Taula de continguts

ANNEXOS

TAULA DE CONTINGUTS 1

A. CÀLCULS 3

A.1. Càlculs del sistema de bombeig 3

A.2. Càlcul de la potència calorífica de la cambra 8

B. EXPERIMENTACIÓ 11

C. DESENVOLUPAMENT DEL PROTOTIP 17

C.1. Cambra de calor 17

C.2. Cambra barrejadora 24

C.3. Sistema de bombeig dels fluid 29

C.4. Electrònica 31

D. PROGRAMACIÓ ARDUINO 35

E. DIFERENTS ESCALES DE DURESA 37

F. TAULA DE RUGOSITATS ABSOLUTES 39

G. ÀBAC DE MOODY 41

H. FITXES TÈCNIQUES 43

I. PLÀNOLS 55

A. Càlculs

A.1. Càlculs del sistema de bombeig

Càlcul del cabal de referència

Tenint en compte que la velocitat d'impressió de les actuals impressores BCN 3D+ és de 50mm/s, el diàmetre de l'extrusor de 0,4mm.

Obtenim: $Q_T = v_{imp} \cdot S = v_{imp} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 50 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}4^2}{4} = 6{,}28\, {mm^3}/{s}$

Càlcul de la potència de les bombes i la pèrdua de càrrega

Es vol determinar la potència de les bombes mitjançant el balanç energètic del sistema conformat per un dipòsit (poliol, extender, isocianat) i el recorregut que segueixen els fluids fins al broquet de sortida.

Suposant que els dipòsits es fixen sobre les barres superiors horitzontals aproximadament a 420mm, podem suposar la longitud de tub és de uns 450mm. La disposició de a bomba fa que el tub realitzi una paràbola ascendent des del dipòsit fins a la bomba, així doncs el punt més alt del sistema és superior al nivell dels dipòsits.

La barreja sempre serà de 3 elements; Poliol, isocianat i extender (proporcions: 100-100-X).

$$Q_T = \sum Q_i = Q_{pol} + Q_{isocianat} + Q_{ext} \qquad \text{(Eq. A.1-1)}$$

Taula de relacions de volum segons la quantitat dels seus components, tenint en compte les densitats; Poliol: $1{,}05 g/cm^3$; Isocianat: $1{,}2 g/cm^3$; Extender: $1{,}05 g/cm^3$

	MIX RATIO								
	POLIOL		ISOCIANAT		EXTENDER		Relació de volums		
DURESA Shore A	g	ml	g	ml	g	ml	Vpol/VTot	Viso/VTot	Vend/VTot
95	100	95,24	100	83,33	0	0	0,53	0,47	0,00
85	100	95,24	100	83,33	50	47,62	0,42	0,37	0,21
80	100	95,24	100	83,33	100	95,24	0,35	0,30	0,35
70	100	95,24	100	83,33	150	142,86	0,30	0,26	0,44
65	100	95,24	100	83,33	200	190,48	0,26	0,23	0,52

60	100	95,24	100	83,33	300	285,72	0,21	0,18	0,62
50	100	95,24	100	83,33	400	380,95	0,17	0,15	0,68
40	100	95,24	100	83,33	500	476,19	0,15	0,13	0,73
35	100	95,24	100	83,33	600	571,43	0,13	0,11	0,76
30	100	95,24	100	83,33	700	666,67	0,11	0,10	0,79

Fig. A.1-1: Taula d'obtenció de relacions de volums
Font: Pròpia

El balanç energètic es formula mitjançant l'equació de Bernoulli,

$$P_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot {v_1}^2 = P_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot {v_2}^2 + h \qquad \text{(Eq. A.1-2)}$$

Adaptada al cas d'estudi:

$$P_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + 8 \cdot \rho \cdot \frac{Q^2}{\pi^2 \cdot {D_1}^4} = P_2 + 8 \cdot \rho \cdot \frac{Q^2}{\pi^2 \cdot {D_2}^4} + h$$

	CABAL $[mm^3/s]$			
DURESA Shore A	Q_T	Q_{pol}	$Q_{isocianat}$	Q_{ext}
95	6,28	3,33	2,95	0,00
85	6,28	2,64	2,32	1,32
80	6,28	2,20	1,88	2,20
70	6,28	1,88	1,63	2,76
65	6,28	1,63	1,44	3,27
60	6,28	1,32	1,13	3,89
50	6,28	1,07	0,94	4,27
40	6,28	0,94	0,82	4,58
35	6,28	0,82	0,69	4,77
30	6,28	0,69	0,63	4,96

Fig. A.1-2: Taula dels cabals de cada component
Font: Pròpia

El balanç per mitja de Bernoulli farà comprendre si els factors que aporten energia, com l'alçada (energia potencial) i l'aportació de potència per les bombes, son capaç de vèncer els factors que en consumeixen, les pèrdues de càrrega.

Equació de Darcy-Weisbach per al càlcul de la pèrdua de càrrega f en funció del cabal.

$$h = 0{,}0826 \cdot f \cdot L \cdot \frac{Q^2}{D^5} \qquad \text{(Eq. A.1-3)}$$

On:

- h: pèrdua de carga o d'energia (m)
- f: es funció del número de Reynolds i de la rugositat

$$f = g(R_e, \varepsilon_r); \quad \text{on} \quad R_e = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{D \cdot Q \cdot \rho}{\mu \cdot \pi (\frac{D}{2})^2} = \frac{4 \cdot Q \cdot \rho}{\mu \cdot \pi \cdot D} \quad \text{i} \quad \varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

En no ser un cabal constant ni treballar amb un únic fluid caldrà estudiar les pèrdues per trams en cada cas particular.

Generalment, a més de les pèrdues de càrrega per fregament, es produeixen un altre tipus de pèrdues que s'originen en punts singulars de les instal·lacions (vàlvules, colzes…) i que es deuen a fenòmens de turbulència. La suma d'aquestes pèrdues localitzades més les pèrdues per fregament donen les pèrdues de càrrega totals.

Llevat de casos excepcionals , les pèrdues de càrrega localitzades només es poden determinar de forma experimental, i ja que són degudes a una dissipació d'energia motivada per les turbulències , poden expressar-se en funció de l'altura cinètica corregida mitjançant un coeficient empíric K :

$$h = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = K \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \qquad \text{(Eq. A.1-4)}$$

On:

- K: coeficient empíric (adimensional)

El coeficient K depèn del tipus de singularitat i la velocitat mitjana a l'interior del tram del circuit que s'estigui calculant. El valor aproximat de la K per a un colze de 90º de radi gran és 0,60. Per el càlcul es consideren els cabals màxims que cada bomba ha de poder subministrar:

$$Q_{A\,max} = 3{,}33\,{mm^3}/{s};\ Q_{B\,max} = 2{,}95\,{mm^3}/{s};\ Q_{C\,max} = 4{,}96\,{mm^3}/{s}$$

