Sistema d'eixos**

La Fig. B-3 senyalitza el sentit i direcció dels diferents eixos de la màquina.

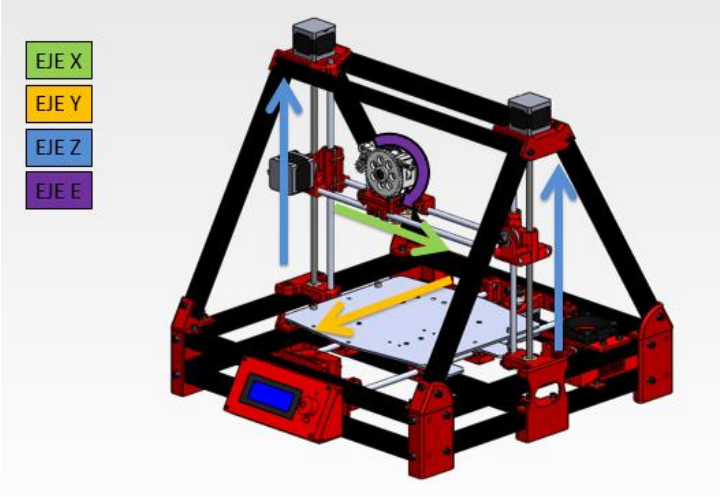


Fig. B-3 Moviments dels eixos d'una impressora BCN3D

- **Electrònica i firmware**

La electrònica de la impressora està composta per pololus, un Arduino Mega i una Ramps 1.4. Les connexions es poden classificar en motors, finals de carrera, termistors, resistències (extrusor i base calefactada) i potència (font d'alimentació, endoll i interruptor). A la Fig. B-4 s'indica el muntatge de les connexions a la placa.

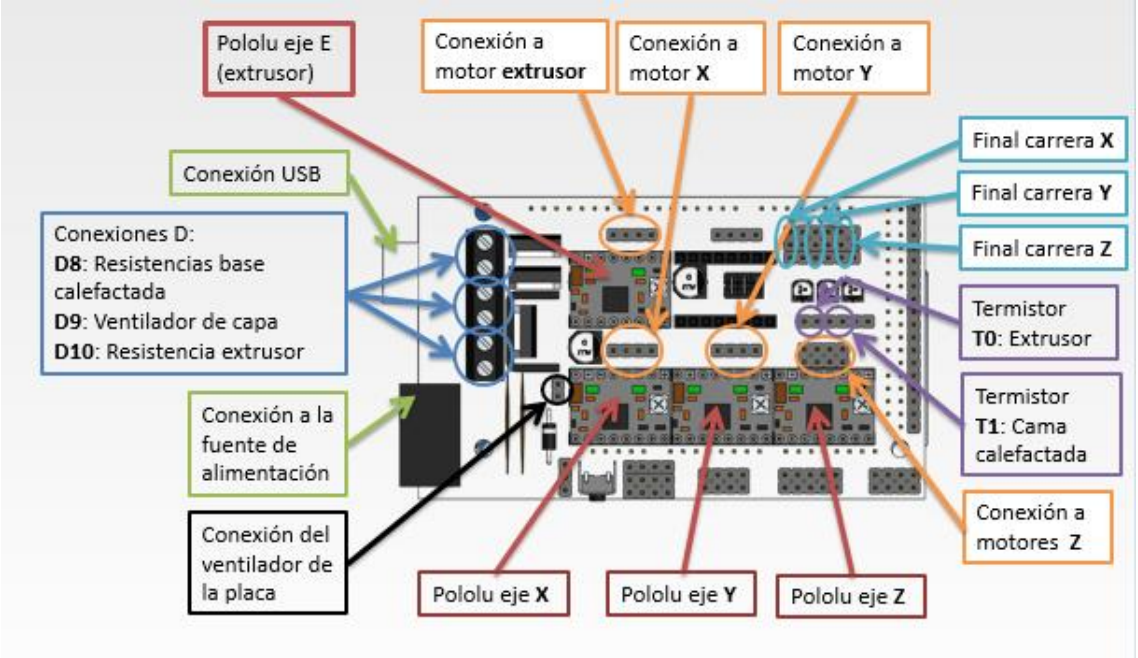


Fig. B-4 Descripció de les connexions de la placa.

El firmware és el software necessari per controlar un hardware. És a dir, és el programa intern que controla la impressora, i permet que realitzi les funcions. Les seves funcions bàsiques són:

Per una banda, interpretar els arxius .gcode que es desitja imprimir a instruccions útils per l' impressió, pulsos en els drivers per moure els motors o temperatures objectiu. Pe l'altra banda també s' ocupa de gestionar els perifèrics de la màquina com són la pantalla, per poder interactuar sense necessitat de connectar-se a un ordinador, o els finals de carrera, necessaris pel correcte funcionament de la impressora.

L' avantatge d'aquesta tipologia de màquines es que segueixen una filosofia de Open Source de manera que si es vol es pot canviar o modificar el firmware per adaptar la màquina a noves funciones i accessoris o millorar el seu comportament.

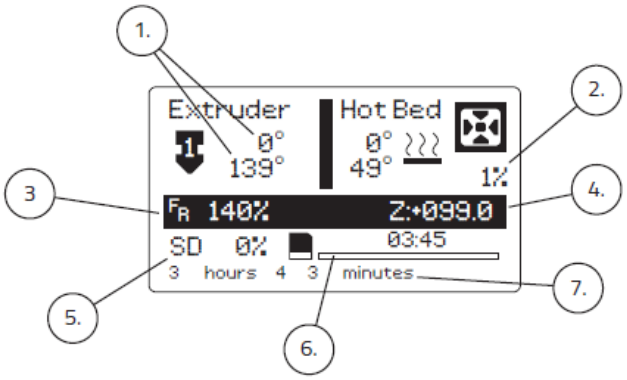
- **Control LCD (model BCN3D+)**

La BCN3D+ es pot operar des del seu menú LCD. El control es realitza a partir d'un únic botó que combina dos moviments: el gir, per poder desplaçar-se pel menú i la pulsació, per seleccionar l' opció.

Juntament amb el botó de control existeix un botó d' emergència de color vermell, que permet aturar la màquina en cas de mal funcionament. Aquest botó atura la màquina, tot i que deixa la pantalla i els ventiladors actius. Un cop premsat no es pot recuperar el funcionament de la màquina, fins que es reinici automàticament.

- Pantalla principal

La pantalla principal informa del estat de la màquina en aquest moment, i del estat de la impressió en curs. A la Fig. B-5 es poden veure com s' expressa aquesta informació a través de diferents factors.



1. Temperaturas objetivo/real
2. Velocidad del ventilador
3. Velocidad de impresión (Fr)
4. Indicador de altura de impresión (Z)
5. Indicador de tanto por ciento de lectura del programa de impresión (SD)
6. Barra de estado y tiempo transcurrido
7. Mensajes de información

Fig. B-5.Informació que es veu en la pantalla principal

- Menús de pantalla

A continuació es mostra en forma d' arbre, Fig. B-6 , els diferents menús que permeten la modificació de les variables de control i realitzar operacions programades com per exemple escalfament, refredament o posicionat del origen.

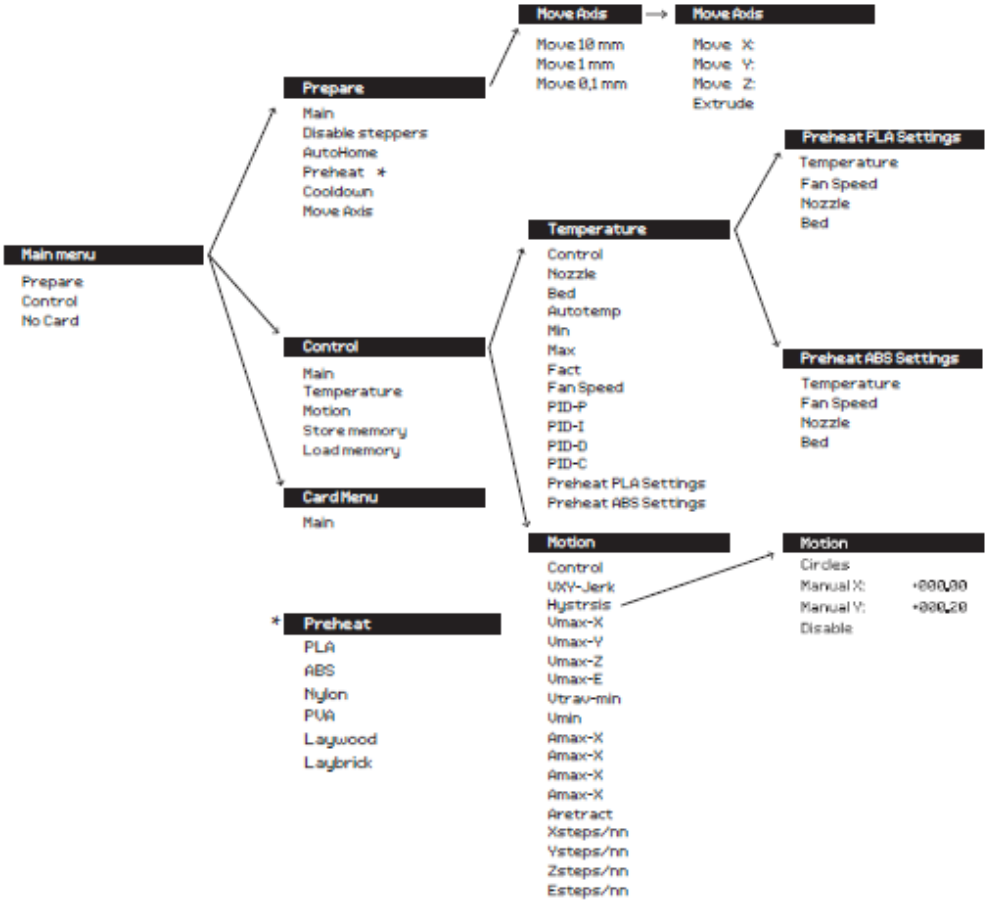


Fig. B-6.Arbre dels menús i les seves funcions.

- **Posada en marxa**

Amb la connexió feta i el firmware ja instal•lat es pot arrencar la màquina. Per fer-ho només cal premé l'interruptor de la part posterior (botó d' engegada /apagada). La pantalla hauria de quedar com en la Fig. B-7.

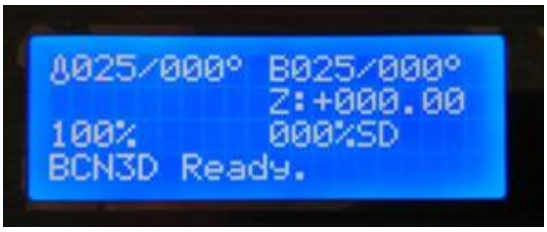


Fig. B-7.Pantalla principal al engegar la impressora.

- Comprovacions del funcionament: Termistors i motors X i Y

  En el cas dels termistors, cal verificar que la temperatura que mesuren és "lògica". La pantalla hauria de mostrar temperatures pròximes a la temperatura ambient.

  Per altra banda per comprovar l' orientació dels motors X i Y, cal seguir els següents passos:

  1. Entrar en el menú: *Prepare* > *Move Axis*
  2. Seleccionar X (premé el botó de damunt). Al girar la roda en sentit horari el carro amb l' extrusor hauria de moure's cap a la dreta, és a dir allunyar-se del final de carrera. Sinó ho fa, apagar la màquina i canviar l' orientació del connector del motor X en la placa.
  3. Fer la mateixa comprovació per l' eix Y.

- Motor Z

  Per comprovar l' orientació del motor Z, cal seguir els següents passos:

  1. Seleccionar Z en el menú *Move Axis*
  2. Girar la roda molt poc en sentit horari
  3. Comprovar que els dos motors giren en el mateix sentit. Sinó és així parar la màquina i girar una de les dues connexions.
  4. Tornar a moure l' eix, ara es pot girar la roda sense por.
  5. Comprovar que l'eix Z està pujant al girar la roda en sentit horari.

- Finals carrera

  Cal localitzar tots els finals de carrera (X,Y i Z en aquest ordre) i comprovar que els finals de carrera contacten correctament amb la part mòbil corresponent de cada eix quan aquesta s'acosta a ells i que el LED s'encén quan els pressiona. A continuació es comprovarà el funcionament del final de carrera manualment, seguint els passos següents:

  1. Accedir al menú *Prepare* i col•locar el cursor en l' opció *Autohome*, sense preme'l.
  2. Al moment que s'activi l'*Autohome* l' eix X anirà fins el final de carrera, després l'eix Y i finalment el Z. A mesura que els eixos es moguin, premé amb el dit el final de carrera corresponent. Si al premé algun dels finals de carrera no s' atura el moviment de l'eix, parar la màquina immediatament.
  3. Si es produeix aquest error, vol dir que, tot i estar ben connectats, les posicions dels finals de carrera estan intercanviades. Comprovar-ho i connectar-ho correctament.
  4. Quan la prova es produeix correctament, premé *Autohome* una altra vegada per verificar el contacte de la peça mòbil amb el final de carrera.

- Resistències i escalfament
  Per activar l' escalfament, cal seleccionar en el menú *Prepare* > *Preheat* PLA. Al escollir aquesta opció es començarà a escalfar la base i l'extrusor fins les temperatures establertes en el firmware. Deixar escalfar i veure si s' arriba a la temperatura objectiu

- Extrusor
  Un cop l' extrusor esta a la temperatura preestablerta per el PLA, seleccionar *Extrude* en el menú de *Move Axis* i comprovar que l' engranatge gran gira en el sentit de les agulles del rellotge. Sinó és així, canviar la orientació del connector del motor en la placa electrònica. Quan el sentit de gir sigui el correcte, obrir el fixador del extrusor i passar el fil pel forat. Introduir el fil amb suavitat fins que aquest comença a sortir fos per el broquet. Tancar el fixador de forma que exerceixi una certa pressió.

C. Evolució del disseny

Després de fer una petita recerca d'antecedents que podrien satisfer les necessitats i objectius d'aquest treball, es va prendre com a punt de partida el projecte realitzat per James Corbett on es planteja un barrejador actiu format per 6 entrades.

- **Disseny preliminar**

Com que la teoria de color utilitzada és la basada en el model CMY(K) són necessàries com a mínim 5 entrades, ja que a part dels quatre colors que caracteritzen el model és necessari un filament addicional de color blanc. A la Fig. C-1 es veu el disseny de la cambra anàleg al proposat per James Corbett amb la diferència que disposa d'una entrada menys.

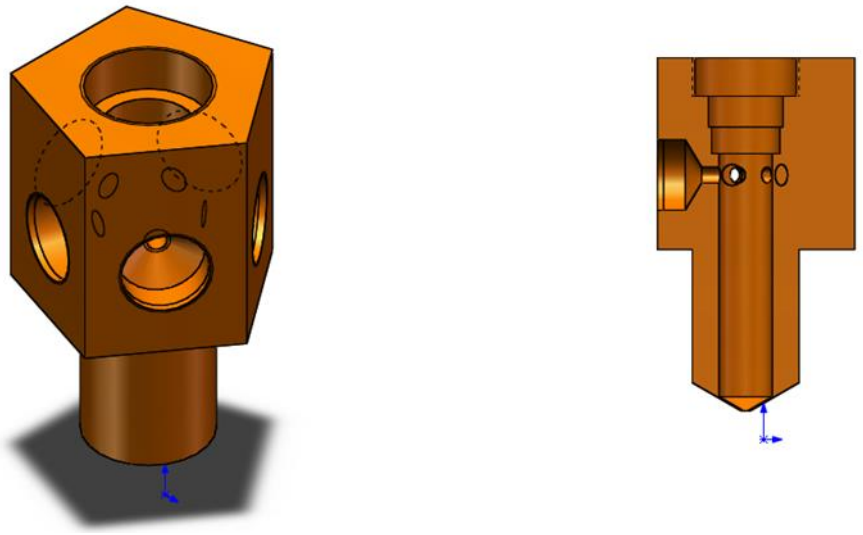


Fig. C-1 Disseny cambra inspirat en el proposat per James Corbett.

La cambra consisteix en una sèrie d'entrades horitzontals, les quals estan roscades per poder fer la unió amb els canals. A priori es veu que calen certes modificacions perquè la cambra sigui funcional. Són necessaris forats per introduir-hi les resistències i termistors, a més es planteja la inclinació dels canals per facilitar el flux del material cap al interior de la cambra.

A la Fig. C-2 es mostren els canvis esmentats. S'ha considerat l'ús de dues resistències per garantir una temperatura homogènia a dins la cambra i de dos termistors a diferents alçades per tenir un control més precís de la temperatura. Pel que fa a la inclinació de les cares, s'ha

realitzat a 40º respecte l' horitzontal ja que aquest angle aportava un pendent considerable i evitava interferències entre els diferents orificis de la peça

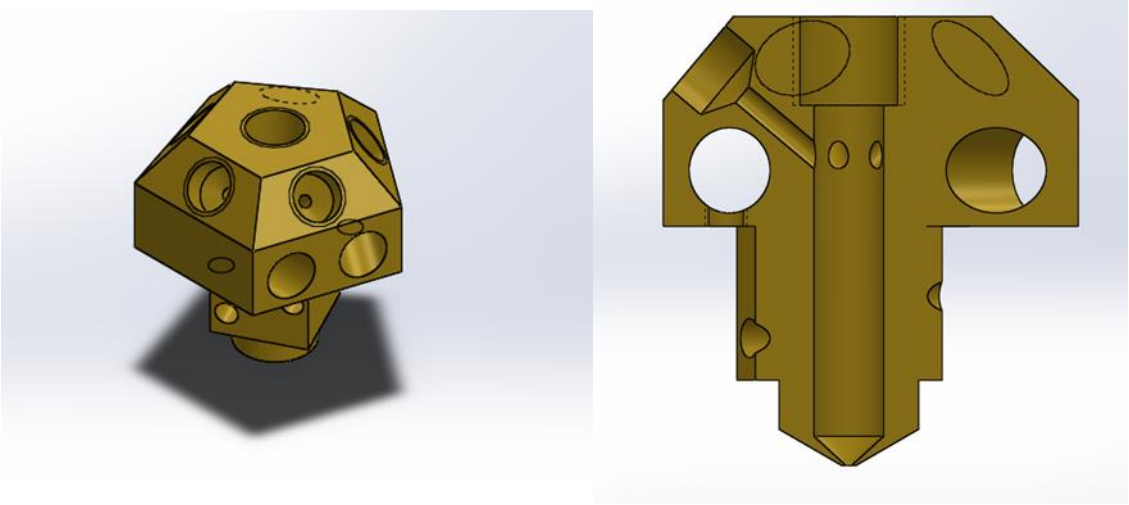


Fig. C-2 Disseny cambra implementades les primeres modificacions.

Els components principals d'un extrusor sense cambra de mescla acostumen a ser: un sistema refrigerant com per exemple un dissipador i ventiladors, un element anomenat hot block, que aporta temperatura al material per aconseguir-ne la seva fusió i un broquet d'extrusió que garanteix un determinat diàmetre de sortida del material. Es va considerar interessant dissenyar un hot block que fes la funció de preescalfar el filament aconseguint augmentar la superfície de contacte i assegurant que el PLA assoleix la temperatura desitjada dins la cambra. Per fer el hot block es va agafar el model de la BCN3D+, aquest conté un forat per allotjar-hi una resistència i un per un termistor. La geometria pentagonal de la cambra fa necessari realitzar un fresat a cada lateral de la peça per poder col·locar els cinc hot blocks sense col·lisions. El disseny del component descrit es mostra a la Fig. C-3.

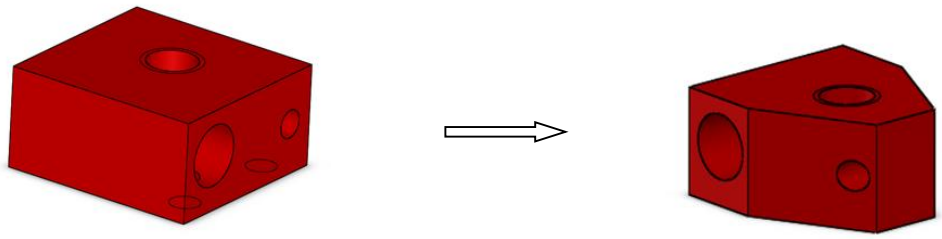


Fig. C-3 Modificació del hot block d'una BCN3D+.

El component d'unió entre el hot block i la cambra, representat a la Fig. C-4, es va dissenyar amb rosca geomètrica al llarg de tot el seu exterior.

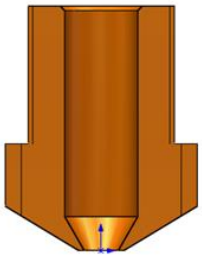


Fig. C-4 Disseny component unió entre el hot block i la cambra.

Els components restants que formen el conjunt entrada: el dissipador, el component d'unió entre el hot block i el dissipador (heat break) i el ventilador són aprofitats del model emprat en la BCN3D+. A la Fig. C-5 es representa el conjunt i també la seva secció.

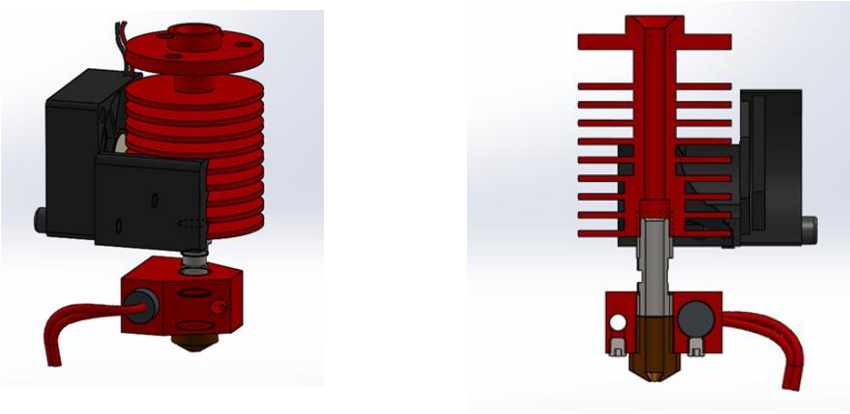


Fig. C-5.Vista i secció del conjunt entrada

L'element barrejador inicial també és una versió pentagonal del proposat en el projecte de James Corbett. No obstant això, s'han realitzat algunes modificacions geomètriques per mantenir la superfície de les cavitats que es generen entre l'eix i el forat cilíndric de la cambra. El component està format per dos zones diferenciades tal i com es veu a la Fig. C-6: la inferior amb forma de barra pentagonal i la superior barra cilíndrica amb l'extrem roscat.

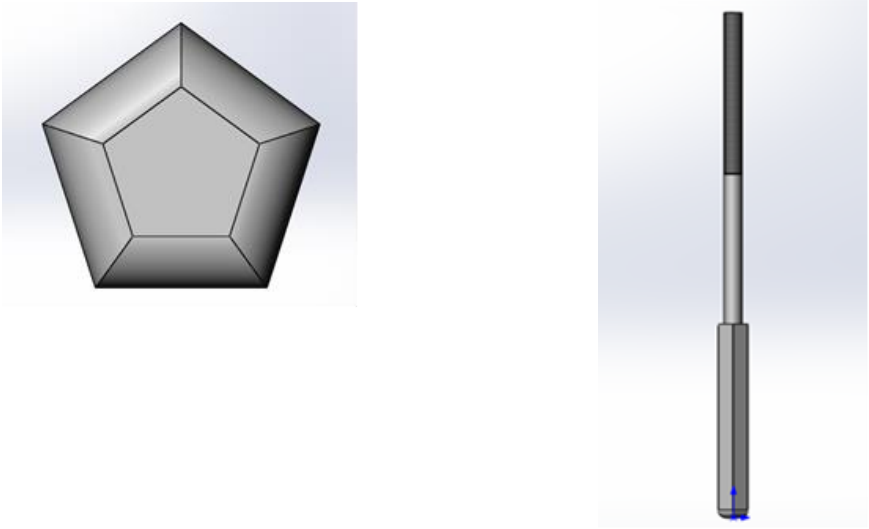


Fig. C-6. Representació element barrejador pentagonal

Per donar el moviment rotatiu a l'eix només és necessari utilitzar un motor pas a pas. Aquest pot ser idèntic als que s'utilitzen per empènyer el filaments. La unió entre ambdós components es realitza mitjançant un acoblament normalitzat de relació 8mm-5mm.

Un cop acabat aquest primer disseny, veure assemblatge Fig. C-7, s'observen diferents aspectes a millorar:

- La inclinació de les cares provoca una pèrdua considerable d'espai al col·locar-hi les entrades, com a solució es proposa modificar la geometria del hot block a fi d'aconseguir que les entrades quedin més verticals.

- La asimetria de la cambra pot provocar futurs problemes de fabricació ,a més seria interessant poder partir la cambra per veure de forma experimental l'estat de la mescla. És necessari realitzar una simplificació d'aquesta amb 4 entrades.

- El component d'unió entre cambra i hot block comporta problemes a causa del mètode de fixació per rosca. No es pot garantir la correcta posició dels hot blocks ni permet un correcte muntatge i desmuntatge. Caldrà plantejar de nou quin sistema de fixació utilitzar i fer el disseny.

- Per la correcta unió a l'acoblament del motor és necessari que la part superior de l'element barrejador sigui una barra cilíndrica llisa.

- Es veu convenient que el broquet extrusor sigui independent de la cambra de mescla a fi de facilitar la neteja en cas d'obstrucció de material i donar més versatilitat al projecte.

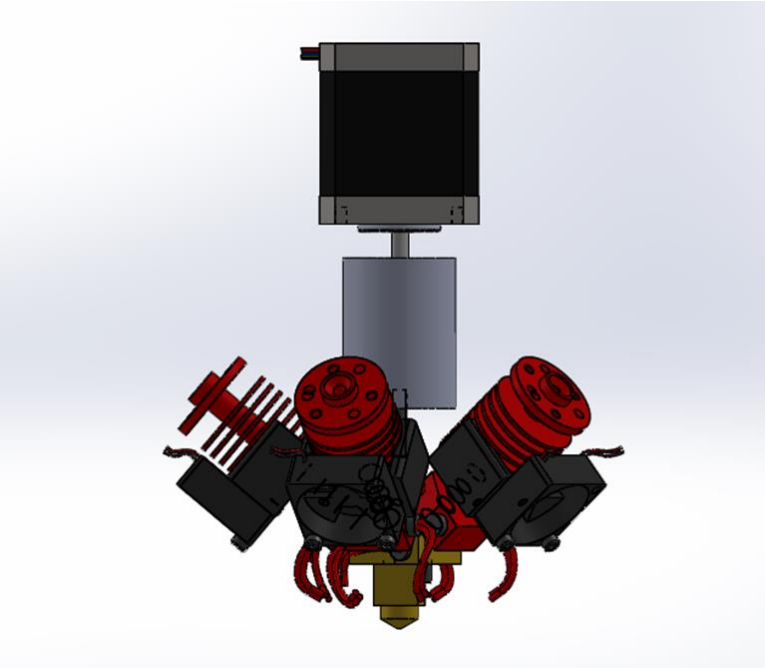


Fig. C-7. Conjunt sencer de la cambra, entrades i element barrejador.

- **Modificacions**

La nova cambra de mescla, representada a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** té una disposició simètrica de quatre entrades i una geometria més senzilla. Cal destacar que només té un orifici per allotjar-hi un termistor, s'ha considerat que per les dimensions de la cambra i amb un cert temps s'assoliria una temperatura homogènia i per tan seria redundant fer dues lectures.

Fig. C-8. Simplificació i modificacions de la cambra de mescla.

A fi d' aconseguir que les entrades quedin el més vertical possible, es planteja el hot block de la Fig. C-9. Per fer-ho el conducte pel qual circularà el fluid presenta un colze. A diferència de l'anterior la resistència i el termistor es troben en una disposició vertical per reduir el volum del bloc i facilitar el cablejat. La fixació es realitza utilitzant un component d'unió que va roscat a la cambra i col·locat al final del conducte del hot block. Per poder posicionar correctament el hot block aquest disposa d'unes orelles on s'hi introdueixen uns cargols que van roscats a la cambra, la disposició d'aquests és en diagonal a fi d'evitar interferències.

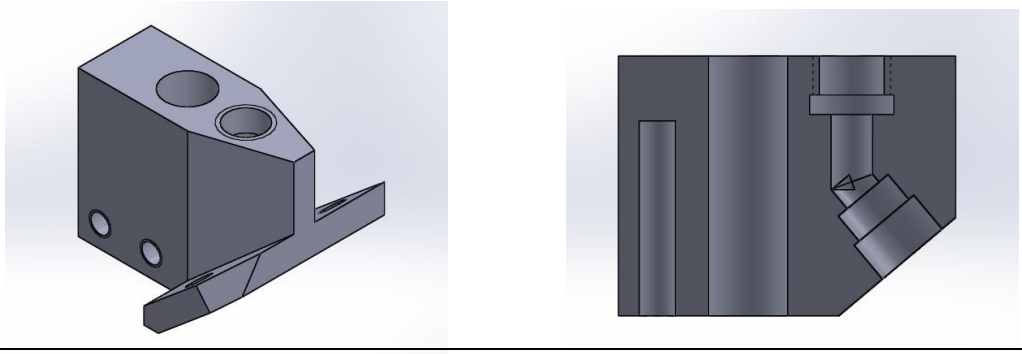


Fig. C-9. Vistes del disseny final del hot block.

Per veure de forma més clara la integració del capçal a la impressora, a través de la Fundació CIM es va fabricar un prototip amb la tecnologia SLS (Selective Laser Sintering), veure Fig. C-10. Aquesta tecnologia utilitza un làser d'alta potència que fusiona de forma selectiva material en forma de pols en una cubeta mitjançant un escombrat de fines capes transversals. Un cop que la secció transversal, o capa, s'ha format la cubeta de pols descendeix una distància equivalent al espessor de la capa formada, i de nou una capa de material base s'afegeix sobre la superfície. El procés es repeteix tants cops com capes es necessitin per formar l'objecte tridimensional. Al contrari que en altres processos de fabricació additiva la

sinterització selectiva per làser no necessita suports ja que la part sinteritzada sempre està rodejada de pols que fa la funció de suport.

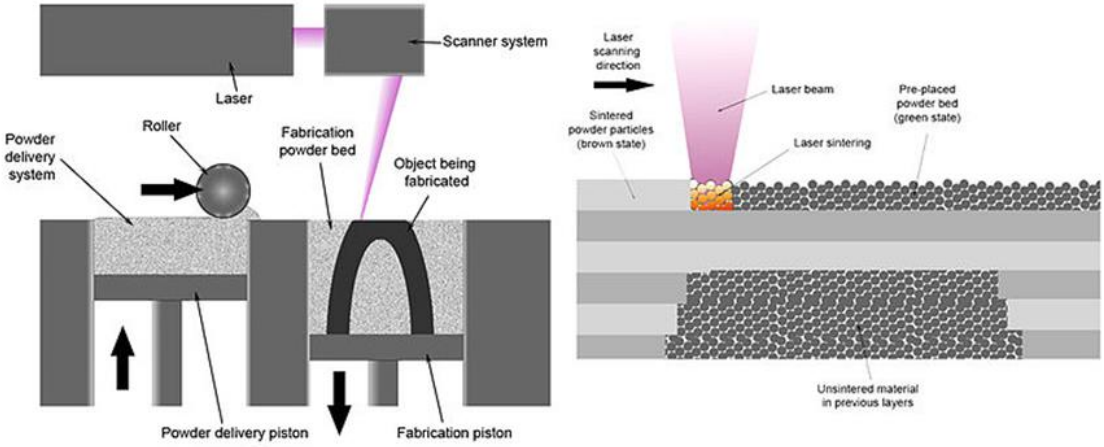


Fig. C-10.Esquema del funcionament d'una màquina SLS.

A continuació, Fig. C-11, es veuen les fotografies del resultat d'aquest procés.

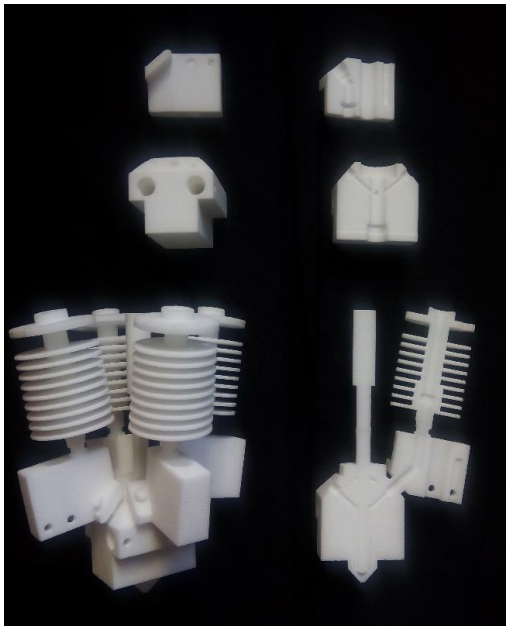


Fig. C-11.Peces sinteritzades.

Finalment es va plantejar provar el funcionament de la cambra sense hot block i experimentalment veure si la cambra permet assolir la temperatura desitjada, en cas que no l'assoleixi seria necessari l'ús del hot block. A la Fig. C-12 es veu la cambra, on a la entrada de la esquerra s'integra el hot block i a la entrada de la dreta no s'hi integra.

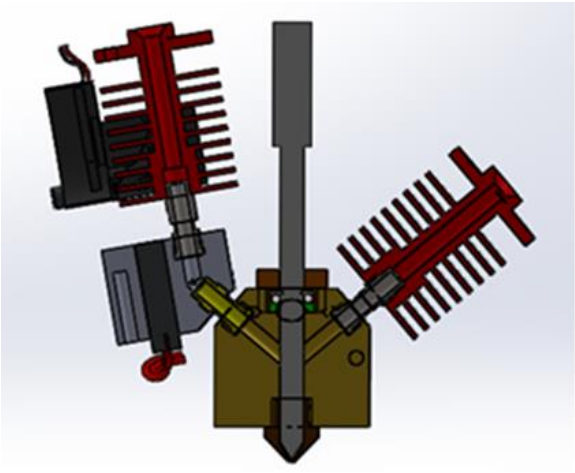


Fig. C-12. Vista seccionada del conjunt amb una entrada.

D. Experimentació dels colors

D.1. Model de colors

Aquest experiment té com a objectius principals: comprovar si és possible mesclar filaments de PLA i si es produeixen els efectes esperats (els que s'obtindrien al barrejar pintura). Aquest, a més, vol determinar mostres de referència per posteriorment comparar els resultats de les impressions i poder determinar la seva qualitat.

- Aparells i materials

-Bobines de filament de PLA ø 3mm (blau cel, groc, blanc, rosa).

-Recipient de cuina.

-Termòmetre infraroig.

-Plaques de petri.

-Estris per la manipulació.

- Metodologia

1. Tallar a longituds iguals (1cm) els filaments de diferents colors.
2. Escalfar el recipient a una temperatura just per sobre el punt de fusió del PLA ~150°C.
3. Col·locar dos unitats (un de cada color) de filaments dins del recipient i esperar el temps suficient perquè el material es fongui.
4. Mesclar fins a obtenir un color homogeni.
5. Si s'observa el predomini d'un color afegir una altre unitat del color no dominant i repetir el pas 4.

Per aconseguir resultats amb una bona fiabilitat s'han realitzat cinc mostres de cada combinació.

- Resultats i discussions

Com s'ha vist al capítol quatre de la memòria, el model que es vol seguir és el CMY(K). No obstant això, no es disposa de bobina de PLA de color magenta. Per aquest motiu s'utilitzarà

el color rosa en el seu lloc, ja que de la gamma de bobines que es disposava s'ha considerat que era la més similar.

S'han realitzats les següents combinacions de colors amb proporció1:1:

Rosa + Cian → Lila clar

Rosa + Groc → Taronja

Groc + Cian → Verd

Lila clar + Taronja + Verd → Marró clar

Els resultats es mostren a la Fig. D-1. On a partir dels colors primaris rosa, cian i groc s'obtenen els secundaris lila clar, taronja i verd. A la part central de la imatge es veu la combinació dels tres secundaris, la qual ha donat lloc a marró clar.

Fig. D-1.Resultats de la mescla amb proporció 1:1.

- <u>Conclusions</u>

El procés de barreja s'ha produït satisfactòriament, ja que s'han aconseguit mescles homogènies en poc temps. Aquest senzill assaig ha demostrat que dos filaments de PLA diferents es poden barrejar a temperatures força més baixes de les que es trobaran dins la cambra durant la impressió. La viscositat d'aquest polímer disminueix al augmentar-ne la

temperatura, fet que fa intuir que el procés de mescla dins la cambra serà més factible que el realitzat en l'experiment.

Per altra banda, al emprar el color rosa enlloc de magenta, s'han obtingut resultats molt allunyats dels esperats. A la Fig. D-2 es fa la comparativa del model emprat i del sostractiu.

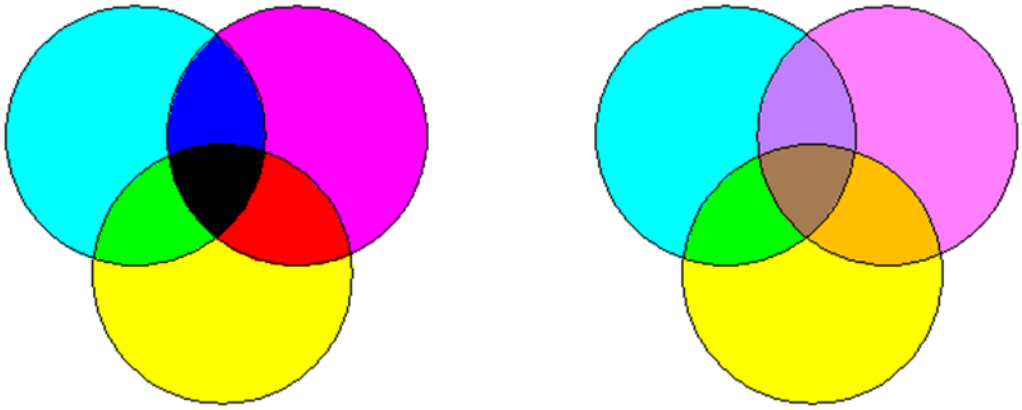


Fig. D-2.A la esquerra diagrama del model CMY i a la dreta el model experimental.

Tot i la diferencia de resultats, cal remarcar que la barreja realitzada entre els filaments comuns al model sostractiu, cian i groc, sí que ha originat el color esperat. Així doncs no podem garantir que el model experimental pugui satisfer tota la gamma de colors, ara bé seria interessant refer l'assaig amb filament magenta per assegurar que es poden formar la resta de colors secundaris i que la mescla dels tres forma negre.

E. Càlculs fluidodinàmics

E.1. Metodologia de la simulació

Per realitzar el disseny s'ha emprat el software de CAD Solidworks, el model obtingut s'ha importat al ANSYS Workbench. Aquesta plataforma permet realitzar de forma seqüencial tot tipus d'anàlisi de sistemes. Per a aquest projecte s'ha escollit l'anàlisi amb Fluid Flow (Fluent), el qual està especialitzat en la dinàmica de fluids.

A la Fig. E-1 es mostra una captura on es veu els diferents passos realitzats per a arribar als resultats tan gràfics com numèrics que posteriorment ens permetran verificar o prendre decisions sobre el disseny.

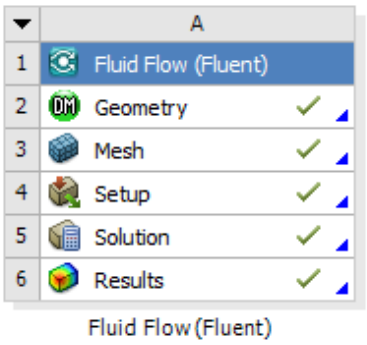


Fig. E-1 Passos realitzats en la plataforma de l'ANSYS Workbench

Un cop importada la geometria es procedeix al mallat. Per fer-ho s'utilitza un mallat prou precís en les cares d'entrada i sortida del fluid, sent en la resta de les superfícies no tan dens per reduir el temps de simulació. També és en aquest punt on es dóna nom a les diferents superfícies segons les seves condicions de contorn.

A continuació es realitza el *set up* mitjançant el *Fluent*, és a dir, es defineixen les característiques físiques del material i s'introdueixen les condicions de contorn. El programa identifica les superfícies anomenades anteriorment en el procés de mallat. En aquest procés cal tenir especial cura en el sistema de referència emprat així com l'orientació dels eixos i la posició de l'origen.

Finalment s'executa el càlcul (*Run calculation*). Dels resultats obtinguts s'exporten les velocitats de cada node en un fitxer de text.

E.2. Consideracions i especificacions

- **Material**

S'ha considerat fer el disseny basant-se en el comportament i propietats del PLA, ja que aquest és el més utilitzat per les impressores d'aquestes característiques, és el més econòmic i és biodegradable.

Les propietats físiques del PLA varien amb la temperatura, no obstant, pels càlculs s'han considerat constants a fi de simplificar l'anàlisi. Per justificar aquesta restricció s'ha realitzat un mateix anàlisi dos cops a temperatures diferents, obtenint resultats sense diferències significatives. Les propietats utilitzades per a totes les simulacions i càlculs són les que es mostren a la taula de la Fig. E-2.

Propietat	
Densitat [Kg/m3]	1250
Cp [J/Kg·K]	1006,43
Conductivitat tèrmica [W/m·K]	0,13
Viscositat [Kg/m·s]	90

Fig. E-2 Valors de les propietats físiques del PLA emprades per realitzar les simulacions

Pel que fa el valor de la viscositat s'ha extret un promig de les mostres amb contingut del 100% de PLA, de la gràfica Fig. E-3. S'ha considerat la gràfica on la temperatura de les mostres és de 190 ºC, ja que és la que s'assimila més a la situació a la que es trobarà la cambra de mescla.

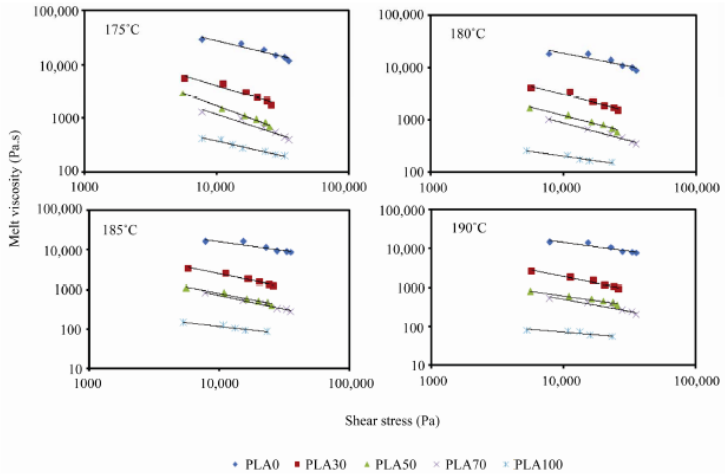


Fig. E-3 Variació de la viscositat dinàmica en funció de l'esforç. [16]

- **Sistema de referència**

Com s'ha vist en el capítol cinc de la memòria, el sistema barrejador escollit està compost per dos elements: la camisa (orifici vertical de la cambra) i la tija (element barrejador). A la Fig. E-4 es veuen els dos sistemes de referència possibles. El de la esquerra on l'observador veu la camisa quieta i la tija en moviment de manera que les velocitats del fluid en contacte amb l'eix són les representades en fletxes vermelles. En canvi en el sistema de la dreta l'observador es troba a la tija, veient aquesta quieta i la camisa en moviment. Les velocitats del fluid en d'aquest són tangencials en la superfície de la camisa.