Tram	L [mm]	D [mm]	ε [mm]	K	f			h [m]		
					Pol.	Isoc.	Ext.	Pol.	Isoc.	Ext.
Cavitat interna de la cambra	18	1,5*	0,03	-	6469,17	7454,63	6949,14	0,014	0,016	0,015
Colze de 90º	-	4	0,25	0,6	-	-	-	2,15E-09	1,69E-09	4,76E-09
Tub cambra-bomba	450	2	0,006	-	8625,57	9939,50	9265,53	0,111	0,128	0,119
Tub dipòsit-bomba	130	2	0,006	-	8625,57	9939,50	9265,53	0,032	0,037	0,034
Total								0,157	0,181	0,169

Fig. A.1-3: Taula d'obtenció de les pèrdues de càrrega
Font: Pròpia

*Diàmetre hidràulic

El número màxim de Reynolds entre tots els casos possibles ha estat $R_e = 0{,}0099$ el qual implica un fluxe laminar, i per tant el valor de la fricció s'ha calculat com $f = \frac{64}{R_e}$. Observant els resultats es pot concloure que l'altura a la que estan ubicats els dipòsits proporciona una energia potencial suficient per contrarestar les pèrdues de càrrega. En tot cas la funció principal de les bombes en aquest cas no es tant com aportar potència sinó regular el cabal. L'única energia que vencen és la gravitatòria del punt del dipòsit al punt més alt del circuit (a 10 mm aproximadament) i les forces de fricció del tram de tub corresponent.

- Potència bomba poliol:

$$P_{Bomba\ A} = \rho_A \cdot g \cdot Q_{A\ max} \cdot \left(H_{màx} + h_{dip-bomb.A}\right) = 4{,}53 \cdot 10^{-6}\ W$$

- Potència bomba isocianat:

$$P_{Bomba\ B} = \rho_B \cdot g \cdot Q_{B\ max} \cdot \left(H_{màx} + h_{dip-bomb.B}\right) = 4{,}7 \cdot 10^{-6}\ W$$

- Potència bomba extenedor:

$$P_{Bomba\ C} = \rho_C \cdot g \cdot Q_{C\ max} \cdot \left(H_{màx} + h_{dip-bomb.C}\right) = 1 \cdot 10^{-5}\ W$$

Càlcul de la velocitat angular de les bombes

Per calcular el volum que desplaça la bomba peristàltica per cada pas del motor cal trobar el volum d'un toroide que hi cap en l'angle que gira per cada pas. Mirant la fitxa tècnica del motor Nema 17 es troba que aquest angle es $^{1,8°}/_{pas}$, que equival a $\frac{1}{200}$ del total.

Així doncs el volum és:

$$V_{desp.} = \frac{V_{toroide}}{200} = \frac{2 \cdot \pi \cdot A_{secció} \cdot R}{200}$$

On R és la distància de l'eix de rotació a l'isobaricentre de la secció, en el nostres cas 15mm aproximadament. Sabent que el diàmetre del tub és 1,6mm s'obté:

$$V_{desp.} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{1{,}6^2}{4} \cdot 15}{200} = 0{,}945 \frac{mm^3}{pas}$$

Especificació diu $\frac{0{,}2\ ml}{rev} \cdot \frac{1\ rev}{200\ passos}$ equival a $\frac{1 mm^3}{pas}$ valor molt pròxim al obtingut per càlcul.

Si el cabal mínim segons la taula anterior es de $^{0{,}63 mm^3}/_{s}$ que correspon a bombejar isocianat quan volem la duresa mínima de 30 Shore A.

$$\frac{0{,}63 \frac{mm^3}{s}}{1 \frac{mm^3}{pas}} = 0{,}63\ ^{pas}/_{s}$$

$$0{,}63 \frac{pas}{s} \cdot \frac{60s}{1min} \cdot \frac{1rev}{200passos} = 0{,}189\ ^{rev}/_{min}$$

Si el cabal màxim segons la taula anterior es de $^{4{,}96 mm^3}/_{s}$ que correspon a bombejar isocianat quan volem la duresa mínima de 30 Shore A.

$$\frac{4{,}96 \frac{mm^3}{s}}{1 \frac{mm^3}{pas}} = 4{,}96\ ^{pas}/_{s}$$

$$4{,}96 \frac{pas}{s} \cdot \frac{60s}{1min} \cdot \frac{1rev}{200passos} = 1{,}49\ ^{rev}/_{min}$$

En tots dos casos entra dintre de les especificacions dels motors.

A.2. Càlcul de la potència calorífica de la cambra

En aquest annex s'especifica els càlculs realitzats per obtenir la potencia la energia que cal aportar a la cambra de calor per tal de calentar l'aire fins a 70ºC.

El càlcul es fa a traves de la calor específica, que relaciona quanta energia cal aportar a un gram de matèria per augmentar la temperatura un grau. Amb aquest coeficient, l'augment de temperatura que volem produir i la massa de matèria que s'ha d'escalfar, s'obté el valor d'energia necessària. Per simplificar es considera que la cambra barrejadora està fabricada totalment en alumini, quan la realitat és que l'alumini es present al bloc barrejador però no en l'eix ni en el broquet ja que aquests són molt inferiors en volum. Es important tenir en compte que aquest càlcul és ideal ja que no es tenen en compte les pèrdues de calor a l'ambient.

Medi	Material	Calor específic [J/g·K]	Densitat [g/cm^3]	Volum [cm^3]	ΔT	Energia necessària [J]
Aire	Aire	1,012	0,00128	42.100,29	50	2726,75
Guies	Acer inoxidable	0,510	7,9	43,42	50	8746,96
Base - Vidre	Vidre	0,800	2,50	182,85	50	18285,00
Base - Alumini	Alumini 6061	0,897	2,49	181,32	50	20249,18
Capçal barrejador	Alumini 6061	0,897	2,49	38,33	50	4280,56
Dissipadors	Alumini 6063 anoditzat negre	0,870	2,69	183,96	50	21526,08
Peces ABS	ABS	1,300	1,05	146,84	50	10021,83

Fig. A.2-1: Taula per el càlcul de l'energia requerida per calentar la cambra a 70ºC
Font: Pròpia

$$E_{total} = 85.836{,}36\ J$$

Càlcul de les pèrdues de calor

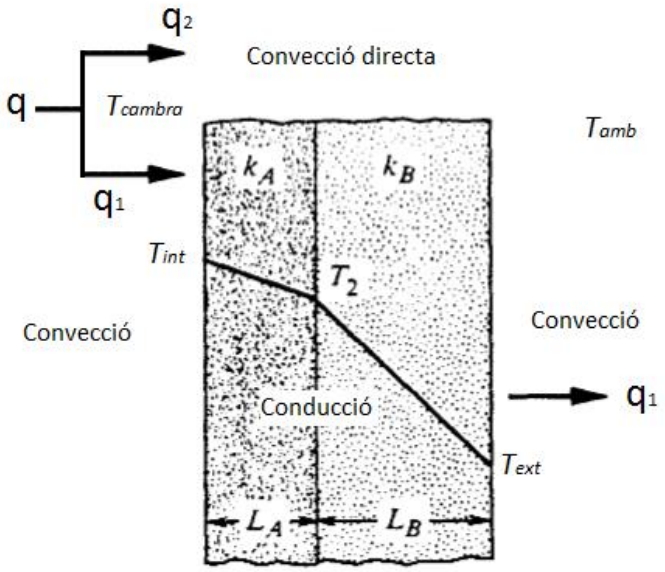


Fig. A.2-2: Diagrama de distribució del flux de calor
Font: Pròpia

- Convecció – conducció – convecció:

$$q_1 = h_{aire} \cdot (T_{cambra} - T_{int}) = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{L_{poliestiré}}{k_{poliestiré}} + \frac{L_{fusta}}{k_{fusta}}} = h_{aire} \cdot (T_{ext} - T_{amb}) \quad \text{(Eq. A.2-1)}$$