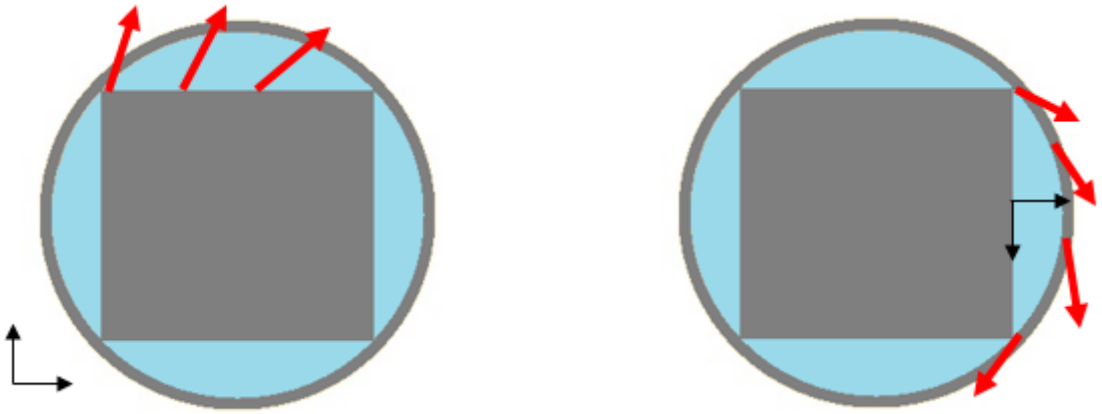


Fig. E-4 Sistemes de referència possibles. Vista en planta de la camisa i la tija.

Per facilitar l'estudi de la mescla, s'ha utilitzat el sistema de referència de la dreta, tot i que es tracta d'un sistema no inercial. No obstant això, el PLA és un fluid incompressible i molt viscós,

de manera que les forces viscoses predominen sobre les forces inercials. Per justificar aquest fet s'ha calculat la força centrifuga que pateix una de les cavitats del fluid en descriure el moviment circular uniforme. Primer de tot s'ha calculat la velocitat angular màxima que permet el motor, s'ha fet un petit muntatge i s'ha anat augmentant la velocitat fins que s'ha vist que el motor ja no variava les revolucions.

$$\left.\begin{array}{l} \omega max = 796{,}87 rpm = 83{,}44\ {}^{rad}/_{s} \\ \rho = 1250 \frac{kg}{m^3}; \\ V = \mathrm{S} \cdot \mathrm{h} = 1{,}78\mathrm{mm} \cdot 18{,}25\mathrm{mm} = 32{,}485 mm^3 \end{array}\right\} \quad m = \rho \cdot V = 4{,}06x10^{-5} Kg = 40{,}6mg$$

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \cdot \hat{u}_r = m \cdot \omega^2 \cdot r = 4{,}06x10^{-5} Kg \cdot 83{,}44^2\ {}^{rad}/_{s}{}^{2} \cdot 2{,}5x10^{-3} m = \mathbf{7{,}06x10^{-4} N}$$

Es veu doncs que en el cas més desfavorable la força centrifuga és negligible.

- **Càlculs genèrics i condicions de contorn**

Les dimensions de la cambra i l'eix determinen el volum de fluid que circularà; a la Fig. E-5 es mostren les característiques geomètriques d'una de les cavitats que es generen dins la cambra. Al extrem del broquet extrusor, just on es troba l'orifici de sortida, les quatre cavitats convergeixen. No obstant això, aquest petit volum no s'ha considerat alhora de realitzar els càlculs, ja que es pretén demostrar que la mescla ja s'ha assolit abans d'arribar a l'extrem del broquet.

$$F = \frac{\nu \cdot S}{d} \cdot v; \qquad \upsilon = \frac{F \cdot d}{S \cdot v} = \left[\frac{N \cdot m}{m^2 \cdot \frac{m}{s}}\right] = \left[\frac{N \cdot s}{m^2}\right]$$

$$\left.\begin{array}{l} \mu = 90\ \frac{Kg}{m \cdot s} = 90\ Pa \cdot s \\ \rho = 1250 \frac{Kg}{m^3} \end{array}\right\} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{90}{1250} = 0.072 \frac{m^2}{s}$$

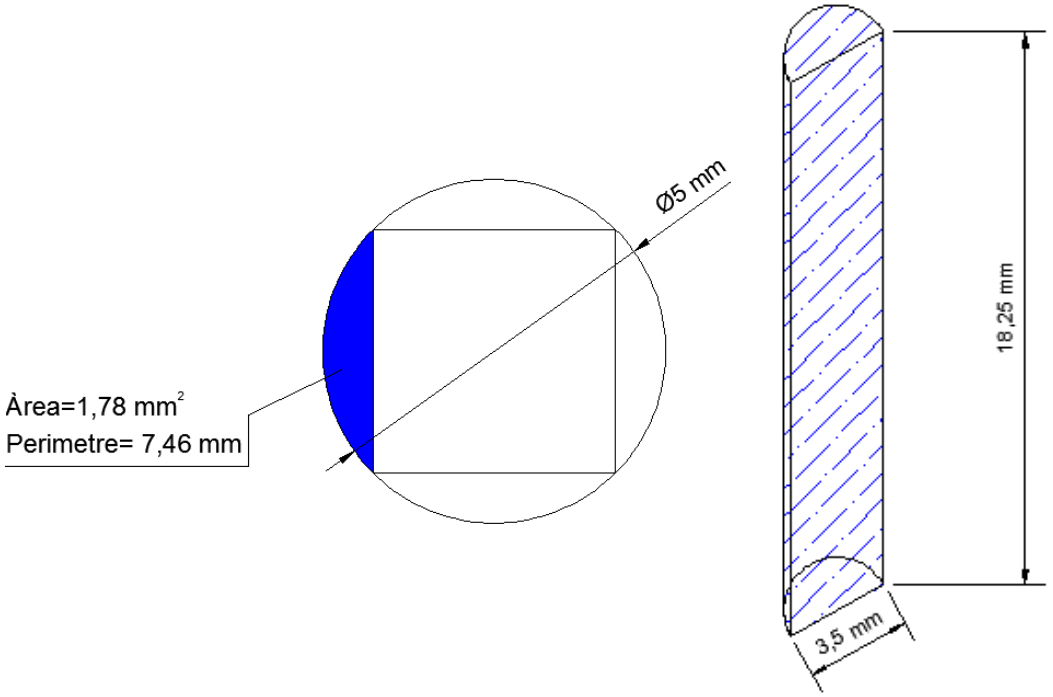
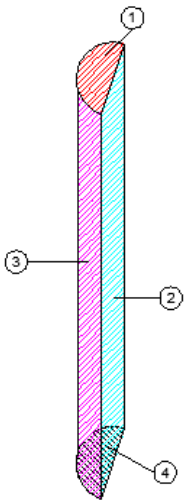


Fig. E-5 Dimensions característiques del volum hidràulic.

Les condicions de contorn del fluid són quatre i es representen en la Fig. E-6. A continuació es realitza el càlcul i definició d'aquestes condicions en funció de les variables de control (velocitat motor i velocitat rotació de l'eix).



Superfície	Condició
1	velocitat d'entrada
2	velocitat nul·la
3	velocitat de rotació
4	pressió de sortida

Fig. E-6 Condicions de contorn del fluid.

1 Velocitat d'entrada

Per a tots els càlculs i assajos experimentals s'utilitzarà el broquet extrusor amb un diàmetre de sortida de 0,4mm. Coneixent la velocitat lineal del motor i aplicant un balanç de matèria es pot determinar la velocitat d'entrada:

$$Q_{entrada} = Q_{sortida}$$

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot v_{mot.red} \left[\frac{mm^3}{s}\right]$$

$$v_{entrada} = \frac{Q}{\grave{A}rea} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot v_{mot.red}}{\grave{A}rea} \left[\frac{mm}{s}\right]$$

La $v_{mot.red}$ no correspon a les revolucions del motor, ja que hi ha un sistema de reducció d'engranatges. A la Fig. E-7 es mostra la roda dentada conduïda i la conductora, on s'expressa el nombre de dents amb el símbol Z i la velocitat en rpm amb el símbol N.

La velocitat de la roda conductora (N1) és coneguda ja que és directament la velocitat en rpm del motor pas a pas.

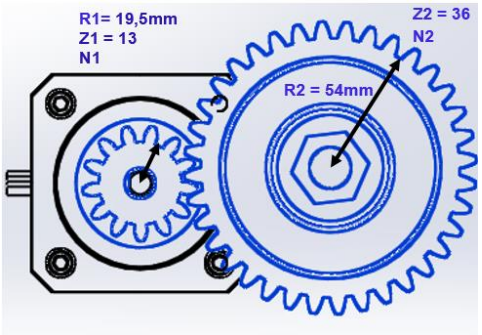


Fig. E-7.Sistema d'engranatges dels motors pas a pas.

La relació de transmissió de les rodes s'expressa:

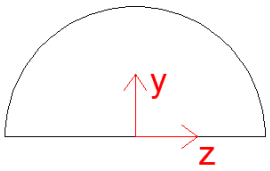
$$i = \frac{N2}{N1} = \frac{Z1}{Z2} = \frac{13}{36} = 0{,}36$$

$$N2 = i \cdot N1 = 0{,}36 \cdot N1[rpm]$$

La velocitat lineal de sortida $v_{mot.red} = \omega_2 \cdot R_2 = 0{,}36 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot N1}{60} \cdot 0{,}054\ [m/s]$

3 Velocitat de rotació

La velocitat de rotació és una variable de control que s'expressa en rpm. Segons el sistema de referència escollit i la direcció dels eixos de coordenades es defineix l'eix de rotació:



Eix	Direcció
0	0
0	1
0	0

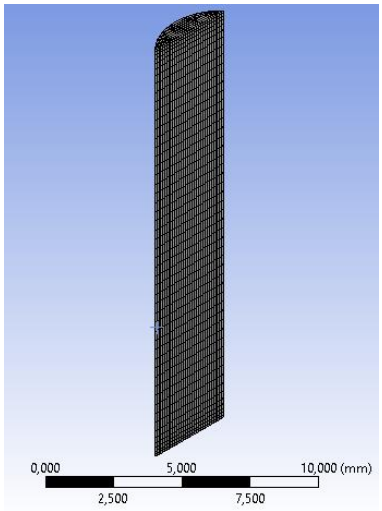
$$v_{rot} = \frac{rpm \cdot 2 \cdot \pi}{60}$$

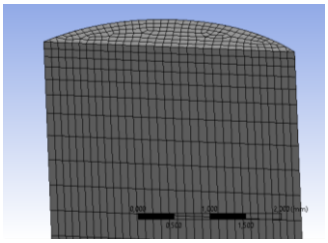
4 Pressió de sortida

La pressió de sortida és la pressió atmosfèrica.

- **Mallat**

En totes les configuracions s'ha aplicat el mateix mallat, ja que així el grau de precisió és igual en tots els estudis i permet fer una comparativa entre ells. A les següents captures de l'Ansys **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** s'observa el mallat realitzat i les seves característiques. Com s'ha comentat a l'inici d'aquest capítol les cares d'entrada (superior) i sortida (inferior) del fluid tenen un mallat més dens.





Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	2 Faces
Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
Element Size	0,1 mm
Behavior	Hard

Sizing	
Use Advanced Size Function	On: Curvature
Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Curvature Normal Angle	Default (18,0 °)
Min Size	Default (9,2728e-003 m...
Max Face Size	0,40 mm
Max Size	Default (1,85460 mm)
Growth Rate	Default (1,20)
Minimum Edge Length	3,53550 mm

Statistics	
Nodes	11076
Elements	9078
Mesh Metric	None

Fig. E-8. Captures d'imatge del mallat emprat en les simulacions amb Ansys.

- **Model viscós.**

Pel que fa al càlcul del model viscós caldrà fer una simplificació ja que el fluid realitza un moviment rectilini a través de les cavitats i alhora un rotatiu al voltant de l'eix. A la Fig. E-9 es mostra un esquema.

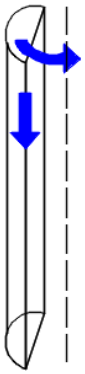


Fig. E-9. Moviments realitzats pel fluid.

S'ha determinat el numero de Reynolds considerant únicament el moviment de rotació ja que aquest genera una velocitat major sobre el fluid. A la Fig. E-10 es veu la vista superior de la zona de mescla, en vermell s'ha dibuixat el cilindre inscrit dins l'eix. El càlcul que es mostra a continuació es representatiu i s'ha realitzat suposant que l'àrea que ocupa el fluid és la que es genera entre els dos cilindres coaxials.

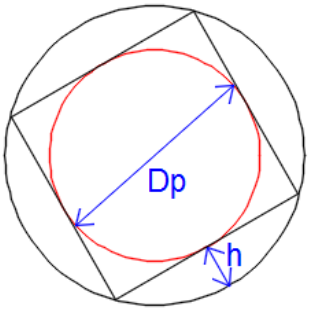


Fig. E-10. Vista superior dels cilindres coaxials.

La geometria de dos eixos coaxials es pot representar de forma "desplegada" com s'ha il·lustrat a la Fig. E-11. Sent la placa inferior fixa i la superior amb una velocitat determinada,

per aquest càlcul s'ha utilitzat v =30mm/s ja que és un valor comú en les impressions en màquines d'ús domèstic.

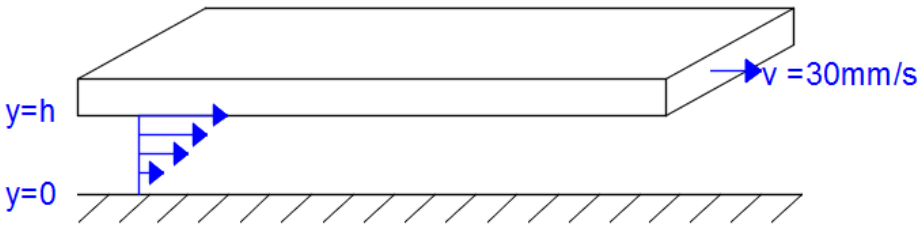


Fig. E-11. Perfil de velocitats del fluid.

En dinàmica de fluids aquest cas és conegut com a flux de Couette o plaques paral·leles i el càlcul del numero de Reynolds es determina a partir de la velocitat mitjana del perfil de velocitats.

D_p = 3,56mm

v = 30mm/s

D_c = 5mm

$\upsilon = 0{,}072\, m^2/s$

$h = 0{,}732 mm$

$$Q = \frac{v \cdot \pi \cdot {D_p}^2}{4}$$

$$\bar{v} = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{v \cdot \pi \cdot {D_p}^2}{4}}{\frac{\pi}{4} \cdot ({D_c}^2 - {D_p}^2)} = 0{,}0308\, m/s = 30{,}8\, mm/s$$

$$Re = \frac{\bar{v} \cdot h}{\upsilon} = \mathbf{3{,}13 \cdot 10^{-4}} < 2100$$

El resultat obtingut es veu que és molt inferior al llindar del règim laminar, això és degut a que el PLA és un fluid molt viscós i que la dimensió característica h és molt petita. Per tan es pot suposar que per la geometria proposada en aquest projecte el règim és laminar. Tot i així, en cas que el règim fos turbulent no implicaria cap problema, al contrari afavoriria a la mescla.

F. Electrònica

Pel control dels motors pas a pas, quatre que empenyen filament de diferents colors i un que acciona l'eix de mescla, és necessari implementar un nou sistema electrònic. A continuació es detallen els passos i muntatges realitzats per arribar a la placa final que es mostra a la memòria.

F.1. Control dels motors

Per començar s'ha realitzat un primer muntatge veure Fig. F-1 que permet el control d'un sol motor. Per fer-ho s'ha utilitzat una placa protoboard, ja que permet realitzar canvis en les connexions de forma molt ràpida. Els components electrònics emprats són:

- Arduino Pro Mini
- Stepper driver A4988 (Pololu)
- Potenciòmetre 100KΩ
- Motor pas a pas bipolar SM42HT47

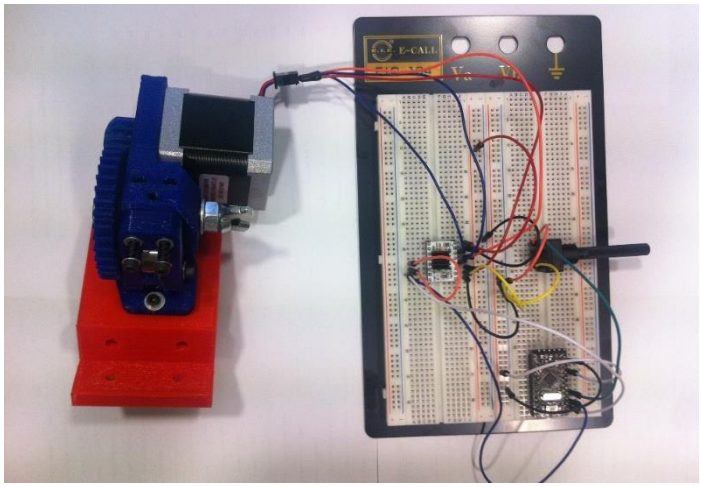


Fig. F-1. Muntatge per l'accionament d'un motor.

Ja que a la imatge anterior no es poden apreciar correctament les connexions, s'ha realitzat el dibuix esquemàtic de la Fig. F-2. El circuit funciona de forma que l'Arduino envia la informació dels passos i direcció al Pololu. Els nombre de passos depenen del valor de la resistència del potenciòmetre. El Pololu està connectat a la mateixa font d'alimentació que alimenta l'Arduino de 5V, però el voltatge del motor s'extreu d'una font d'alimetació de 12V

que el driver processa per tal de moure'l a la velocitat desitjada. Per suavitzar els moviments dels motors s'han connectat tres jumpers que modifiquen el mode de funcionament del driver, que divideix cada pas del motor (1,8º) en 16 parts. Aquestes connexions corresponen als cablejats de color groc.

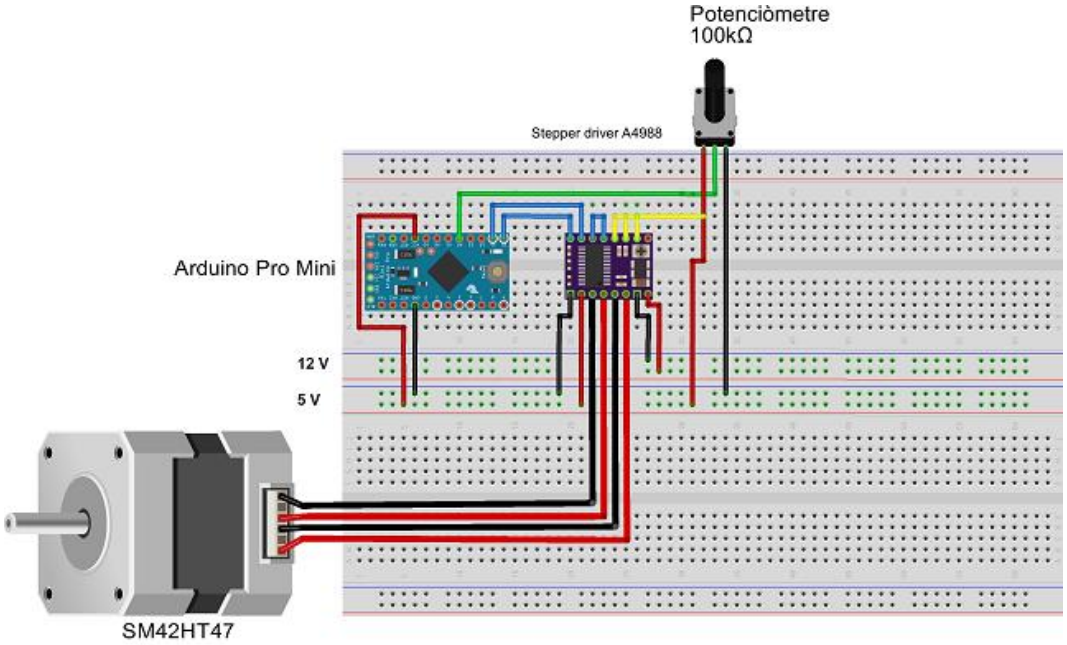


Fig. F-2. Dibuix esquemàtic del circuit per accionar un motor.

A la imatge Fig. F-3 s'hi veu el codi de l'Arduino que s'ha creat per controlar el sistema explicat.

```
const int inPin = A0;
int val = 0;
void setup() {
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  digitalWrite(11, LOW);
  digitalWrite(12, LOW);
}

void loop() {
  val= analogRead(inPin);
  digitalWrite(12, HIGH);
  delay(1024/(1+val));
  digitalWrite(12, LOW);
  delay(1024/(1+val));
}
```

Fig. F-3. Arduino code per el control d'un motor.

Fet el control d'un motor es pot extrapolar el circuit pel control dels 5 motors. Per fer-ho s'utilitzarà un Pololu i un potenciòmetre per a cada un, aconseguint així regular la velocitat d'aquets de forma independent. En principi es pretenia emprar un sol Arduino per controlar tots els motors, però això suposava un problema. La problemàtica sorgiria pel fet que la velocitat s'estableix mitjançant pulsos que tenen un espaiat de temps (ordre de ms) i l'Arduino interpreta el codi línia per línia de forma que aquets espaiats de temps es van acumulant provocant que el canvi de velocitat d'un motor repercuteixi en els altres. Així doncs, s'ha optat per l'ús d'un petit Arduino per a cada motor. Per últim s'ha considerat fer una petita modificació al codi per donar més velocitat als motors. La funció *Delay()* que determina el temps en ms per llegir la següent línia de codi, s'ha substituït pe la funció *Delaymicroseconds()* la qual realitza el mateix però en l'orde de µs. A la Fig. F-4 es veu el codi final que s'ha programat perquè els potenciòmetres abastin tot el rang de treball dels motors.

```
const int inPin = A0;
int val = 0;
void setup() {
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(11, LOW);
}

void loop() {
  val= analogRead(inPin);
  digitalWrite(11, HIGH);
  delayMicroseconds(11776/(val));
  digitalWrite(11, LOW);
  delayMicroseconds(11776/(val));
}
```

Fig. F-4. Arduino code final pel el control dels motors.

Per l'alimentació de 5V de l'Arduino i el Pololu s'ha utilitzat un petit dispositiu extret d'un cotxe de radio control anomenat UBEC. Aquest té la funció de transformar els 12V d'entrada en 5V de sortida amb un màxim de 3A. S'ha optat per aquesta opció i no per un regulador de tensió degut al seu comportament "switching", el qual permet una eficiència molt elevada.

F.2. Disseny i fabricació de la placa

Degut a la quantitat de cables necessaris per realitzar les connexions del circuit de control dels motors, s'ha decidit realitzar una placa. S'ha optat per fabricar-la per insolació, ja que aquest procés permet obtenir plaques amb molt bona qualitat i optimitza molt bé l'àrea de dibuix de les pistes.