On:

Coeficient de convecció de l'aire a baixa velocitat $h_{aire} = 20\ {}^{W}/_{m^2}$

Conductivitat de l'aïllant de polistiré expandit amb làmina d'alumini $k_{poliestiré} = 0{,}037\ {}^{W}/_{m \cdot K}$

Conductivitat de la fusta $k_{fusta} = 0{,}13\ {}^{W}/_{m \cdot K}$

Gruixos de les lamines del folre i fusta respectivament $L_{poliestiré} = 4mm$ i $L_{fusta} = 3mm$

$$q_1 = 20 \cdot (70 - T_{int}) = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{0{,}004}{0{,}037} + \frac{0{,}003}{0.13}} = 20 \cdot (T_{ext} - 20)$$

Resolent el sistema de 2 equacions 2 incògnites s'obté:

$T_{int} = 59{,}19$ºC; $T_{ext} = 30{,}81$ºC

Per tant, $q_1 = 216{,}2\,{}^{W}/_{m^2}$ i sabent que la superficie total de les parets és $A_1 = 765.996mm^2 = 0{,}766m^2$

S'obté $Q_1 = q_1 \cdot A_1 = 162{,}54W$

- Convecció directa:

$$q_2 = h_{aire} \cdot (T_{cambra} - T_{amb}) \qquad \text{(Eq. A.2-2)}$$

$$q_2 = 20 \cdot (70 - 20) = 1.000\,{}^{W}/_{m^2}$$

De la mateixa manera, sabent que la superfície total de les ranures és $A_2 = 28.744mm^2 = 0{,}028744m^2$

S'obté $Q_2 = q_2 \cdot A_2 = 28{,}74W$

En conseqüència la potència tèrmica perduda és $Q = Q_1 + Q_2 = 191{,}28W$

La potència que cal aportar a la cambra perquè el sistema es mantingui en equilibri ha de ser la mateixa que la perduda a l'ambient, d'altre manera la temperatura de la cambra aniria augmentant gradualment.

Tenint en compte que la energia necessària és $E_{\,total} = 85.836{,}36\,J$ aleshores el temps necessari per calentar la cambra a 70ºC:

$$t = \frac{E_{\,total}}{P} = \frac{85.836{,}36}{191{,}28} = 448{,}75s = 7{,}48\,min$$

B. Experimentació

Per obtenir una idea orientativa de l'aspecte, els procediments, les mesures de seguretat i per tenir informació de primera mà, en un inici es va fer un parell de visites a la planta de producció de la fundació Cim on treballen amb el UPX 8400 per fer peces d'automoció per emmotllament en motlle de silicona.

La primera prova volia determinar com era l'adherència del poliuretà elastomèric sobre diferents materials i veure l'efecte d'usar desemmotllant en totes. Es van arreplegar peces industrials velles de geometries i materials molt diversos. La meitat de cada peça va ser coberta amb desemmotllant i l'altre no. Per identificar la zona tractada es va realitzar una marca vermella al cartró de suport. Un cop les peces van ser embrutades amb poliuretà es va poder observar:

- El poliuretà mostra una adherència totalment dependent de la rugositat absoluta del material i directament proporcional.
- El desemmotllant mostra una gran eficàcia sobretot sobre les peces amb cares planes i geometries simples.

Fig. B-1: Fotografies del experiment amb UPX 8400 i desemmotllant
Font: Pròpia

A partir d'aquest punt la disponibilitat del material va disminuir i es va prendre la decisió de seguir realitzant experiments amb una alternativa al UPX 8400, el Urelast SA 3040. L'Urelast també es tracta d'un poliuretà elastomèric però aquest en canvi te una duresa fixa de 40 Shore A.

Fig. B-2: Fotografia del poliuretà elastomèric utilitzat, Urelast SA 40
Font: Pròpia

El primer que s'ha volgut provar es determinar l'altura de capa que es pot obtenir extruint poliuretà per les xeringues, per poder així fer una estimació del volums dels pròxims experiments. Aquesta prova s'ha realitzat a l'aire lliure (temperatura sobre els 18ºC) ja que el principal objectiu únicament era determinar l'alçada mínima que té una capa sense que hi apareguin clotets.

Fig. B-3: Fotografia d'un mostra poliuretà a temperatura ambient
Font: Pròpia

Finalment la mesura obtinguda ha rondat els 0,55mm, però malauradament l'estat de solidificació no ha arribat fins passa uns 110-130 minuts a temperatura ambient.

En vista del resultat anterior s'ha establert una bateria de proves tenint en compte que la velocitat de reacció és proporcional a la quantitat de massa i a la temperatura de curat. Es realitzaran al llarg de tres sessions per a tres temperatures; 50, 60 i 70ºC en aquest ordre. Es d'esperar que la velocitat de reacció sigui més alta per l'últim cas. L'ordre no es arbitrari i està pensat per que el de 70ºC sigui el cas que es realitzi amb la millor fiabilitat gràcies a la repetició sistemàtica de l'experiment. Es mesura finalment l'alçada de capa, per a això és

imprescindible tenir un control de la massa que s'hi diposita en cada capa ja que podria alterar aquest paràmetre.

El procés experimental s'ha dut terme a la planta pilot a un forn elèctric i tant la mesura com la barreja es realitzen sobre una taula extractora de gasos. Els element de protecció han estat els mateixos que utilitzen els operaris per a la emmotllament de poliuretà, guants de vinil, i mascareta amb filtres de carboni. El control de la temperatura en temps real es realitza mitjançant un termòmetre digital de vareta metàl·lica situat fora del forn per tal de no obtenir lectures errònies.

Fig. B-4: Fotografia de la taula extractora de fums, la mascareta i el realitzador de les proves (Autor)
Font: Pròpia

Prova a 50ºC (Valors reals compresos entre 46 i 54ºC)

En un inici s'havia plantejat de diposició amb xeringa de 9 mostres rectangulars de 30x30mm sobre les quals s'hi dipositarien una segona capa a temps diferents. Finalment veient la ubicació del forn (lloc fix degut a connexió d'alimentació no convencional) respecte la taula d'extracció de gasos s'ha decidit reduir a 5 les mostres per no interferir en la tasca dels operaris. Es barreja a priori 10ml de poliol amb 5 ml d'isocianat degut al desconeixement del volum que és requereix per omplir una capa de 30x30mm. A continuació s'ha estimat que la

capa esmentada s'omple amb 0,5ml de barreja, el qual ens donaria la hipotètica alçada de capa de 0,55mm. La següent taula resumeix els resultat obtinguts.

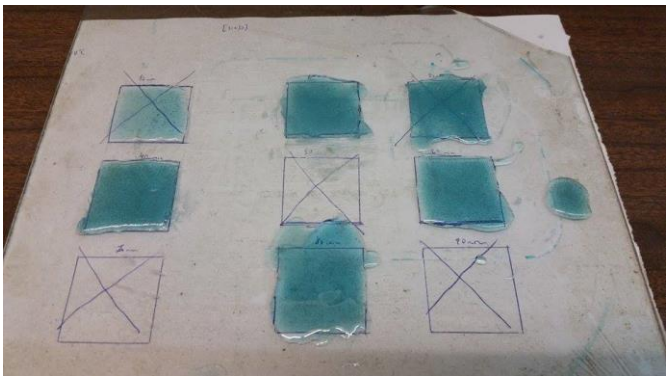


Fig. B-5: Fotografia de les mostres obtingudes a 50ºC
Font: Pròpia

Nº Mostra	Temps 2ªcapa [min]	Estat	Alçada [mm]	Consistència [1-10]
1	-	Només 1 capa	0,53	-
2	22	2 capes	0,97	4
3	31	2 capes	1,07	8
4	38	2 capes	1,11	10
5	-	Cancel·lada	-	-
6	62	2 capes	1,09	10
7	-	Cancel·lada	-	-
8	83	2 capes	1,12	10
9	-	Cancel·lada	-	-

Fig. B-5: Taula de resultats de les mostres obtingudes a 50ºC
Font: Pròpia

Prova a 60ºC (Valors reals compresos entre 58 i 65ºC)

S'ha observat que a temperatures pròximes als 60ºC l'electrònica del termòmetre ha fallat impossibilitant la visualització de la temperatura en temps real. Es per això que s'ha decidit introduir la vareta metàl·lica del termòmetre dins el forn però amb el cos d'aquest subjectat per l'exterior. Això ha significat que quedés una escletxa en els contorns de la porta frontal del forn, motiu per el qual s'ha dut mascaret en tot moment que es treballes a prop.

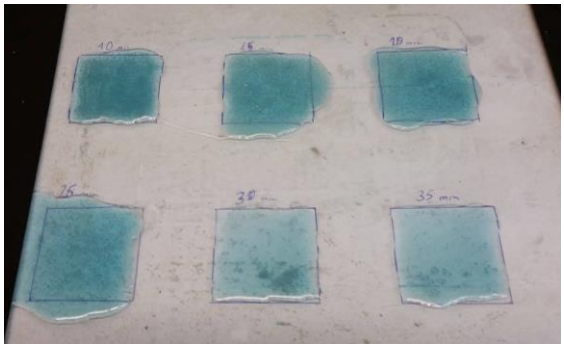


Fig. B-7: Fotografia de les mostres obtingudes a 60ºC
Font: Pròpia

Nº Mostra	Temps 2ªcapa [min]	Estat	Alçada [mm]	Consistència [1-10]
1	11	2 capes	0,82	5
2	16	2 capes	0,99	7
3	19	2 capes	1,03	9
4	26	2 capes	1.08	10
5	-	Irrellevant	-	-
6	-	Irrellevant	-	-

Fig. B-8: Taula de resultats de les mostres obtingudes a 60ºC
Font: Pròpia

Prova a 70ºC (Valors reals compresos entre 66 i 73ºC)

Tret de la fluctuació que pateix la temperatura per l'obrir i tancar del forn no hi ha hagut cap incident ni fet destacable (a part d'una nefasta diposició de la segona capa sobre la primera mostra.

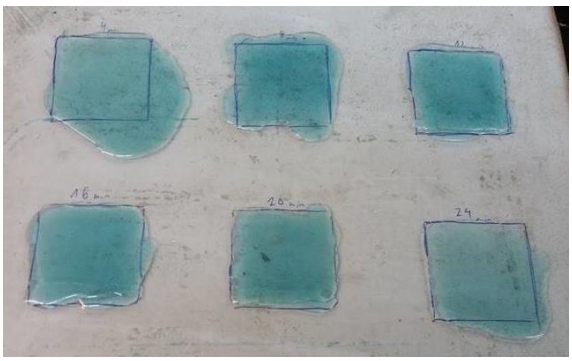


Fig. B-9: Fotografia de les mostres obtingudes a 70ºC
Font: Pròpia

Nº Mostra	Temps 2ªcapa [min]	Estat	Alçada [mm]	Consistència [1-10]
1	4	2 capes	0,77	0
2	10	2 capes	0,89	3
3	14	2 capes	0,98	7
4	18	2 capes	1,10	10
5	24	2 capes	1.09	10
6	-	Irrellevant	-	-

Fig. B-10: Taula de resultats de les mostres obtingudes a 70ºC
Font: Pròpia

C. Desenvolupament del prototip

C.1. Cambra de calor

L'estat en el que es va recollir l'impressora sobre la qual els estudiants del màster CIME, de la Fundació CIM, es van estar realitzant el projecte d'una cambra de calor era el que es mostra en la Fig. C.1-1.

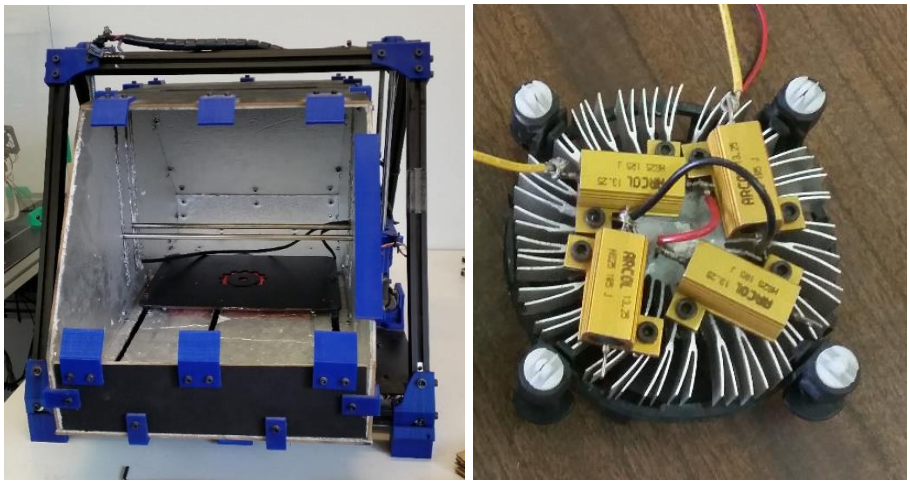


Fig. C.1-1: Fotografia de l'estat de partida de la màquina i la font original de calor
Font: Pròpia

El primer que es va realitzar van ser unes modificacions en els topalls que suporten la cambra de calor. Degut al ús que se li havia donat anteriorment els forats de la cambra no quedaven ben alineats amb els forats dels topalls i per això es va decidir fer els forats amb carril per poder ajustar millor la planicitat i alçada de la cambra. Aquest últim valor va resultar important ja que en funció d'aquest la base calenta fregava o no amb la superfície inferior de la cambra.