Al mercat existeixen varis tipus de plaques PCB, en aquest cas s'ha utilitzat una placa fotosensible positiva a doble cara. A la Fig. F-5 hi ha un esquema de les capes que té cada cara de la placa. La capa fotosensible està formada per un vernís molt sensible a la radiació UV, la seva funció és protegir el coure durant el procés d'atacar.

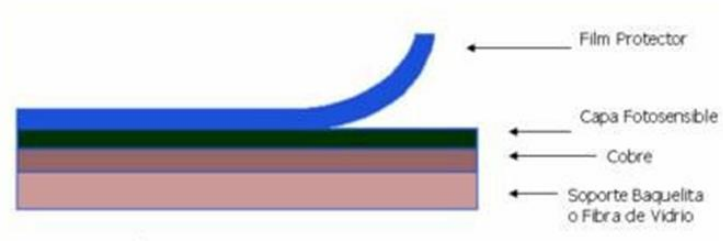


Fig. F-5. Capes que conté una cara d'una placa fotosensibilitzada positiva.[X]

Les plaques positives són aquelles on les parts insolades perdran el vernís en el revelat, per tant, el dibuix de les pistes ha de ser opac per protegir el vernís de la insolació, que en aquest cas es manté en el procés de revelat de la placa.

A continuació es detallen els passos seguits per la fabricació de la placa:

1. **Disseny i impressió dels fotolits**

El disseny de les pistes es va fer utilitzant una àrea de 160mm x 100mm. A fi de facilitar el pas d'electrons per les pistes, es va evitar l'ús d'angles rectes i es va procurar fer el dibuix el més senzill possible. Com s'ha esmentat anteriorment, es realitza un circuit a doble cara, per tant, és molt important que les connexions entre cares (vies) estiguin correctament alineades entre els dissenys de la cara superior i inferior. A la Fig. F-6 es mostren imatges dels dissenys realitzats.

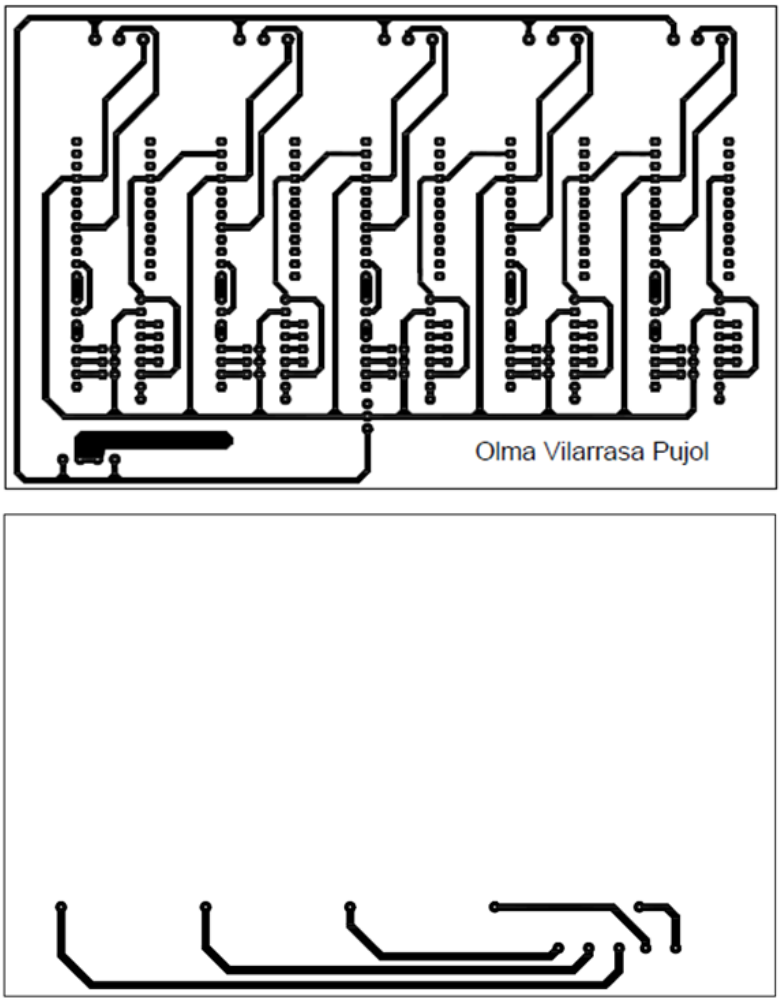


Fig. F-6. Esquema de les pistes, a la imatge de dalt la cara inferior i a la imatge de baix la cara superior.

A partir del disseny de les pistes es realitzen els fotolits. Aquests s'obtenen imprimint els dissenys en fulls de paper d'acetat i en qualitat alta. Per aconseguir la màxima opacitat de les pistes es realitzen dos làmines de cada cara i s'uneixen amb cianocrilat.

Per assegurar el correcte posicionat de les cares durant el procés d'insolació s'han realitzat uns forats simultàniament a les làmines i a la placa. A la Fig. F-7 es veu una fotografia de la realització dels centradors.

Fig. F-7. Centradors per el posicionat dels fotolits.

2. Insolació

Per el procés d'insolació s'ha utilitzat una "insoladora", aquesta es mostra a les fotografies de la Fig. F-8.

Fig. F-8.Fotografies de la part superior i inferior de la insoladora.

Com es veu, aquesta està composta per una caixa de plàstic on a l'interior s'hi allotgen quatre llums de baix consum sense filtre UV. Per homogeneïtzar la radiació la caixa s'ha folrat amb un paper molt reflectant, s'ha fet per l'exterior ja que així la pròpia paret translúcida de la caixa actua com a difusor.

El procés d'insolació s'ha realitzat en una habitació fosca per evitar danyar la placa un cop tret el film protector. S'ha posicionat un fotolit sobre una cara de la placa mitjançant els centradors, seguidament s'ha col·locat la caixa insoladora damunt i s'ha deixat insolar durant 8 minuts. Per finalitzar s'ha repetit el procés amb l'altre cara i l'altre fotolit.

3. Revelat.

El procés de revelat consisteix en eliminar el vernís de les parts que no és necessari, quedant el coure descobert perquè sigui atacat per àcid corrosiu en el següent pas. S'ha dissolt dins una cubeta dos parts d'aigua amb una part de sosa càustica i s'ha submergit la placa en el seu interior. Al poc temps s'han visualitzat les pistes fins a formar el circuit sencer, per ajudar al procés s'ha balancejat la cubeta i s'ha observat com la dissolució s'anava enfosquin a mida que s'eliminava el vernís. Aquest procés va durar aproximadament un minut. Seguidament s'ha va netejat la placa amb aigua abundant, el resultat és el de la Fig. F-9

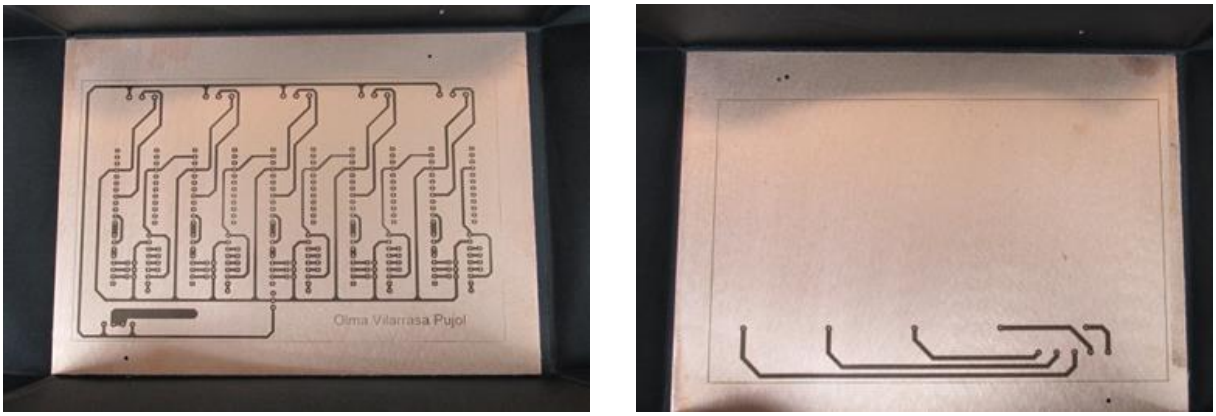


Fig. F-9.Placa després del revelat.

4. Atacat

En el procés d'atacat s'elimina el coure sobrant, és a dir el que ha quedat visible. Per fer-ho s'ha evocat en una cubeta un got d'aigua, un raig d'aigua oxigenada de 100 volums i mig got de salfumant i s'ha deixat actuar. S'ha col·locat una punta de la placa dins la cubeta i s'ha ajustat la dissolució afegint aigua oxigenada fins a la aparició de bombolles i afegint salfumant fins que l'aigua pren un color verd blavós. A continuació s'ha submergit la placa sencera, a la Fig. F-10 es mostra una fotografia de la reacció d'atacat el coure.

Quan s'ha vist que les zones que eren cobertes de coure queden de color transparent s'ha extret la placa de la cubeta i s'ha netejat amb aigua abundant. El resultat obtingut és el de la Fig. F-11.

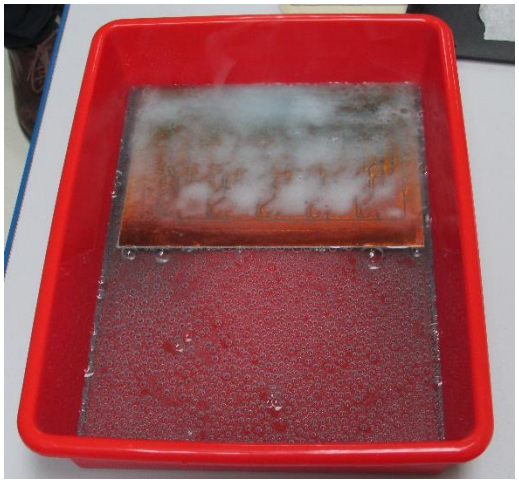


Fig. F-10.Fotografia del procés d'atacat

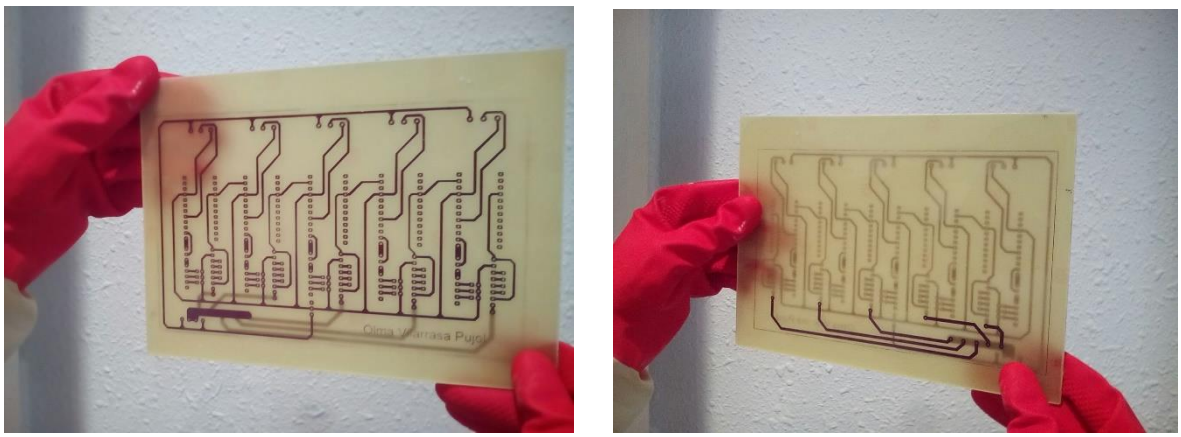


Fig. F-11.Resultat del procés d'atacat.

5. Realització dels forats

Primer s'han llimat les pistes amb un paper de gra fi per deixar el coure descobert. I a continuació s'han realitzat els forats, a la Fig. F-12es veu el resultat.

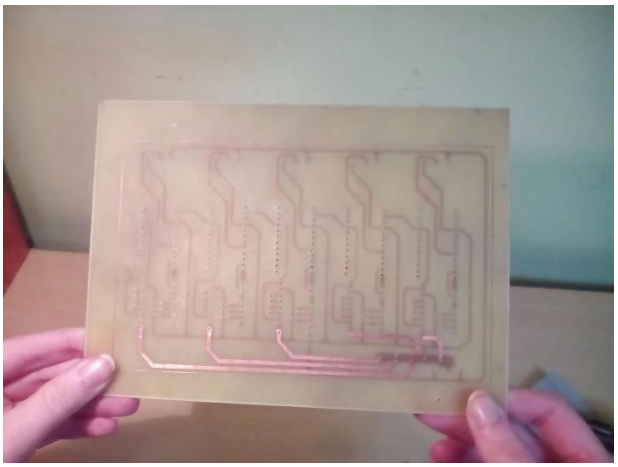
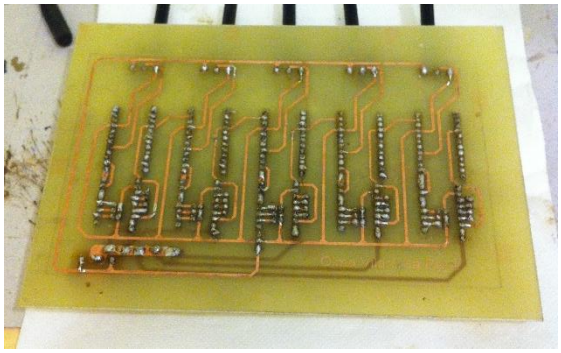


Fig. F-12.Fotografia de la placa amb els forats dels pins ja realitzats.

6. Soldadures dels pins

L'últim pas del procés de fabricació de la placa consisteix en soldar les tires de pins, per posteriorment poder introduir els components. La placa amb les soldadures ja finalitzades es veu a la fotografia de la Fig. F-13.



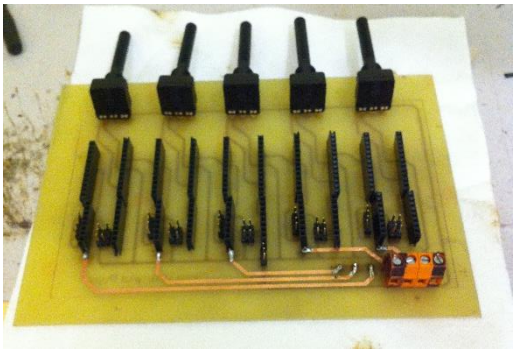


Fig. F-13. A la esquerra vista inferior de la placa i a la dreta vista superior.

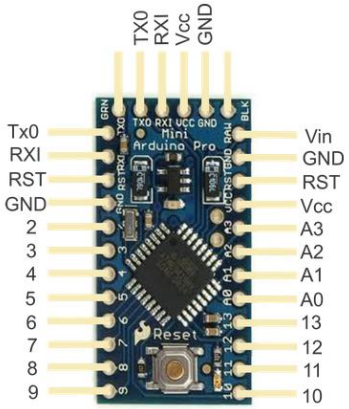
G. Datasheet i característiques tècniques del capçal

G.1. Controladors

G.1.1. Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini DETAILS	
Microcontroller	ATmega168
Operating Voltage	3.3V or 5V
Input Voltage	3.35 -12 V (3.3V model) or 5 - 12 V (5V model)
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (of which 2 KB used by bootloader)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Clock Speed	8 MHz (3.3V model) or 16 MHz (5V model)

Arduino Pro Mini PINOUT	
RAW	For supplying a raw (regulated) voltage to the board
VCC	The regulated 3.3 or 5 volt supply
GND	Ground pins
RX	Used to receive TTL serial data
TX	Used to transmit TTL serial data
2 and 3	Digital I/O pins. These pins can also be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value
3, 5, 6, 9, 10, and 11	Digital I/O pins. They can also be configured to provide 8-bit PWM output
10, 11, 12 and 13	Digital I/O pins. They can also be configured as SPI pins; 10 - (SS), 11 - (MOSI), 12 - (MISO) and 13 - (SCK)
A0 to A3	Analog input pins
A4 and A5.	Analog input pins. They can also be used as IIC pins; A4 - (SDA) and A5 – (SCL).
A6 and A7	Analog input pins
Reset	The microcontroller can be reset by bringing this pin low



G.1.2. Pololu A4988

A4988 *DMOS Microstepping Driver with Translator And Overcurrent Protection*

ELECTRICAL CHARACTERISTICS[1] at T_A = 25°C, V_{BB} = 35 V (unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.[2]	Max.	Units
Output Drivers						
Load Supply Voltage Range	V_{BB}	Operating	8	–	35	V
Logic Supply Voltage Range	V_{DD}	Operating	3.0	–	5.5	V
Output On Resistance	R_{DSON}	Source Driver, I_{OUT} = –1.5 A	–	320	430	mΩ
		Sink Driver, I_{OUT} = 1.5 A	–	320	430	mΩ
Body Diode Forward Voltage	V_F	Source Diode, I_F = –1.5 A	–	–	1.2	V
		Sink Diode, I_F = 1.5 A	–	–	1.2	V
Motor Supply Current	I_{BB}	f_{PWM} < 50 kHz	–	–	4	mA
		Operating, outputs disabled	–	–	2	mA
Logic Supply Current	I_{DD}	f_{PWM} < 50 kHz	–	–	8	mA
		Outputs off	–	–	5	mA
Control Logic						
Logic Input Voltage	$V_{IN(1)}$		V_{DD}×0.7	–	–	V
	$V_{IN(0)}$		–	–	V_{DD}×0.3	V
Logic Input Current	$I_{IN(1)}$	V_{IN} = V_{DD}×0.7	–20	<1.0	20	µA
	$I_{IN(0)}$	V_{IN} = V_{DD}×0.3	–20	<1.0	20	µA
Microstep Select	R_{MS1}	MS1 pin	–	100	–	kΩ
	R_{MS2}	MS2 pin	–	50	–	kΩ
	R_{MS3}	MS3 pin	–	100	–	kΩ
Logic Input Hysteresis	$V_{HYS(IN)}$	As a % of V_{DD}	5	11	19	%
Blank Time	t_{BLANK}		0.7	1	1.3	µs
Fixed Off-Time	t_{OFF}	OSC = VDD or GND	20	30	40	µs
		R_{OSC} = 25 kΩ	23	30	37	µs
Reference Input Voltage Range	V_{REF}		0	–	4	V
Reference Input Current	I_{REF}		–3	0	3	µA
Current Trip-Level Error[3]	err_I	V_{REF} = 2 V, $\%I_{tripMAX}$ = 38.27%	–	–	±15	%
		V_{REF} = 2 V, $\%I_{tripMAX}$ = 70.71%	–	–	±5	%
		V_{REF} = 2 V, $\%I_{tripMAX}$ = 100.00%	–	–	±5	%
Crossover Dead Time	t_{DT}		100	475	800	ns
Protection						
Overcurrent Protection Threshold[4]	I_{OCPST}		2.1	–	–	A
Thermal Shutdown Temperature	T_{TSD}		–	165	–	°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T_{TSDHYS}		–	15	–	°C
VDD Undervoltage Lockout	V_{DDUVLO}	V_{DD} rising	2.7	2.8	2.9	V
VDD Undervoltage Hysteresis	$V_{DDUVLOHYS}$		–	90	–	mV

[1]For input and output current specifications, negative current is defined as coming out of (sourcing) the specified device pin.
[2]Typical data are for initial design estimations only, and assume optimum manufacturing and application conditions. Performance may vary for individual units, within the specified maximum and minimum limits.
[3]V_{ERR} = [(V_{REF}/8) – V_{SENSE}] / (V_{REF}/8).
[4]Overcurrent protection (OCP) is tested at T_A = 25°C in a restricted range and guaranteed by characterization.

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Test Conditions*	Value	Units
Package Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Four-layer PCB, based on JEDEC standard	32	°C/W

*Additional thermal information available on Allegro Web site.

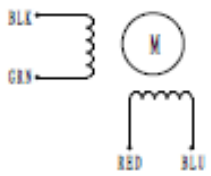
G.2. Motors

G.2.1. NEMA 17

HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

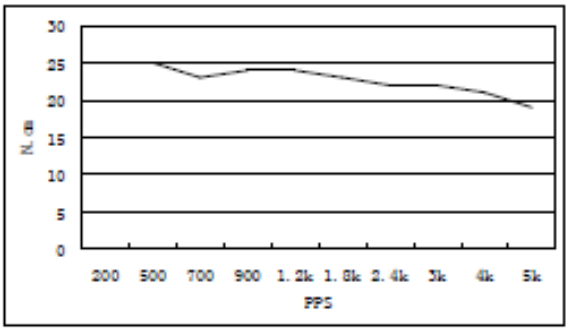
General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	2.8
Temperature Rise (℃)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	1.5
Ambient Temperature (℃)	-20~+50	Resistance Per Phase (±10% Ω)	2.8(25℃)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase (±20% mH)	4.8
Insulation Resistance (MΩ)	100 Min (500VDC)	Holding Torque (N.cm)	55
Insulation Class	Class B	Detent Torque (N.cm)	2
Max.radial force (N)	28 (20mm from the flange)	Rotor Torque (N.cm²)	68
Max.axial force (N)	10		

● Wiring Diagram :



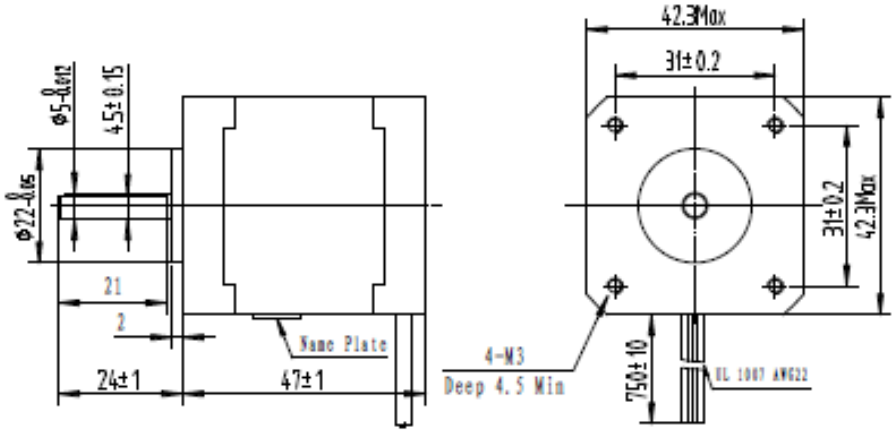
● Pull out torque curve :

VOLTAGE: 30VAC, CONSTANT CURRENT: 1.5A, HALF STEP



●

Dimensions:
(unit=mm)



REV	REVISIONS	DESCRIPTION	BY	DATE	SY42STH47-1504A	TECHNICAL CONDITIONS
DRAW					CHANGZHOU SONGYANG MACHINERY & ELECTRONICS NEW TECHNIC INSTITUTE	060047067
CHECK						
APPROVE						

G.3. Ventiladors

G.3.1. Ventilador MC25101-V1-000U-A99

SUNON.

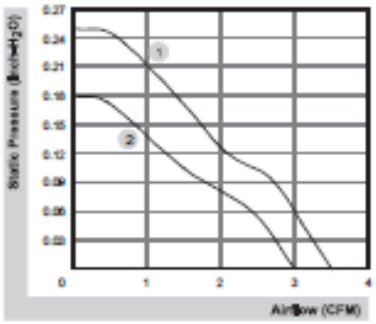
25x25x10 mm

3.0~3.5 CFM

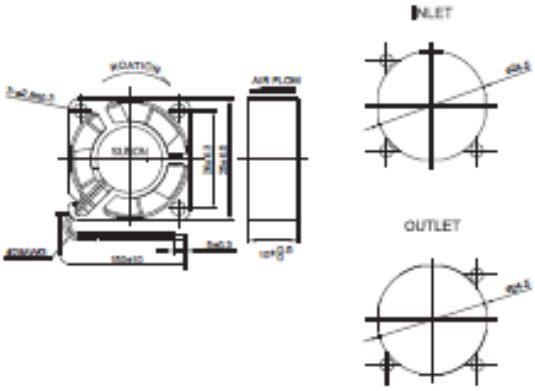
■ Specifications

	Bearing	Rating Voltage	Power Current	Power Consumption	Speed	Air Flow	Static Pressure	Noise	Weight	Curve
	◆ VAPO	(VDC)	(mA)	(WATTS)	(RPM)	(CFM)	(inch-H_2O)	(dB(A))	(g)	
MC25100V1-000U-A99	◆	5	120	0.60	13000	3.5	0.25	23.0	7.5	1
MC25100V2-000U-A99	◆	5	85	0.43	10000	3.0	0.18	18.0	7.5	2
MC25101V1-000U-A99	◆	12	57	0.69	13000	3.5	0.25	23.0	7.5	1
MC25101V2-000U-A99	◆	12	37	0.45	10000	3.0	0.18	18.0	7.5	2

■ Air Flow-Static Pressure Characteristics

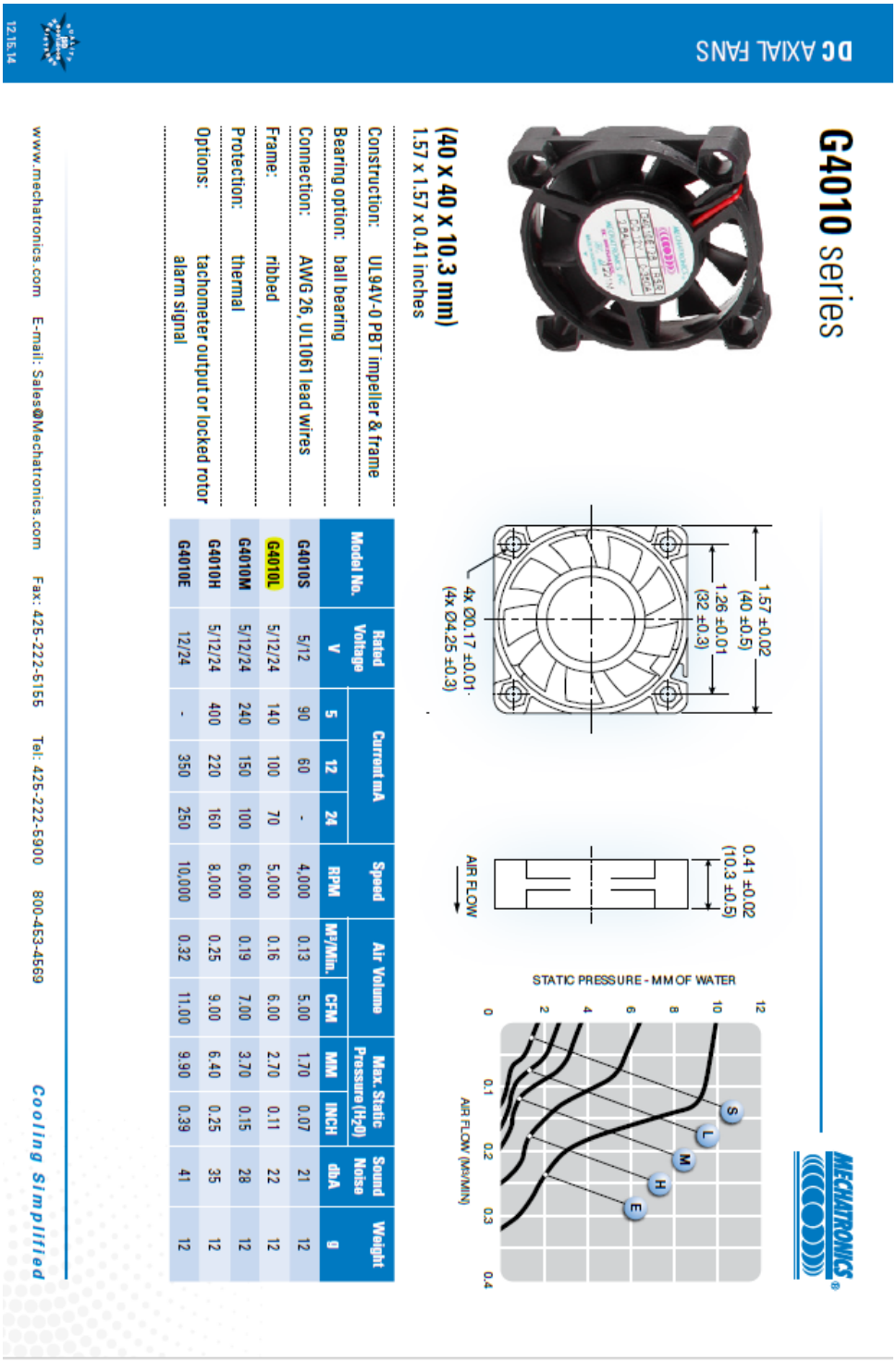


■ External dimensions(mm)



*All model could be customized. Please contact with Sunon Sales.
*Specifications are subject to change without notice. Please Visit SUNON website at www.sunon.com for update information.

G.3.2. Ventilador G4010L12



DC AXIAL FANS

MECHATRONICS®

G4010 series

(40 x 40 x 10.3 mm)

1.57 x 1.57 x 0.41 inches

Construction: UL94V-0 PBT impeller & frame
Bearing option: ball bearing
Connection: AWG 26, UL1061 lead wires
Frame: ribbed
Protection: thermal
Options: tachometer output or locked rotor alarm signal

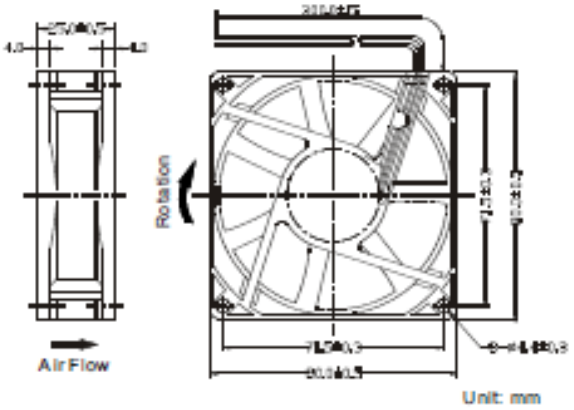
Model No.	Rated Voltage	Current mA			Speed	Air Volume		Max. Static Pressure (H_2O)		Sound Noise	Weight
	V	5	12	24	RPM	M³/Min.	CFM	MM	INCH	dbA	g
G4010S	5/12	90	60	-	4,000	0.13	5.00	1.70	0.07	21	12
G4010L	5/12/24	140	100	70	5,000	0.16	6.00	2.70	0.11	22	12
G4010M	5/12/24	240	150	100	6,000	0.19	7.00	3.70	0.15	28	12
G4010H	5/12/24	400	220	160	8,000	0.25	9.00	6.40	0.25	35	12
G4010E	12/24	-	350	250	10,000	0.32	11.00	9.90	0.39	41	12

www.mechatronics.com E-mail: Sales@Mechatronics.com Fax: 425-222-5155 Tel: 425-222-5900 800-453-4569 Cooling Simplified

12.15.14

G.3.3. Ventilador RDM8025-S

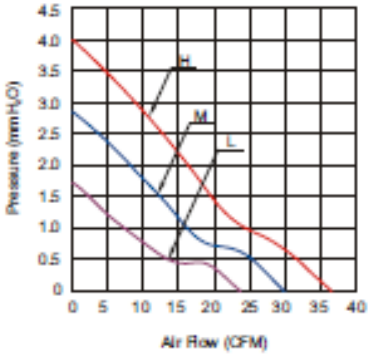
80x80x25mm (H Housing)



General Specification:
- Frame and Impeller : Thermal Plastic , UL 94V-0
- Lead Wires : UL Type
  (+) : Red (-) : Black
- Operation Temperature : -10℃~70℃、35%~85%RH
- Storage Temperature : -40℃~80℃、35%~85%RH

Motor Protection:
- Impedance Protected
- Reverse Polarity Protected
- Automatic Restart.

Performance Curves



Listed Model	Bearing System	Rated Voltage	Operation Voltage	Rated Current	Rated Speed	Air Flow	Static Pressure	Noise Level	Available Features (Optional)				Weight
		VDC	VDC	A	RPM	CFM	mmH2O	dBA	Tachometer Output	Rotation Detector	Thermal Control	Pulse Width Modulation	g
RDH8025S5	Sleeve	5	3.5~5.75	0.40	3,000	35.7	3.8	33	•	•			73
RDM8025S5			3.5~5.75	0.28	2,500	29.5	2.8	29	•	•			
RDL8025S5			3.5~5.75	0.22	2,000	23.5	1.7	24	•	•			
RDH8025B5	Ball		3.5~5.75	0.40	3,000	35.7	3.8	33	•	•			
RDM8025B5			3.5~5.75	0.28	2,500	29.5	2.8	29	•	•			
RDL8025B5			3.5~5.75	0.22	2,000	23.5	1.7	24	•	•			
RDH8025S	Sleeve	12	6.0~13.8	0.17	3,000	35.7	3.8	33	•	•	•	•	
RDM8025S			6.0~13.8	0.11	2,500	29.5	2.8	29	•	•	•	•	
RDL8025S			6.0~13.8	0.08	2,000	23.5	1.7	24	•	•	•	•	
RDH8025B	Ball		6.0~13.8	0.17	3,000	35.7	3.8	33	•	•	•	•	
RDM8025B			6.0~13.8	0.11	2,500	29.5	2.8	29	•	•	•	•	
RDL8025B			6.0~13.8	0.08	2,000	23.5	1.7	24	•	•	•	•	
RDH8025S2	Sleeve	24	12.0~27.6	0.15	3,000	35.7	3.8	33	•	•			
RDM8025S2			12.0~27.6	0.12	2,500	29.5	2.8	29	•	•			
RDL8025S2			12.0~27.6	0.09	2,000	23.5	1.7	24	•	•			
RDH8025B2	Ball		12.0~27.6	0.15	3,000	35.7	3.8	33	•	•			
RDM8025B2			12.0~27.6	0.12	2,500	29.5	2.8	29	•	•			
RDL8025B2			12.0~27.6	0.09	2,000	23.5	1.7	24	•	•			

Notes: ○All readings are typical values at rated voltage.
○Specifications subjected to change without notice.

G.4. Altres

G.4.1. Transistor NPN BUV48A

MOSPEC

SWITCHMODE SERIES NPN POWER TRANSISTORS

... designed for use in high-voltage,high-speed,power switching regulators,converters,inverters,motor control system application.

NPN
BUV48
BUV48A

15 AMPERE
POWER
TRANSISTORS
400 - 450 VOLTS
150 WATTS

FEATURES:

*Collector-Emitter Sustaining Voltage-
$V_{CEO(SUS)}$ = 400 V (Min) --BUV48
=450 V (Min) --BUV48A

* Collector-Emitter Saturation Voltage -
$V_{CE(sat)}$ =1.5 V (Max.) @ I_C = 10 A--BUV48
I_C = 8 A--BUV48A

* Switching Time - t_f =0.8 us (Max.) @ I_C =10 A --BUV48
I_C = 8 A--BUV48A

TO-247(3P)

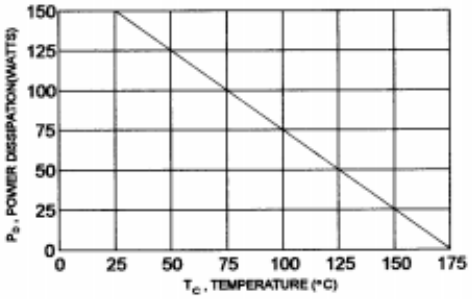
MAXIMUM RATINGS

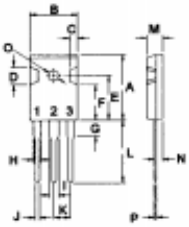
Characteristic	Symbol	BUV48	BUV48A	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	400	450	V
Collector-Emitter Voltage (V_{BE}=-2.5V)	V_{CEX}	850	1000	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	7		V
Collector Current - Continuous - Peak	I_C I_{CM}	15 30		A
Base current	I_B	4		A
Total Power Dissipation @T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	150 1.0		W W/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J ,T_{STG}	-65 to +175		°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance Junction to Case	Rθjc	1.0	°C/W

FIGURE -1 POWER DERATING





PIN 1.BASE
2.COLLECTOR
3.EMITTER

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	20.63	22.38
B	15.38	16.20
C	1.90	2.70
D	5.10	6.10
E	14.81	15.22
F	11.72	12.84
G	4.20	4.50
H	1.82	2.46
I	2.92	3.23
J	0.89	1.53
K	5.26	5.66
L	18.50	21.50
M	4.68	5.36
N	2.40	2.80
O	3.25	3.65
P	0.55	0.70

BUV48, BUV48A NPN

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector - Emitter Sustaining Voltage (1) (I_C = 200 mA, I_B = 0, L= 25 mH)	BUV48 BUV48A	$V_{CEO(SUS)}$	400 450		V
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = V_{CEX}$, V_{BE}= -2.5V) ($V_{CE} = V_{CEX}$, V_{BE}= -2.5V ,T_C=125 °C)		I_{CEX}		0.2 2.0	mA
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = V_{CEX}$, R_{BE}< 10 ohm) ($V_{CE} = V_{CEX}$, R_{BE}< 10 ohm ,T_C=125 °C)		I_{CER}		0.5 4.0	mA
Emitter Cutoff Current (V_{EB}= 5.0 V , I_C = 0)		I_{EBO}		1.0	mA
ON CHARACTERISTICS (1)					
Collector - Emitter Saturation Voltage (I_C =10 A, I_B = 2.0 A) (I_C =8.0 A, I_B = 1.6 A) (I_C =15 A, I_B = 3.0 A) (I_C =12 A, I_B = 2.4 A)	BUV48 BUV48A BUV48 BUV48A	$V_{CE(sat)}$		1.5 1.5 5.0 5.0	V
Base - Emitter Saturation Voltage (I_C =10 A, I_B = 2.0 A) (I_C =8.0 A, I_B = 1.6 A)	BUV48 BUV48A	$V_{BE(sat)}$		1.6 1.6	V

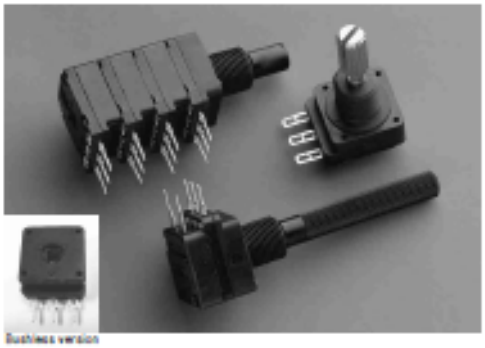
SWITCHING CHARACTERISTICS

Turn On Time	I_C= 10A, I_{B1}= 2.0A, I_{B2}= -2.0A BUV48 V_{CC}= 150V I_C= 8 A, I_{B1}= 1.6A, I_{B2}= -1.6A BUV48A	t_{on}		1.0	us
Storage Time		t_s		3.0	us
Fall Time		t_f		0.8	us

(1) Pulse Test: Pulse width = 300, us , Duty Cycle ≤ 2.0%

G.4.2. Potenciòmetre 100 KΩ

PIHER



Bushless version

PC-16 16 mm Carbon Potentiometer

FEATURES

- Carbon resistive element
- Dust proof enclosure
- Polyester substrate
- Modular gang type (up to 4)
- Self extinguishable material UL 94-V0
- Upon request:
  - Metallic support
  - Stereo matching
  - Switch
  - Nut & washer
  - Bushless option available

MECHANICAL SPECIFICATIONS

– Mechanical rotation angle:	300° ± 5°
– Electrical rotation angle:	280° ± 20°
– Torque:	0.5 to 1.5 Ncm. (0.7 to 2.1 in-oz)
– Stop torque:	> 40 Ncm. (>56 in-oz)
– Max. torque nut (binding out):	< 80 Ncm. (112 in-oz)
– Thrust and pull in the shaft:	> 25 N

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

- Range of values (*)
  100Ω ≤ Rn ≤ 5 M (Decad. 1.0 – 2.0 – 2.2 – 2.5 – 4.7 – 5.0)
- Tolerance (*): 100Ω ≤ Rn ≤ 1M Ω ..... ± 20%
  1MΩ < Rn ≤ 5M Ω ..... ± 30%
- Max. Voltage: 250 VDC (lin) 125 VDC (no lin)
- Nominal Power 50°C (122°F) (see power rating curve)
  0.2 W (lin) 0.1 W (no lin)
- Taper (*) (Log. & Alog. only Rn > 1K) Lin ; Log; Alog.
- Residual resistance: ≤ 0.1% Rn (2 Ω min.)
- Equivalent Noise Resistance: ≤ 3% Rn (3 Ω min.)
- Operating temperature(**): –25°C + 70°C (–13°F + 158°F)

* Others upon request ** Up to 85°C depending on application

HOW TO ORDER

STANDARD | OPTIONAL EXTRAS

PC-16 | D | H | 10 | I | M08 | 203 | A | 2020 | 0 | | | | |

- **Serie**: PC-16
- **Mounting style**: H= Horizontal; V = Vertical (See note 1)
- **Terminals**: I = PCB; C = Solder Lugs
- **Value**: 101 = 100Ω; 203 = 20 K; 504 = 500 K; 505 = 5M (See note 4)
- **Tolerance**: 2020 = +/- 20%; 3030 = +/- 30% (See note 5)
- **Mounting brackets**: M1; M2 (See note 7)
- **Switch**: I = PCB; C = Solder lugs (See note 9)
- **Model**: S =Single; D =Tandem; T =Triple; C =Quad.
- **Bushing diameter**: 07 = M7; 10 = M10; SC = Bushless (See note 2)
- **Shafts**: M04, M05, M07, M11, M17, P01, P22, — (See note 3)
- **Taper**: A = Linear; B = Log.; C = Alog. (See note 10) Others tapers on request
- **Shafts spec. leng.**: XX.X (See notes 6,9)
- **Stereo matching**: 3D = 3dB; 4D = 4dB; 6D = 6dB (See note 8)
- **Nuts & Washers**: -TA = loose nut & washer; MTA=assembled nut & washer; -T- = loose nut; MT- = assembled nut (See note 9)

NOTES:

(1) Mounting style: Type "V" is only available in model "S" potentiometer and with printed circuit terminals.
(2) Bushings: Type "10" has two parallel flat surfaces for avoiding rotation. Bushless option only available for single model.
(3) M07 shaft is only available with M10 bushing. — = no shaft
(4) Value: + Code: 10 1 100 Ω
→ Number of zeros
→ 2 first digits of the value.
+ In models "D", "T", "C", with different values, they will be asked by drawings.
(5) Tolerance (non standard), upon request. Example: +7% -5% Code: 07 05
→ negative tolerance
→ positive tolerance
(6) Shaft special length:
+ Only for special length and plain shafts (not knurled). Example: Shaft Ø6.35 L= 24.5 M07 ..... 24.5
+ NOTE: Maximun length recommended: L = 45
→ special length shafts
(7) Mounting brackets: Only applicable for model "S", mounting "H" and without switch.
(8) Stereo matching: not available for single models. Maximun will be: +3dB for model "D" +4dB for model "T" +6dB for model "C"
(9) Not available for Bushless version.
(10) Switch option not available with antilog taper.

NOTE: The information contained here should be used for reference purposes only.

QS 9000 ISO 14001

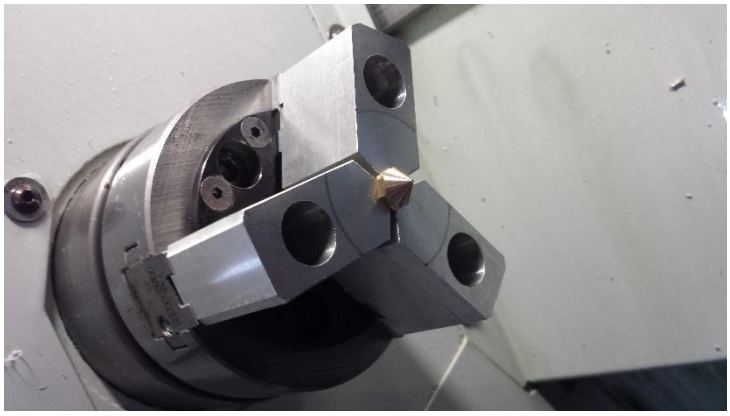
MEGGITT

ETSEIB

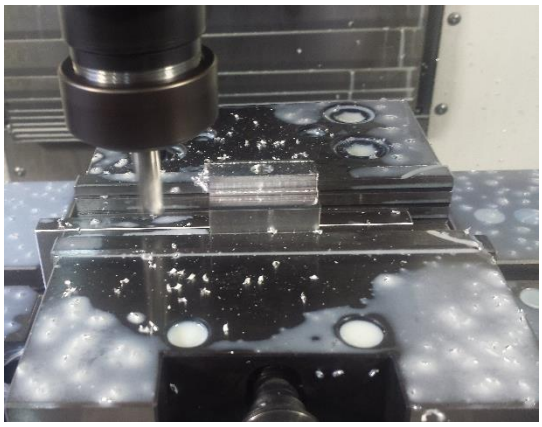
H. Imatges

En aquest apartat es mostren fotografies que s'han realitzat al llarg del projecte.