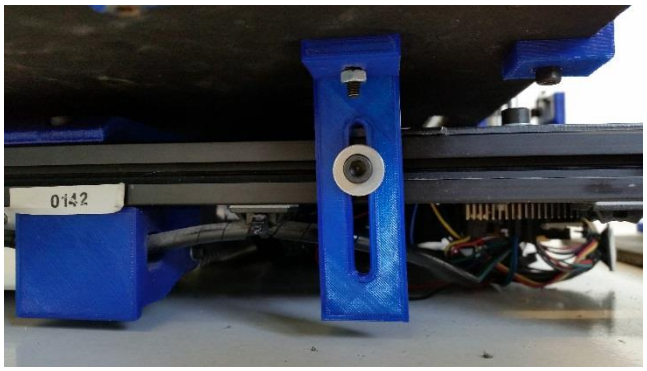


Fig. C.1-2: Fotografia del detall del topall
Font: Pròpia

Per subministrar potència a les resistències de 1,5 ohms collades al dissipador de CPU (mecanisme original de calefacció de la cambra) es va reciclar una font d'alimentació d'un ordinador de sobretaula vell. Per poder fer-ne ús va ser necessari realitzar un pont entre el pin PS:_ON i GND.

Fig. C.1-3: Fotografia de l'extracció de la font d'alimentació
Font: Pròpia

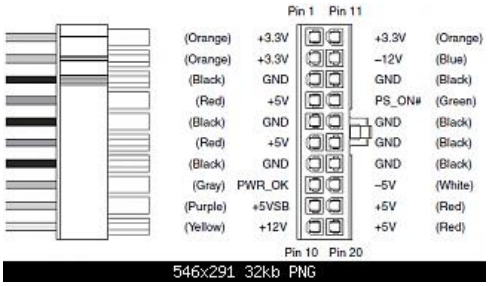


Fig. C.1-4: Descripció del cablejat de la regleta de la font d'alimentació
Font: ATX, inc.

A continuació es van pelar dos cables grocs (12V) i dos negres (GND) per realitzar les dues branques, i també és van tallar i pelar petits trossos de cable per poder unir les resistències d'una mateixa branca. Amb aquest muntatge per cada branca circula una intensitat de 4A i cada resistència genera una potència de:

$$V_{res\ 1,5} = R \cdot I = 1{,}5 \cdot 4 = 6V \rightarrow Potència_{res\ 1,5} = 6 \cdot 4 = 24W$$

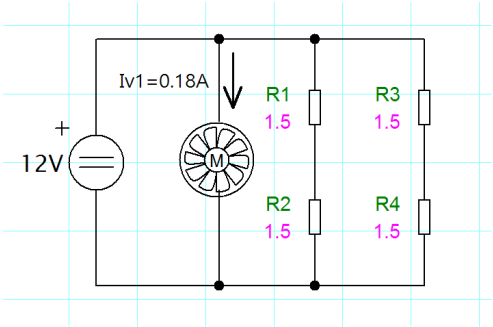


Fig. C.1-5: Esquema de la connexió original
Font: Pròpia amb software Proficat.

Amb aquest muntatge més l'ús del *heatbed* a 70ºC es va obtenir una temperatura en el volum d'impressió de 45ºC. Resultat idèntic al que van obtenir els estudiants que van realitzar el TFM.

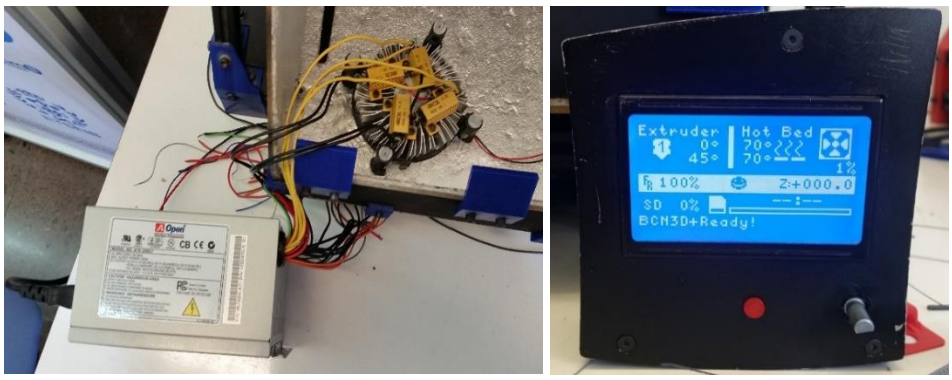


Fig. C.1-6: Prova amb la font original i el resultat, 45ºC
Font: Pròpia

Es va considerar l'ús de cinta *kapton* per minimitzar fuites de calor tal i com es mostra ala Fig. C.1-7. El resultat ha estat prou poc significatiu com per evitar aquesta via per augmentar la temperatura de la cambra.

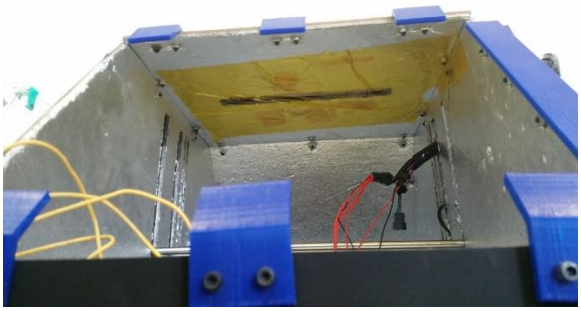


Fig. C.1-7: Fotografia del detall de l'aïllament mitjançant cinta kapton
Font: Pròpia

Amb l'ús algunes resistències de 1,5 ohm van espatllar-se i es va optar per fer dos muntatges com l'anterior amb vuit resistències de 2,2 ohms. Seguint el mateix procediment anterior i collant les resistències als dissipadors amb cargols es va obtenir un valor de 56ºC, a més a més de consignant la base calenta a 86ºC. La corrent per cada branca en aquest cas és de 2,73A i la potència de cada resistència es calcula com:

$$V_{res\ 2,2} = R \cdot I = 2{,}2 \cdot 2{,}73 = 6V \rightarrow Potència_{res\ 1,5} = 6 \cdot 2{,}73 = 16{,}4W$$

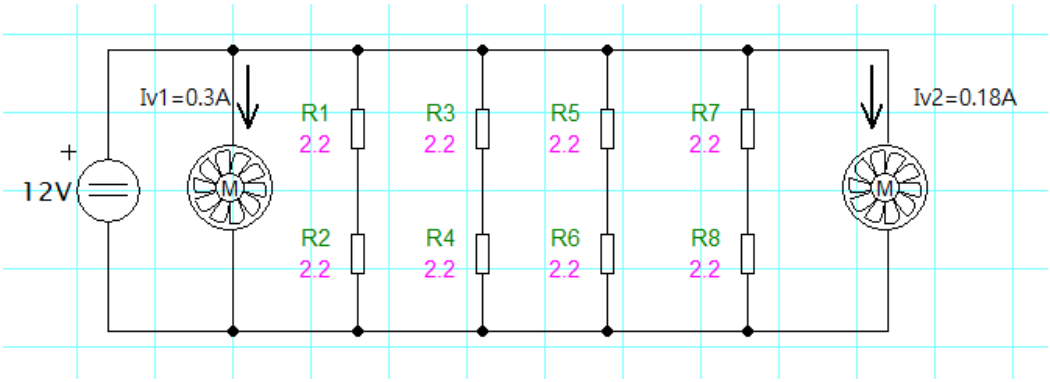


Fig. C.1-8: Esquema de la connexió amb dos muntatges
Font: Pròpia amb software Proficat.