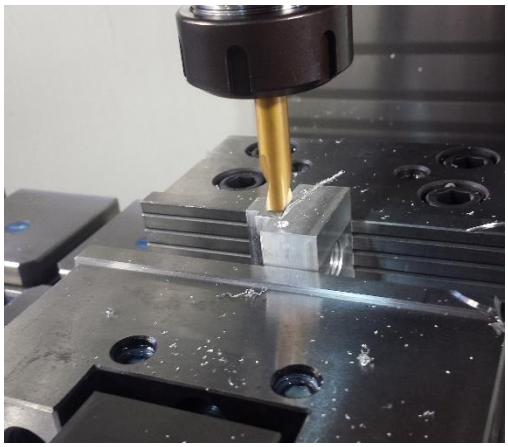
H.1. Procés de fabricació

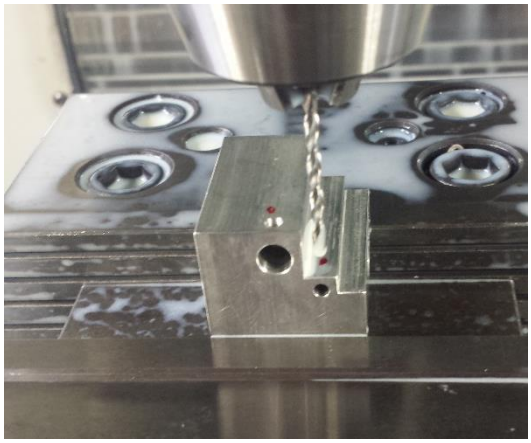


Fabricació del broquet extrusor.

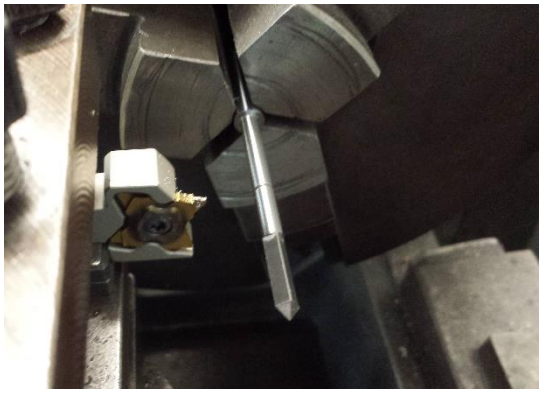


Imatges d'algunes operacions de fresat durant la fabricació de la cambra.





Imatges d'algunes operacions de taladrat durant la fabricació de la cambra.

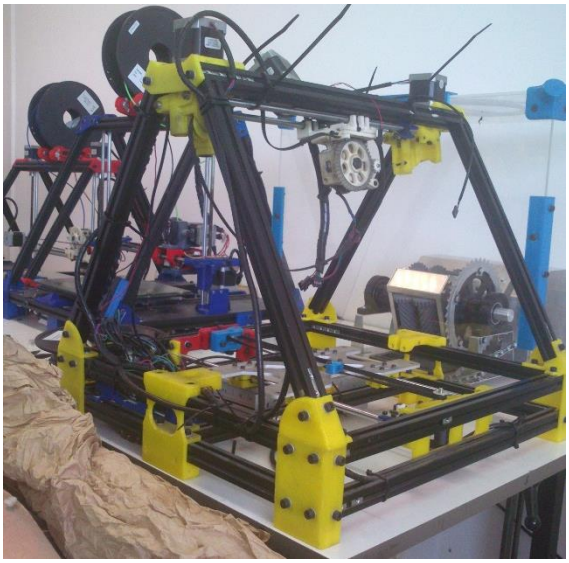


Fabricació de l'eix barrejador.

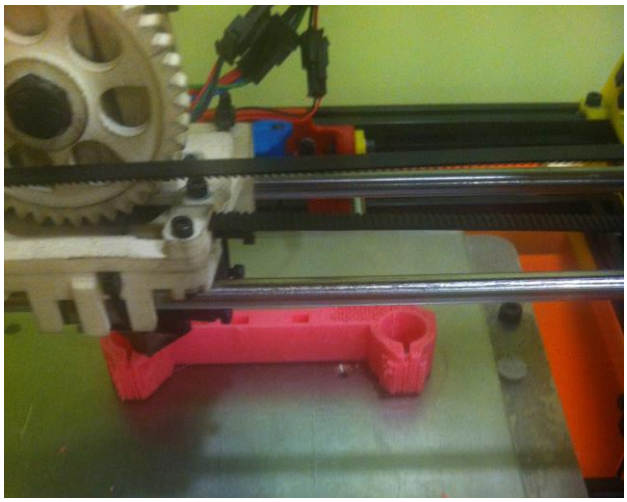
Fabricació de la tapa de la cambra.

Muntatge de l'estructura del capçal.

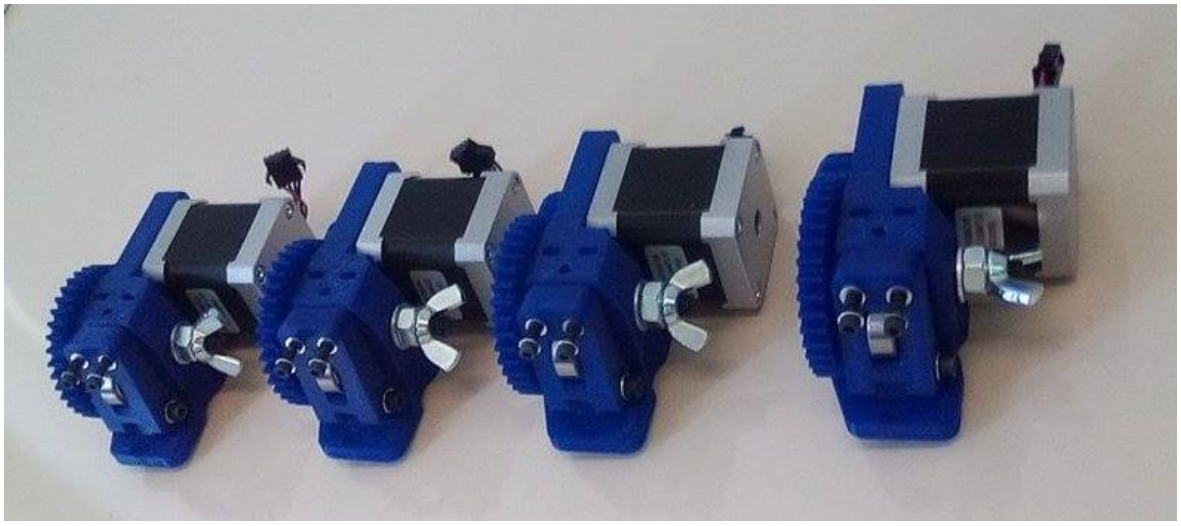
H.2. Adaptació de la màquina i prototip



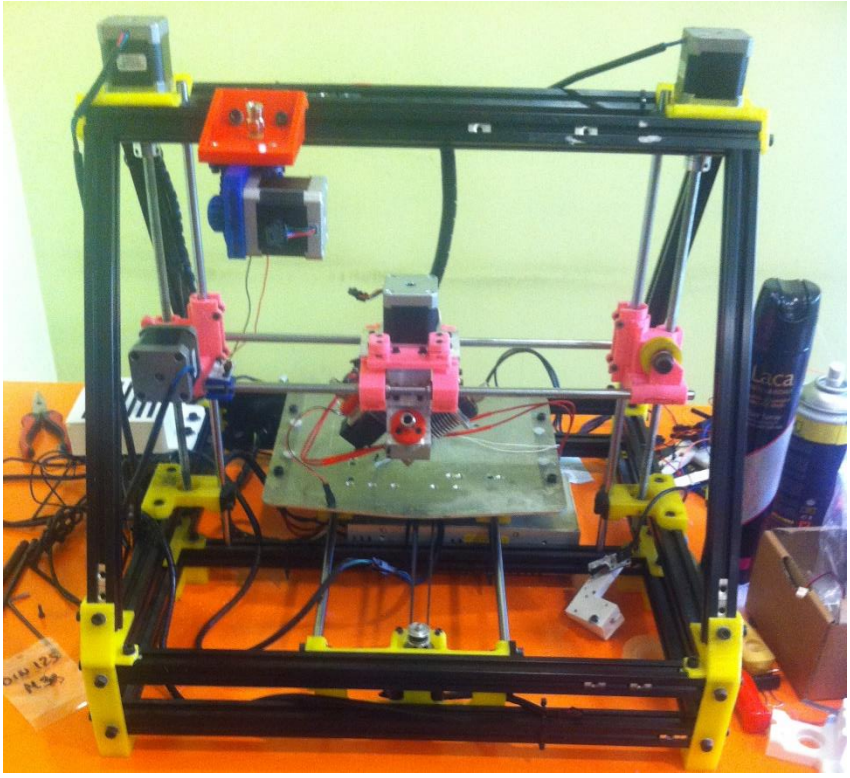
Impressora BCN 3D inicial.



Impressió del carro



Muntatge del mecanisme extrusor.

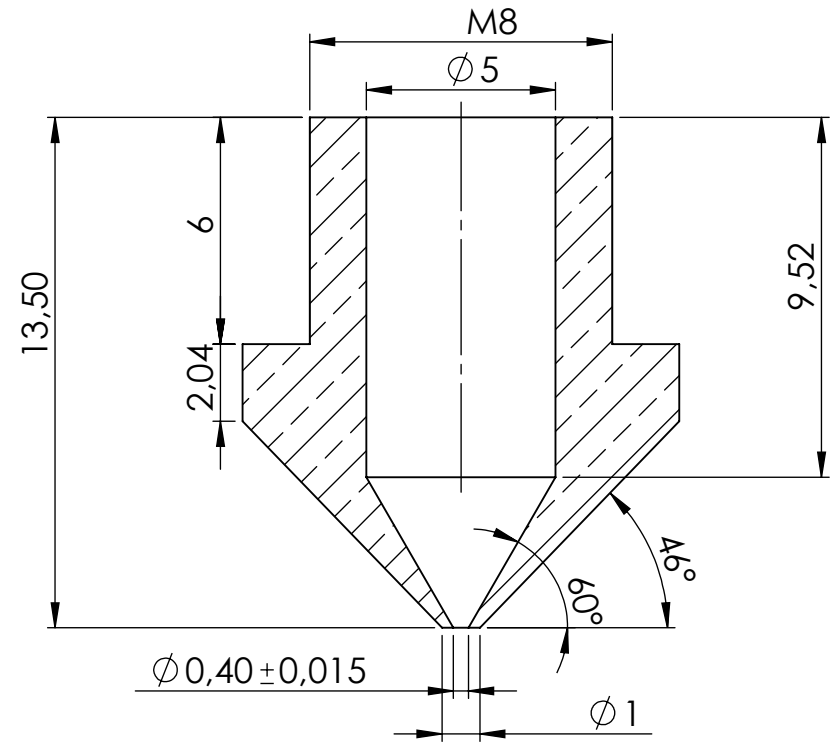


Muntatge de les guies i el carro.

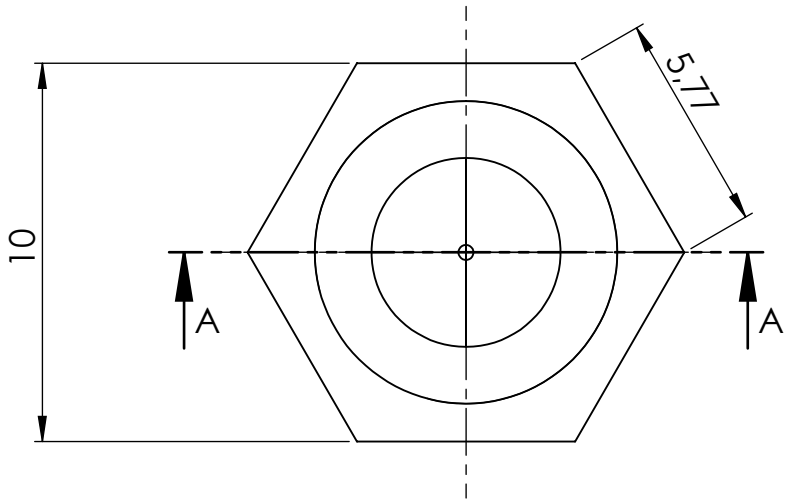
I. Plànols

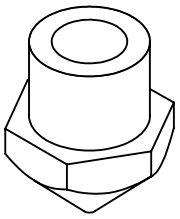
Peces mecanitzades		Peces impreses	
1	Broquet extrusor	10	Barret Bowden
2	Cambra de mescla	11	Carro
3	Coixinet de fricció	12	Guia carro X
4	Eix	13	Guia carro X motor
5	Modificació dissipadors	14	Suport corretja
6	Subjecció placa 1	15	Suport motor Bowden
7	Subjecció placa 2	16	Tensor corretja
8	Subjecció placa 3		
9	Tapa cambra		

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM



SECCIÓN A-A



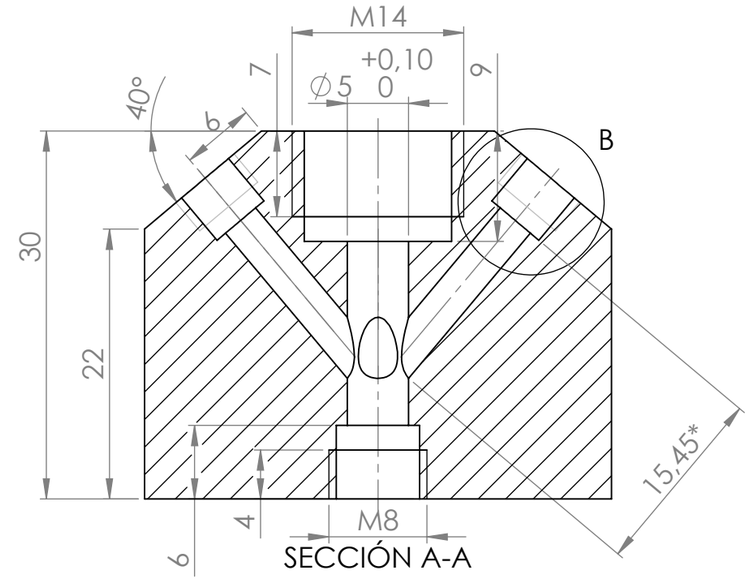


1	Llautó	∅ 10 x 13,5			
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment	

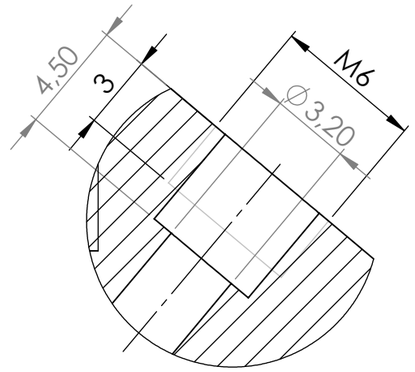
Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 28/4/15	Data d'impressió

	Referència		**Projecte:** Treball final de grau
			Mòdul:
			Conjunt:
Escala 5:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Nozzle-0,4
Hoja / Total 1/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Tolerències** ☐ **Caixetí**		

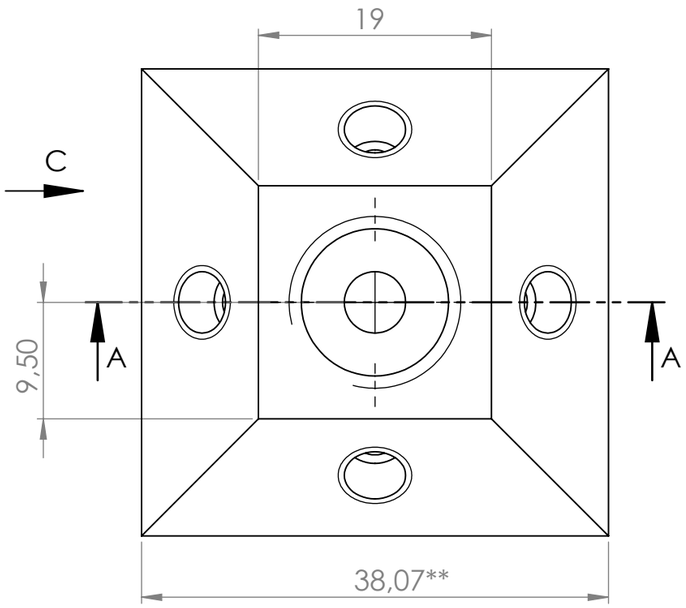
FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

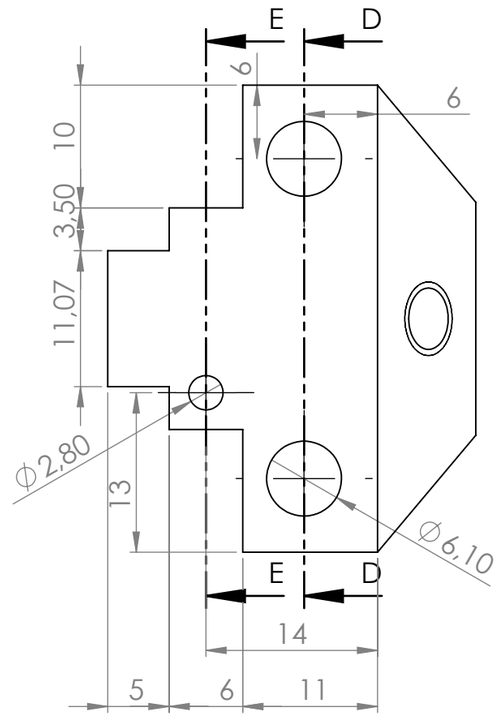


SECCIÓN A-A

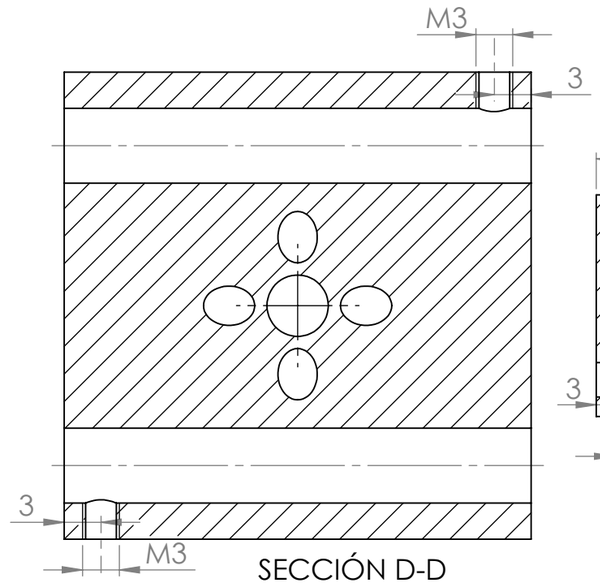


DETALLE B
ESCALA 4 : 1

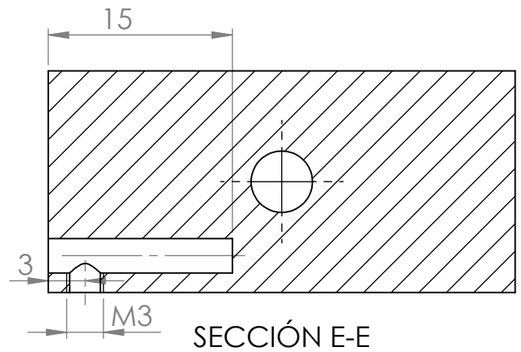




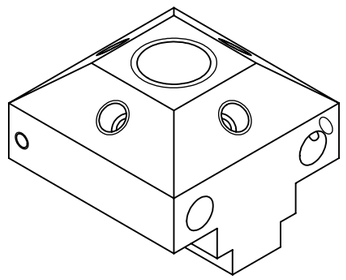
VISTA C



SECCIÓN D-D



SECCIÓN E-E

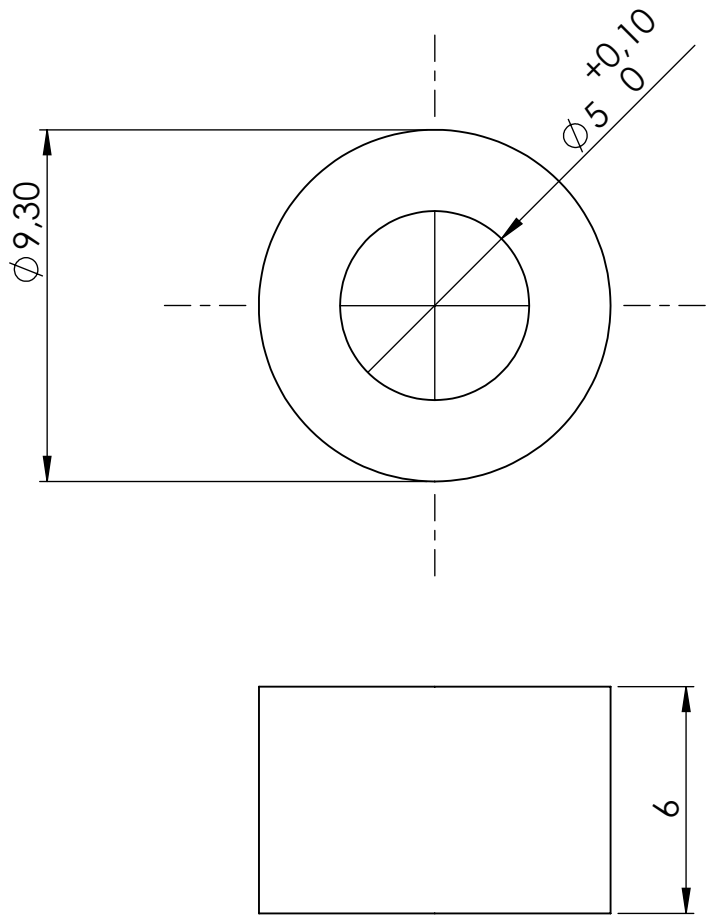


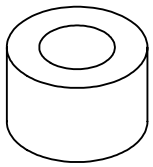
* Ajustar al màxim aquest valor a fi de fer una unió neta dels forats inclinats
**No cal precisió a la centèssima