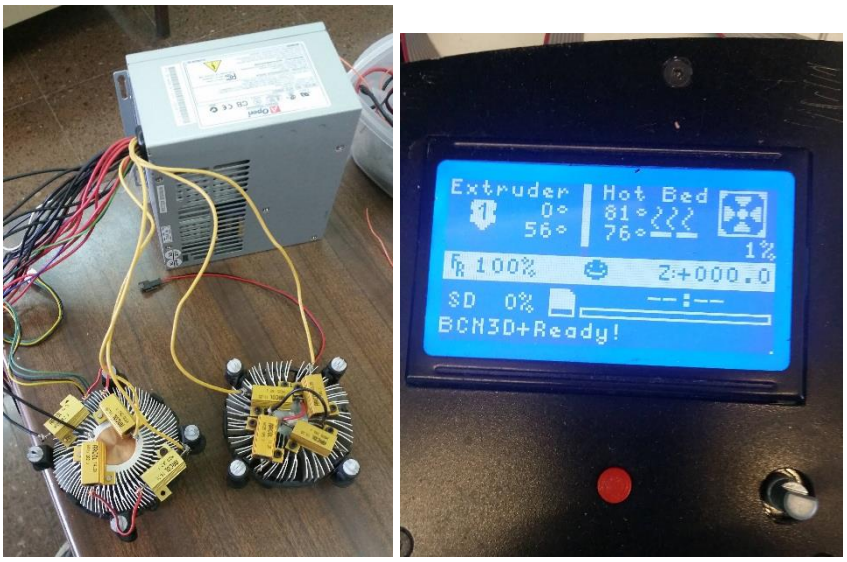


Fig. C.1-9: Prova amb la font composada per dos muntatges i el resultat, 56ºC
Font: Pròpia

Veient la necessitat d'afegir més potència es va decidir utilitzar la resistència del *hot end* com a font auxiliar i de control, ja que la impressora ja contempla el control tot o res de la temperatura mitjançant un termistor tant al capçal com a la base calenta. La resistència del *hot end* ha sigut inserida en un dissipador comercial i aquest en front d'un ventilador collat a la paret posterior de la cambra. D'una altre font vella s'ha utilitzat la xapa de la carcassa per realitzar un suport senzill per al dissipador. La forma d'aquest permet fixar el dissipador en la orientació desitjada i està dissenyat per no interferir en el moviment de la base calenta.

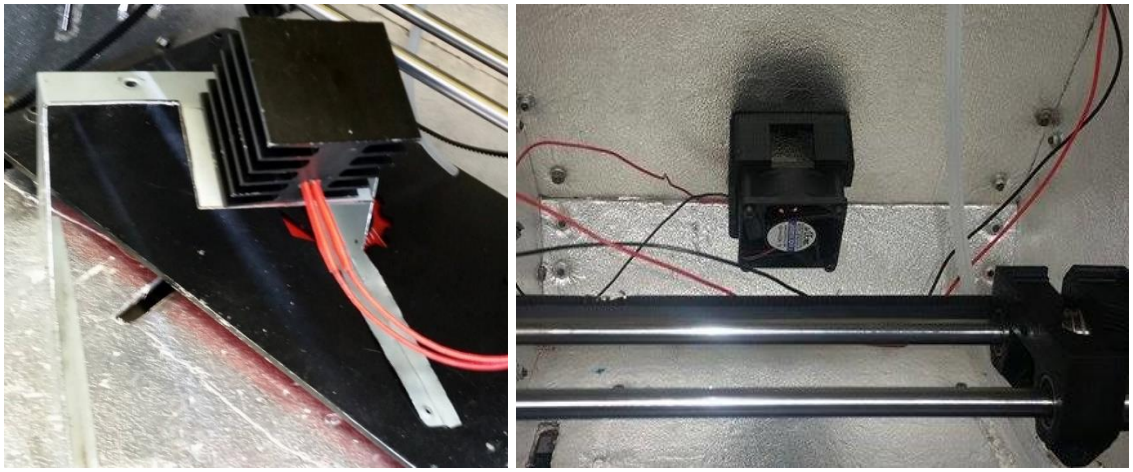


Fig. C.1-10: Fotografies de la reutilització de la resistència del hot end i el ventilador
Font: Pròpia

Va arribar el punt en que el l'ús del sistema resistències en dissipador sobre ventilador de CPU es feia molt feixuc i no permetien gaire llibertat alhora de col·locar-ho o orientar-ho. Per aquest motiu es va utilitzar unes L's aletejades reciclades d'una font d'alimentació vella que tenien l'avantatge de tenir nombrosos forats per tal de collar el dissipador i per poder fixar el mecanisme a una base. També s'ha començat a fer servir cable de 2,5mm amb recobriment de silicona perquè l'anterior cablejat havia mostrat defectes per les altes temperatures.

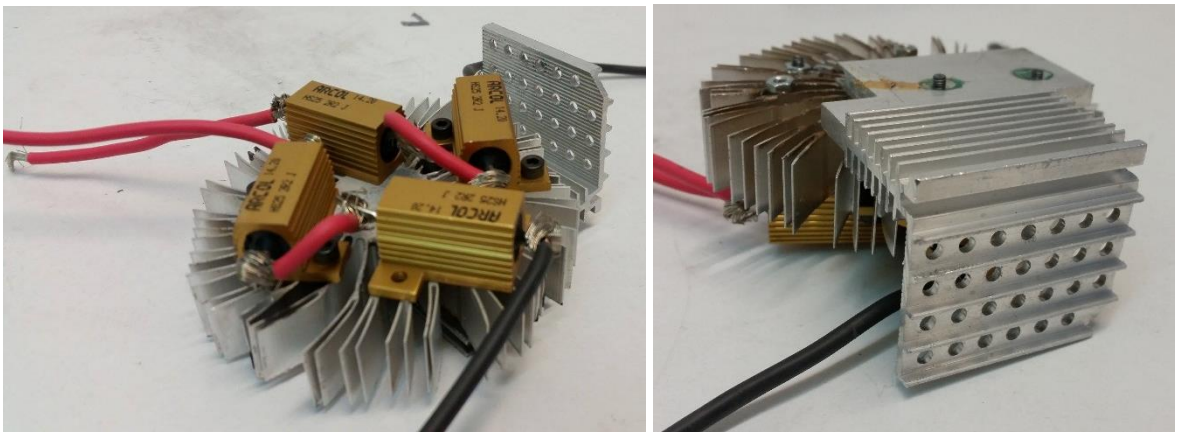


Fig. C.1-11: Fotografies del nous suports per als dissipadors
Font: Pròpia

La idea anterior va de la mà amb la incorporació d'una estructura capaç de fer de suport per dissipadors i ventiladors i a l'hora fes de canal de ventilació per redirigir el flux d'aire calent cap a la base.

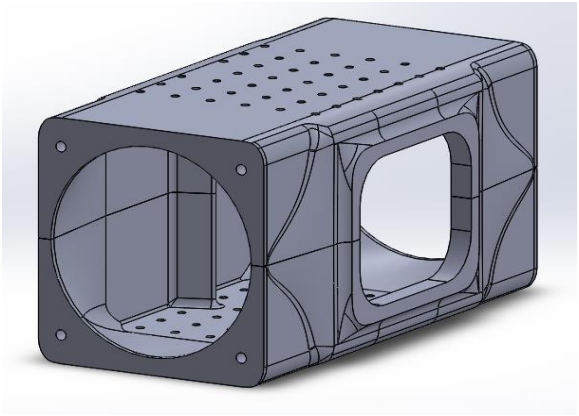


Fig. C.1-12: Disseny de l' estructura que conté els blocs dissipadors i els ventiladors
Font: Pròpia amb software SolidWorks

Es va realitzar una impressió en ABS, l'únic material que pot aguantar ambients de 70ºC. El resultat final mostra efecte *warping* ja que la impressió amb ABS sense cambra de calor té el risc de provocar estries en l'eix z per contraccions degudes a l'elevat gradient tèrmic que experimenta la peça.

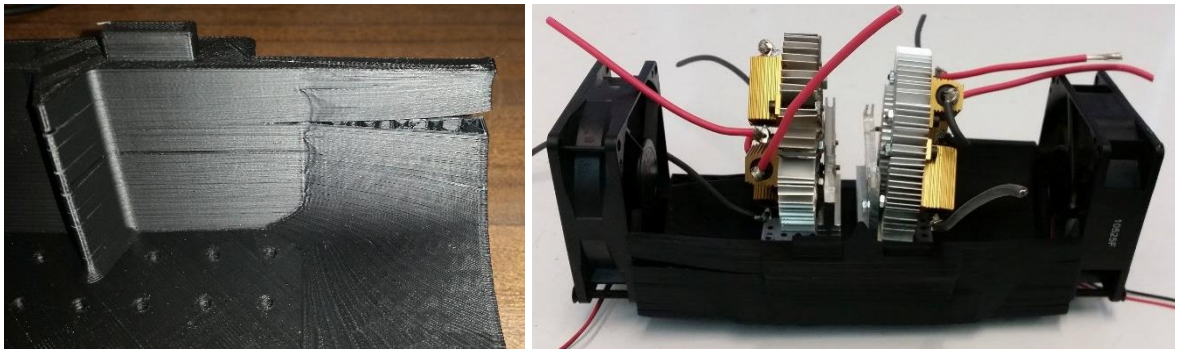


Fig. C.1-13: Fotografies de l' estructura que conté els blocs dissipadors i els ventiladors
Font: Pròpia

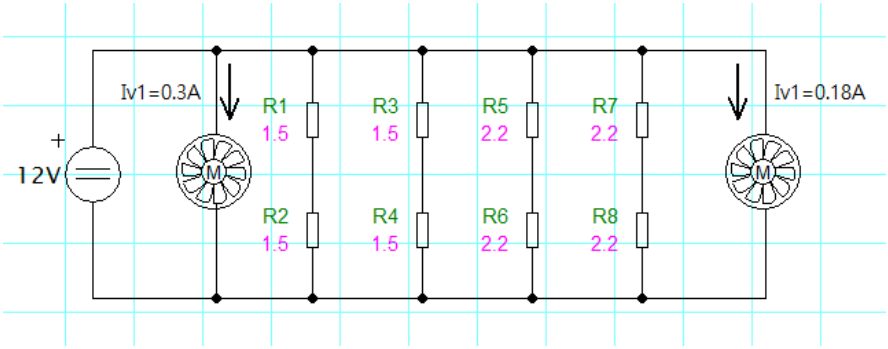


Fig. C.1-14: Esquema de la connexió final
Font: Pròpia amb software Proficat.

Fig. C.1-15: Fotografia del resultat amb la connexió de resistències definitives
Font: Pròpia

Després de la satisfacció inicial per haver trobat una solució capaç de satisfer l'especificació de 70ºC és quan algunes resistències van fer fallida i va haver de replantejar-se un nou sistema que facilites una millor evacuació del calor. Així doncs es va decantar per l'ús de dos dissipadors collats a 4 resistències i entre si ja que d'aquesta manera s'augmenta notablement la superfície de conducció tèrmica.

Va ser necessari únicament la mecanització de dos forats de 3,5 per cada resistència per tal de tenir les resistències collades amb cargols de mètrica 3 i les seves respectives femelles.

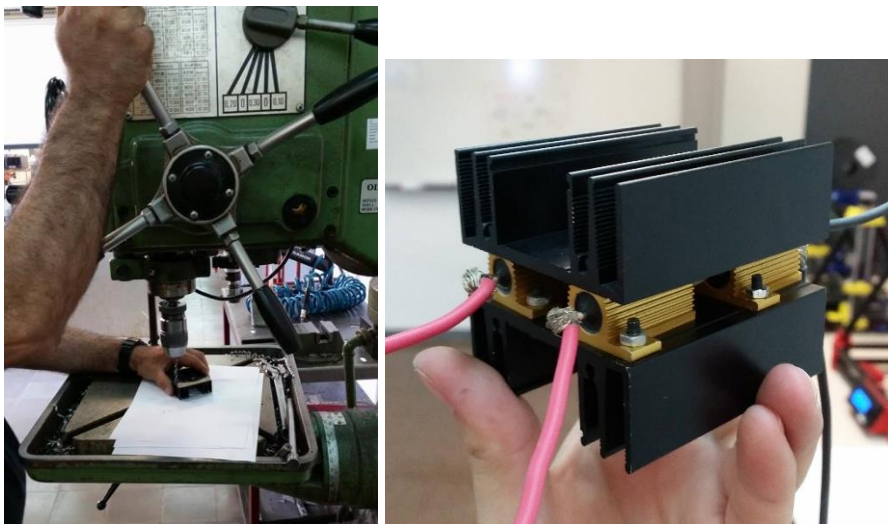


Fig. C.1-16: Fotografies del procés de fabricació i el muntatge del nou sistema de dissipció
Font: Pròpia

Per millorar la mobilitat i la orientabilitat del corrent d'aire calent s'ha prescindit de la estructura fixa d'ABS per uns suports de ventiladors que van collats a les parets laterals, i una paret prismàtica que serveix per canalitzar el calor cap al vell mig del volum d'impressió.

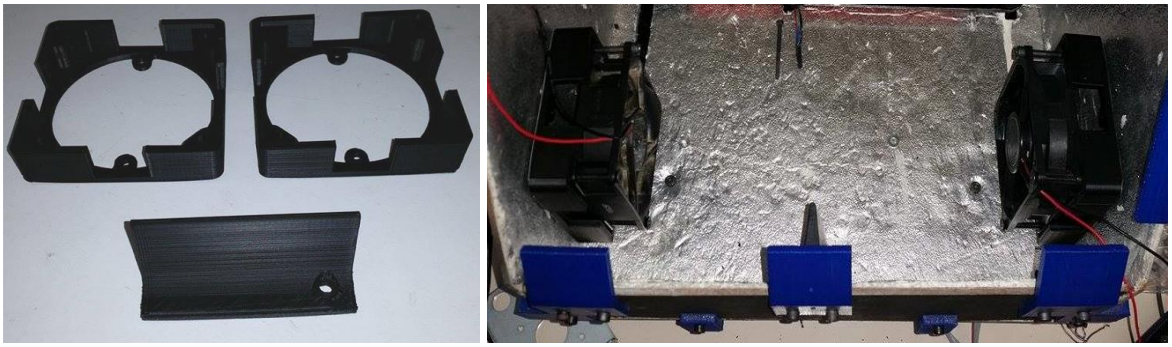


Fig. C.1-17: Fotografies del sistema de ventilació
Font: Pròpia

Per les altes temperatures les regletes utilitzades per a les connexions elèctriques son de material ceràmic.