1	Al-5083	38x38x30		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 20/05/15	Data d'impressió
	Referència		**Projecte:** Treball final de grau	
			Mòdul:	
			Conjunt:	
Escala 2:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Cambra	
Hoja / Total 2/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A3	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Tolerències**	☐ **Caixetí**

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM





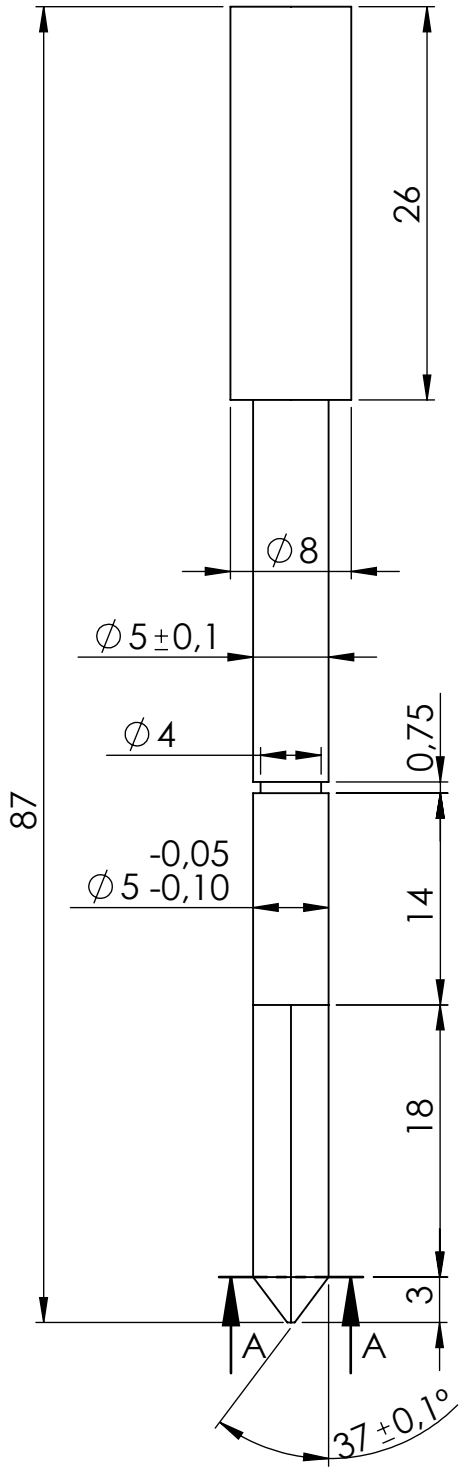
1	Al-5083	∅ 9,3 x 6		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

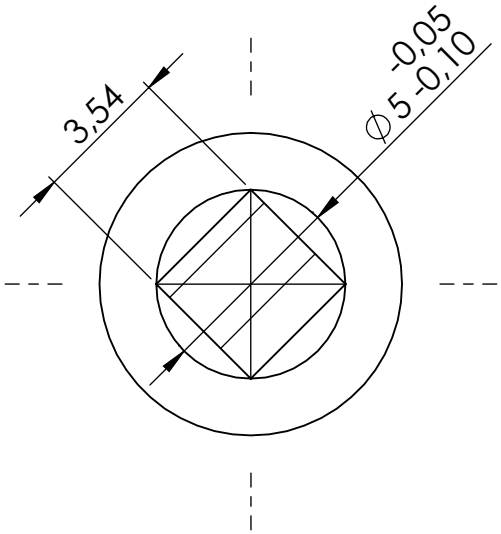
Toleràncies dimensionals generals segons DIN 7168-M	Toleràncies geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 20/5/15	Data d'impressió

Referència		**Projecte:** Treball final de grau	
		Mòdul:	
		Conjunt:	
Escala 5:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Coixinet fricció
Hoja / Total 3/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Toleràncies** ☐ **Caixetí**		

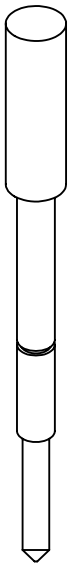
FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM





SECCIÓN A-A
ESCALA 5 : 1



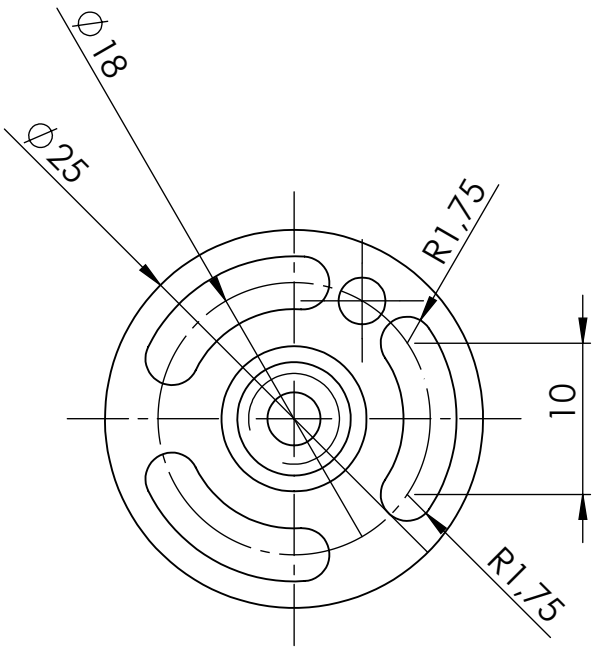
1	Acer inox.	∅ 5 x 87		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

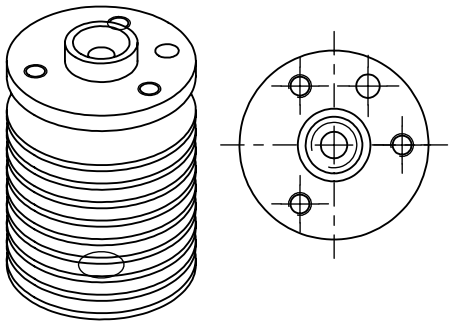
Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 11/5/15	Data d'impressió

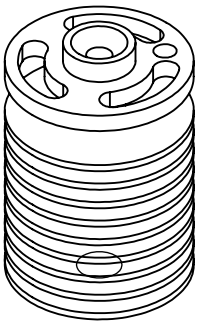
Referència		**Projecte:** Treball final de grau	
		Mòdul:	
		Conjunt:	
Escala 2:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Eix
Hoja / Total 4/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Tolerències** ☐ **Caixetí**

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM







A partir de la peça mecanitzada

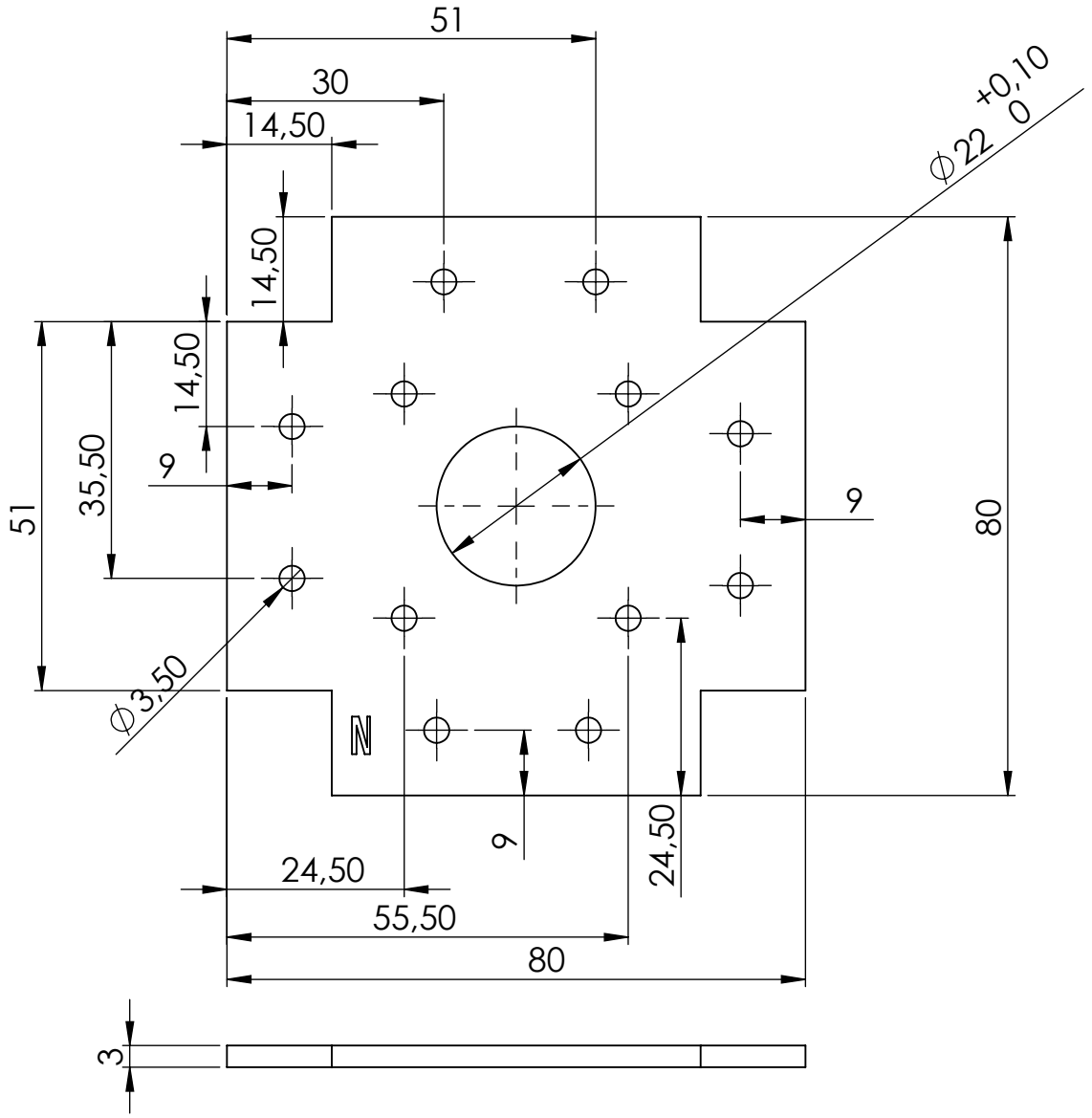
4	Al-5083	∅ 25 x 36		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

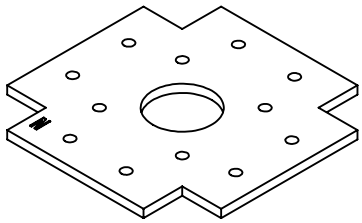
Tolerànciesdimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerànciesgeomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 11/5/15	Data d'impressió

Referència		**Projecte:** Treball final de grau	
		Mòdul:	
		Conjunt:	
Escala 2:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Modificació dissipadors
Hoja / Total 5/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Toleràncies** ☐ **Caixetí**

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM





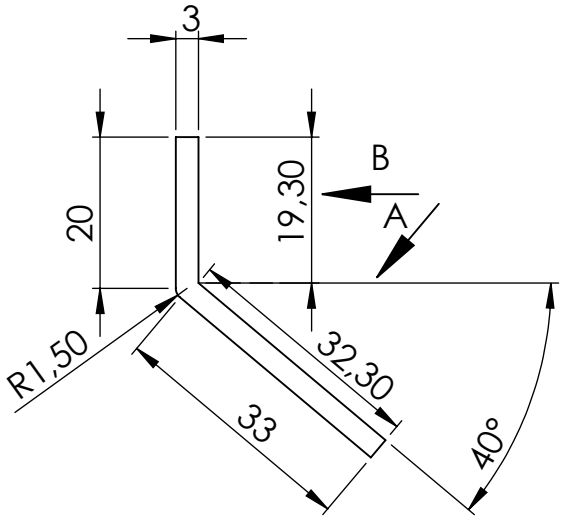
1	Al-5083	80x80x3		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

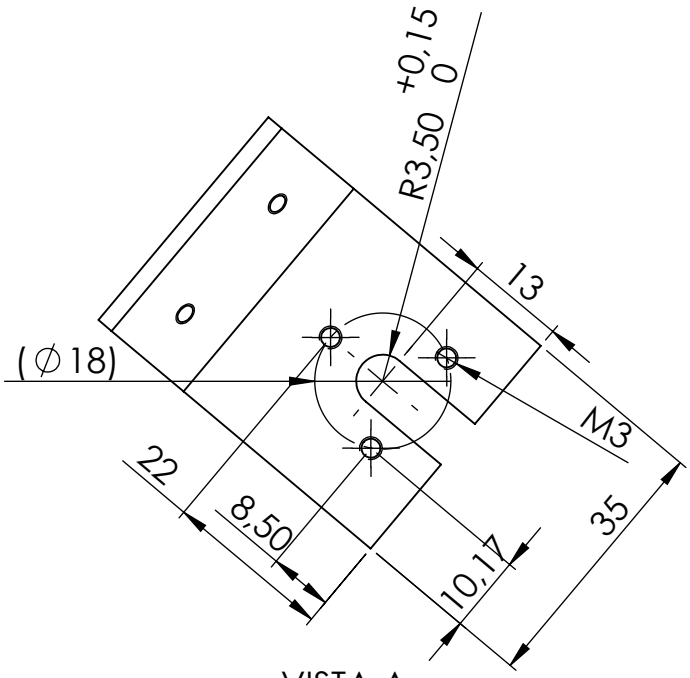
Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 11/5/15	Data d'impressió

	Referència		**Projecte:** Treball final de grau
			Mòdul:
			Conjunt:
Escala 1:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Subjecció placa 1
Hoja / Total 6/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Tolerències** ☐ **Caixetí**

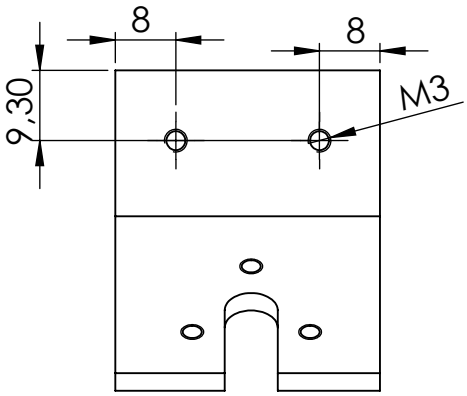
FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM

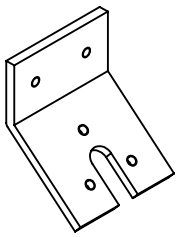




VISTA A



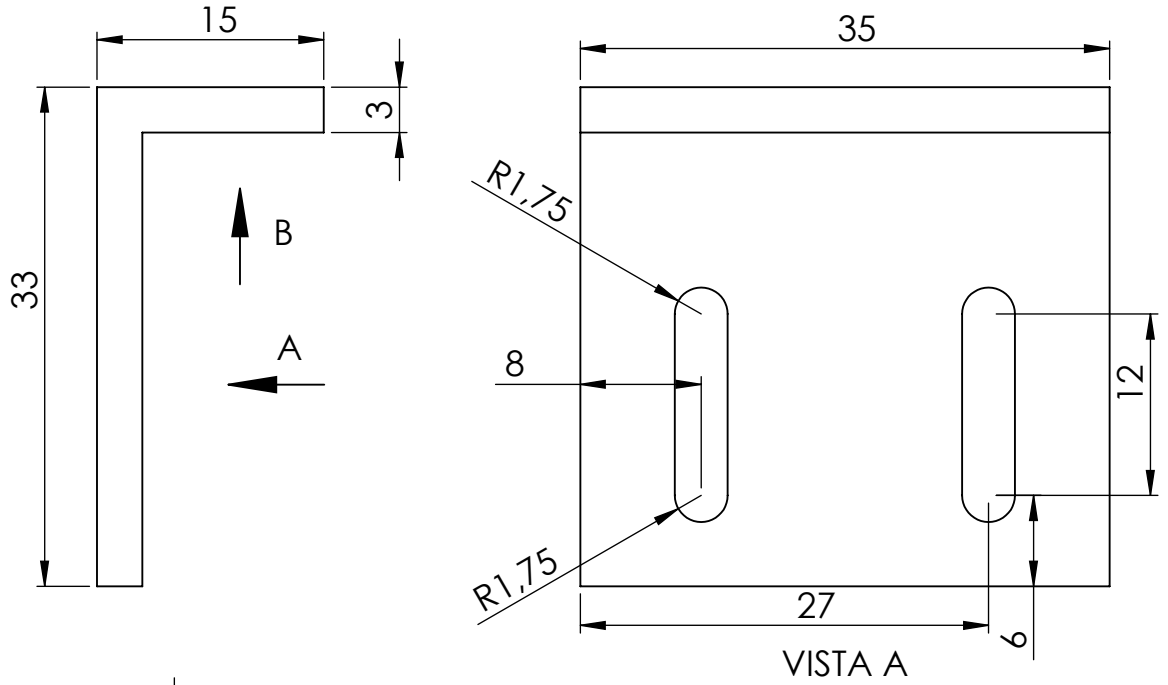
VISTA B



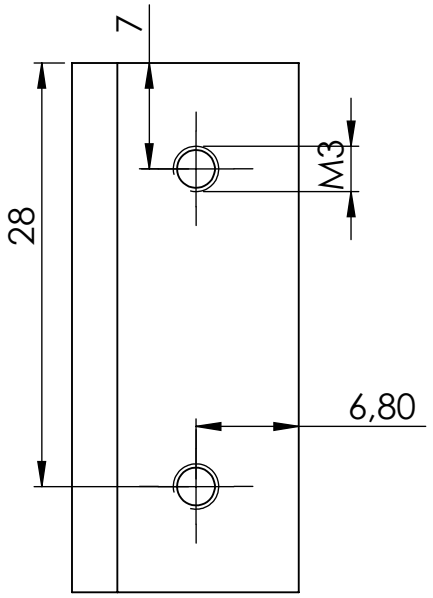
4	Al-5083		25 x 28 x 35		
Quant.	Material		Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment
Tolerànciés dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerànciés geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:		
			Data de creació 11/5/15	Data d'impressió	
	Referència			**Projecte:** Treball final de grau	
				Mòdul:	
				Conjunt:	
Escala 1:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa		**Peça:** Subjecció placa 2	
Hoja / Total 7/16	**Comprovat**	**Aprovat**		**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Tolerànciés** ☐ **Caixetí**				

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

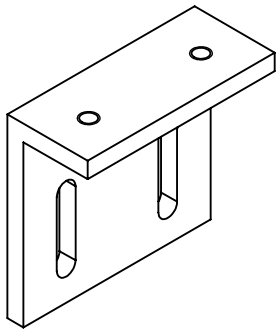
Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM



VISTA A



VISTA B



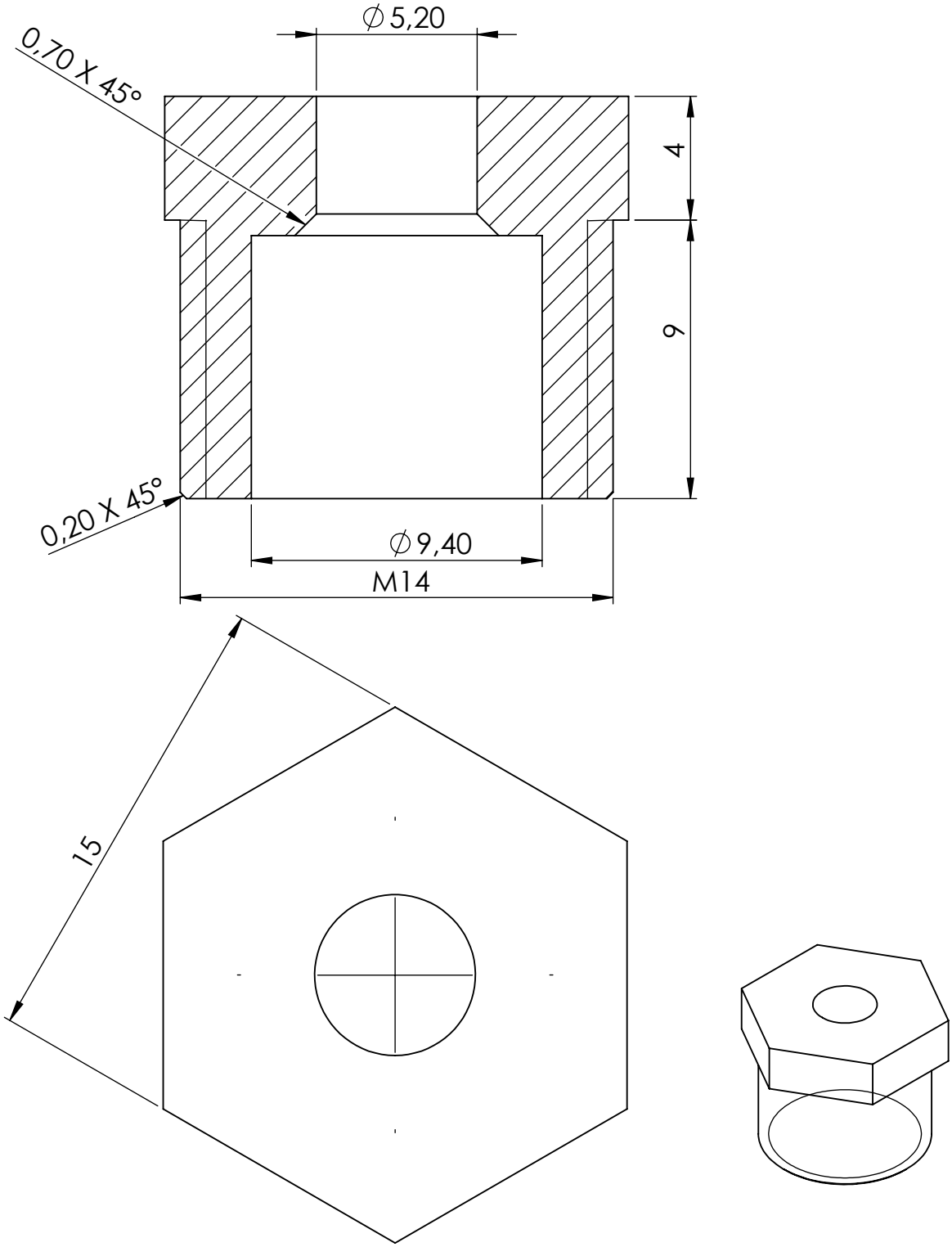
4	Al-5083	35 x 33 x 15		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 20/5/15	Data d'impressió

	Referència		**Projecte:** Treball final de grau
			Mòdul:
			Conjunt:
Escala 2:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Sublecció placa 3
Hoja / Total 8/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Tolerències** ☐ **Caixetí**

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM



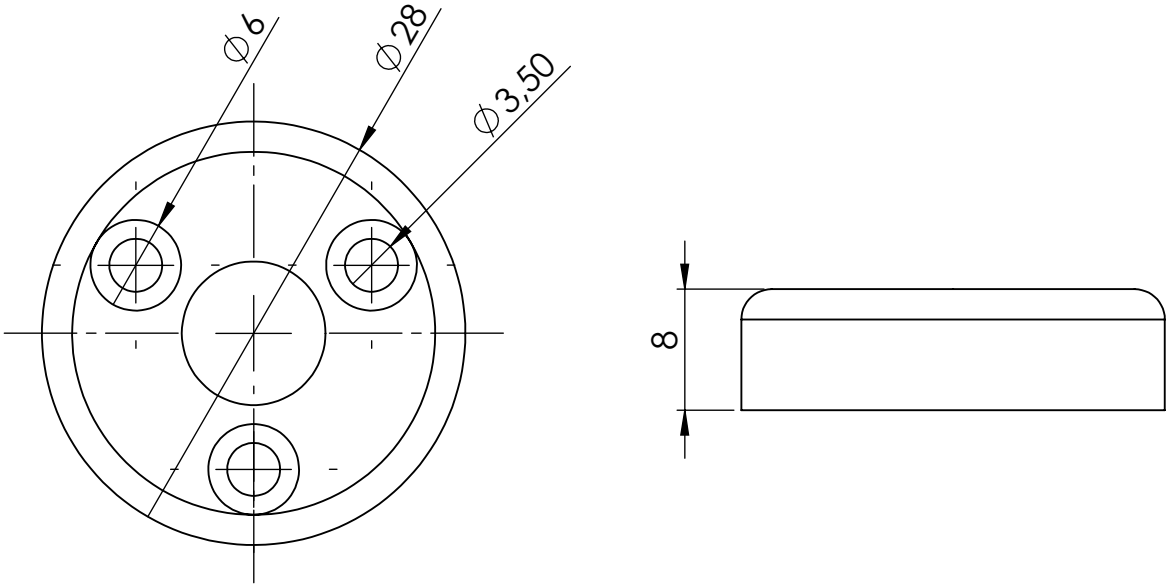
1	Al-5083	∅15 x 13			
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment	

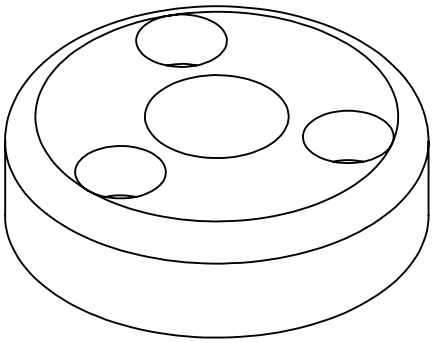
Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts:	
			Data de creació 20/5/15	Data d'impressió

	Referència		**Projecte:** Treball final de grau	
			Mòdul:	
			Conjunt:	
Escala 5:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Tapa	
Hoja / Total 9/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Tolerències**	☐ **Caixetí**

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM





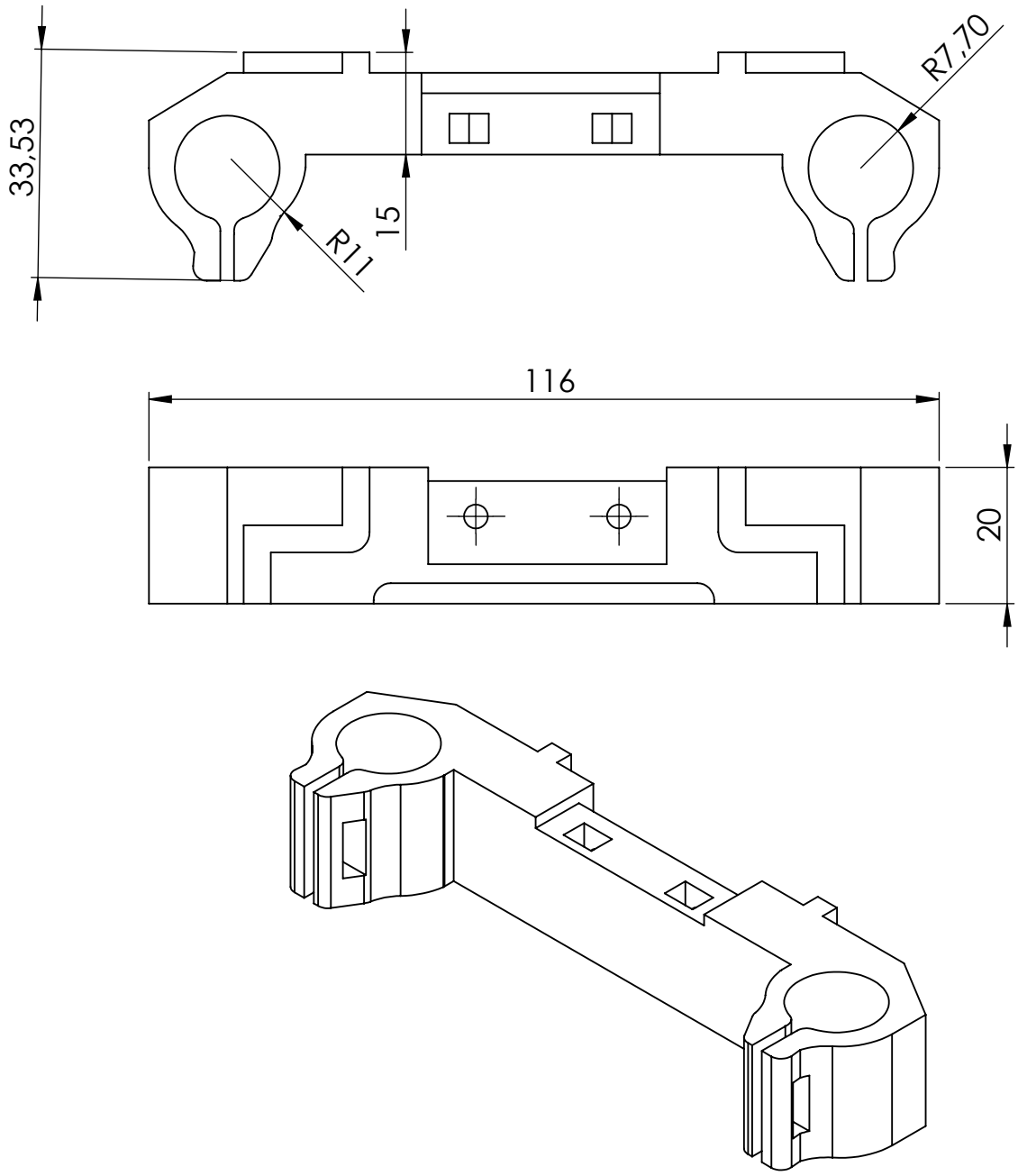
4	PLA	∅28 x 8		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

Toleràncies dimensionals generals segons DIN 7168-M	Toleràncies geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts: STL	
			Data de creació	Data d'impressió

	Referència		**Projecte:** Treball final de grau	
			Mòdul:	
			Conjunt:	
Escala 1:1	**Dissenyat**	**Dibuixat**	**Peça:** Bowden end	
Hoja / Total 10/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Toleràncies** ☐ **Caixetí**			

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM



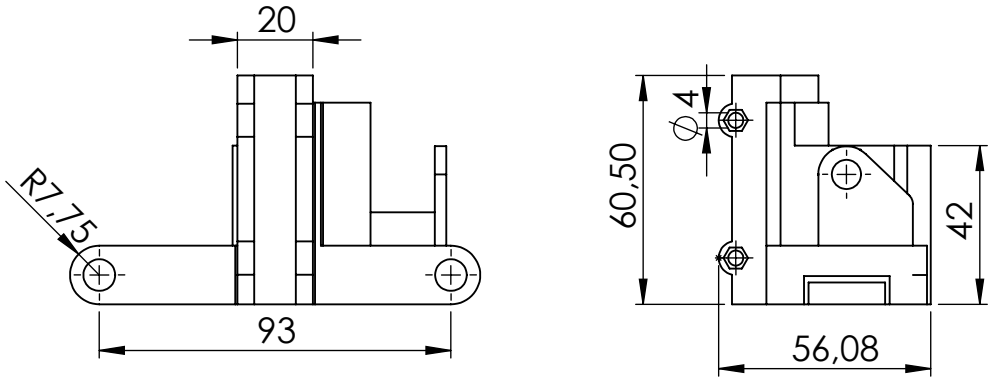
4	PLA	116 x 20 x 33,5		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

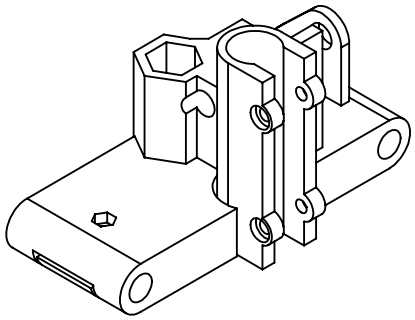
Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts: STL	
			Data de creació 21/07/15	Data d'impressió

	Referència		**Projecte:** Treball final de grau
			Mòdul:
			Conjunt:
Escala 1:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Carro
Hoja / Total 11/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Tolerències** ☐ **Caixetí**

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM

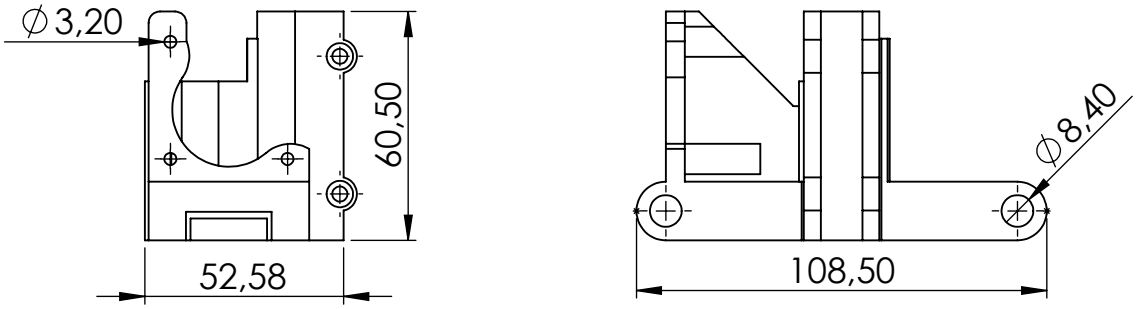


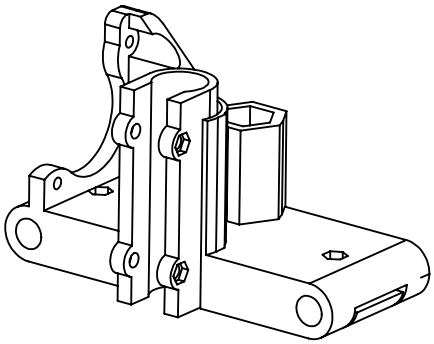


1	PLA		93 x 56,08 x 60,50		
Quant.	Material		Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment
Toleràncies dimensionals generals segons DIN 7168-M	Toleràncies geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts: STL		
			Data de creació 21/07/15	Data d'impressió	
	Referència			**Projecte:** Treball final de grau	
				Mòdul:	
				Conjunt:	
Escala 1:2	**Dissenyat** Olma Vilarrasa		**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Guia carro X	
Hoja / Total 12/16	**Comprovat**		**Aprovat**	**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Toleràncies** ☐ **Caixetí**				

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM





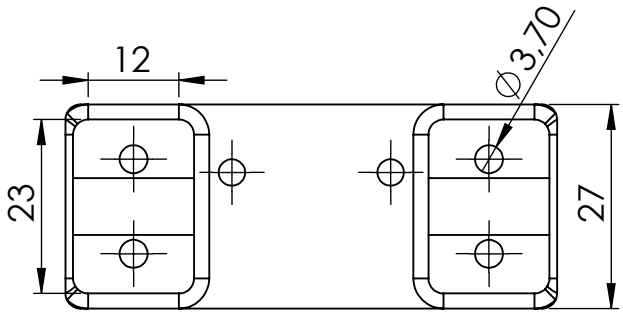
1	PLA	108,5 x 52,58 x 60,5		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

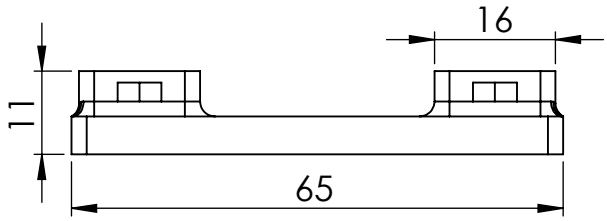
Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts: STL	
			Data de creació 21/07/15	Data d'impressió

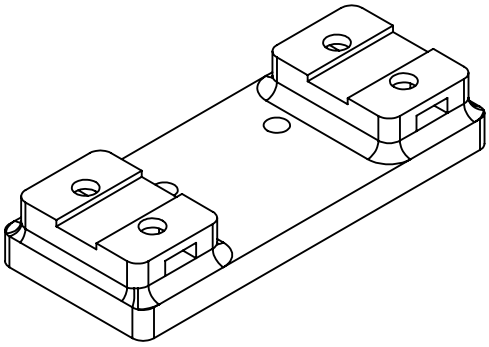
	Referència		**Projecte:** Treball final de grau
			Mòdul:
			Conjunt:
Escala 1:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa	**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Guia carro eix X motor
Hoja / Total 13/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol** / **Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions**	☐ **Acotació**	☐ **Tolerències** ☐ **Caixetí**

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM



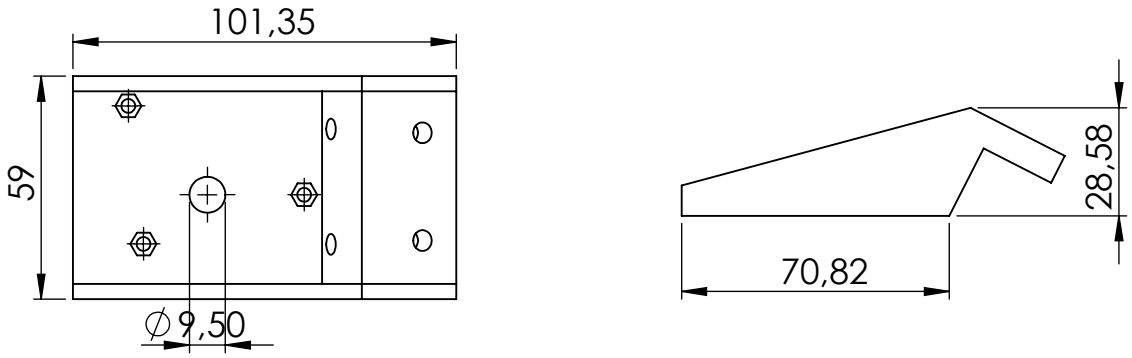


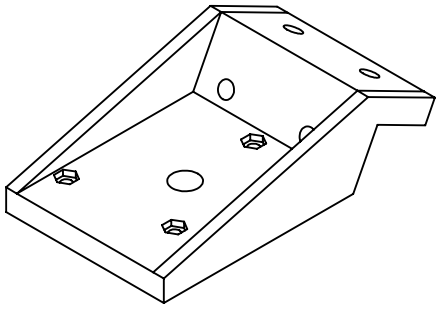


1	PLA		65 x 27x 11		
Quant.	Material		Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment
Tolerànciesdimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerànciesgeomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts: STL		
			Data de creació 21/07/15	Data d'impressió	
	Referència			**Projecte:** Treball final de grau	
				Mòdul:	
				Conjunt:	
Escala 1:1	**Dissenyat** Olma Vilarrasa		**Dibuixat** Olma Vilarrasa	**Peça:** Suport corretja	
Hoja / Total 14/16	**Comprovat**		**Aprovat**	**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Toleràncies** ☐ **Caixetí**				

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM

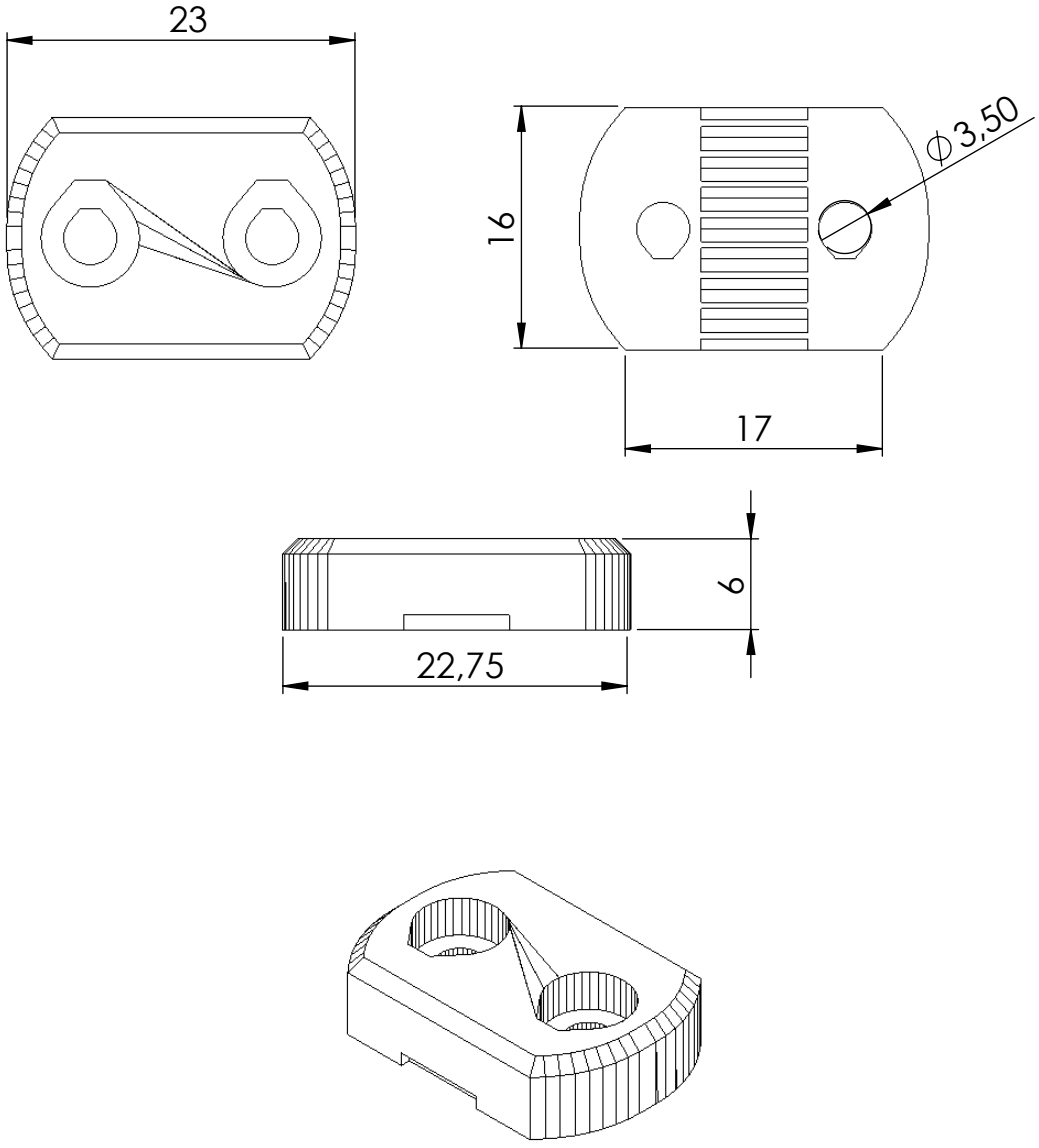




4	PLA		101,35 x 59 x 28,58		
Quant.	Material		Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment
Toleràncies dimensionals generals segons DIN 7168-M	Toleràncies geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts: STL		
			Data de creació	Data d'impressió	
	Referència			**Projecte:** Treball final de grau	
				Mòdul:	
				Conjunt:	
Escala 1:2	**Dissenyat**	**Dibuixat**		**Peça:** Suport motor Bowden	
Hoja / Total 15/16	**Comprovat**	**Aprovat**		**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Toleràncies** ☐ **Caixetí**				

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH

Aquest plànol no pot ser reproduit ni cedit a terceres sense l'autorització de la Fundació CIM



2	PLA	23 x 22,75 x 6		
Quant.	Material	Mides màx.	Tractament tèrmic	Recobriment

Tolerències dimensionals generals segons DIN 7168-M	Tolerències geomètriques generals segons DIN 7168	Rugositat mínima general Ra=6.3	Arxius adjunts: STL	
			Data de creació	Data d'impressió

	Referència		**Projecte:** Treball final de grau	
			Mòdul:	
			Conjunt:	
Escala 2:1	**Dissenyat**	**Dibuixat**	**Peça:** Tensor corretja	
Hoja / Total 16/16	**Comprovat**	**Aprovat**	**Versió plànol**	**Contacte**
Format de full A4	☐ **Vistes** ☐ **Talls i seccions** ☐ **Acotació** ☐ **Tolerències** ☐ **Caixetí**			

FUNDACIÓ cim BARCELONATECH