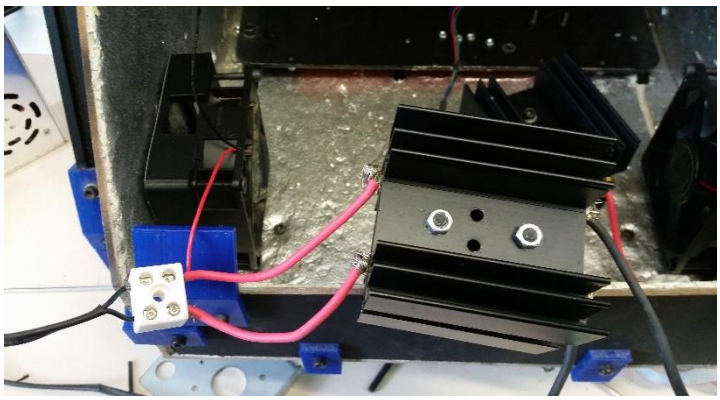


Fig. C.1-18: Fotografies de les regletes ceràmiques
Font: Pròpia

C.2. Cambra barrejadora

Després de la pluja d'idees inicial es va arribar a la conclusió que seria molt positiu que l disseny de la cambra de barreja permetés una inspecció interior. No es coneix a priori els efectes de la solidificació del poliuretà ni si aquesta arriba a succerïr. Per tant el primer disseny tenia dues meitats que es podient collar entre si. A més a més presentava certes caracteristiques heredades del *hot end* de la BCN 3D+ com un orifici per incertar un termistor.

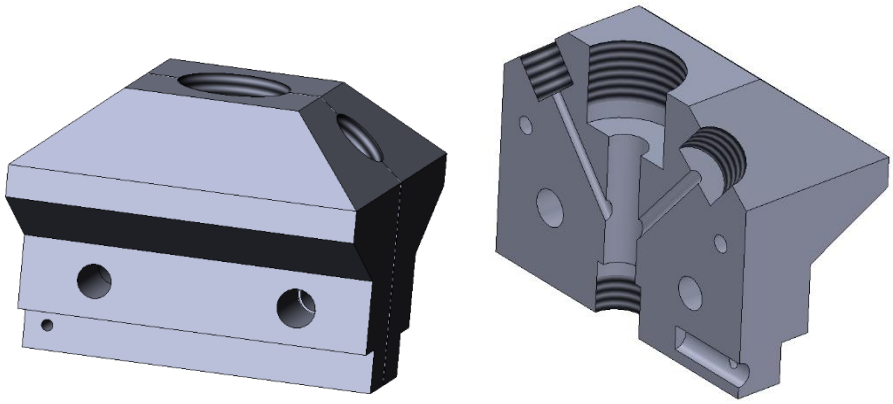


Fig. C.2-1: Disseny bipartit
Font: Pròpia amb software SolidWorks

Posteriorment, es prescindeix del termistor ja que aquest punt no mostra un interés elevat en quan a comportament tèrmic ja que en un estat estacionai tot el volum d'impressió roman a 70ºC. A més a mési s'opta per un disseny partit en quarts de cambra i quatre entrades de materials, ja que es preveu la necessitat d'utilitzar dissolvent. Es realitza també un primer disseny del carro de la cambra barrejadora.

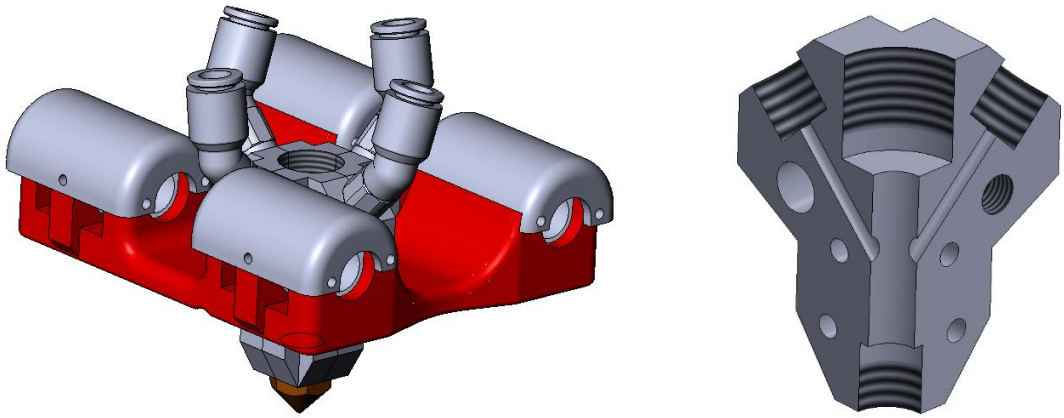


Fig. C.2-2: Primer disseny en quatre quarts i carro
Font: Pròpia amb software SolidWorks

El disseny anterior requereix de molta millora en general. Per començar té excés de massa en certes zones i això seria problemàtic a l'hora de fabricar la peça en SLS. Adicionalment la subjecció dels rodaments no és adequada. Aleshores es va decidir modificar un model de carro d'eix x d'anteriors impressores 3D i realitzar les modificacions necessaries per poder ser útil per la cambra.

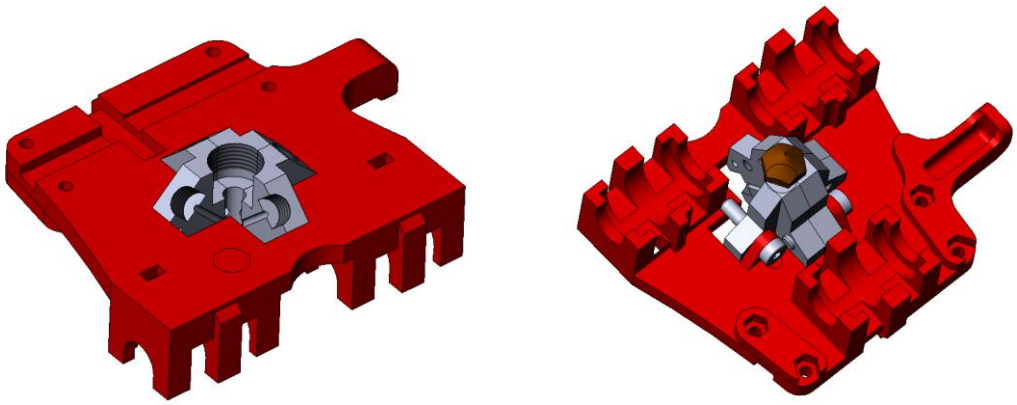


Fig. C.2-3: Disseny reciclat d'un model anterior d'impressora 3D
Font: Pròpia amb software SolidWorks

Es va realitzar un prototip amb SLS amb pols de poliamida per veure l'integració d'ambdós dissenys, el carro i la cambra de barreja. A priori l'acoblament sembla satisfactori però el material de la cambra serà metàlic.

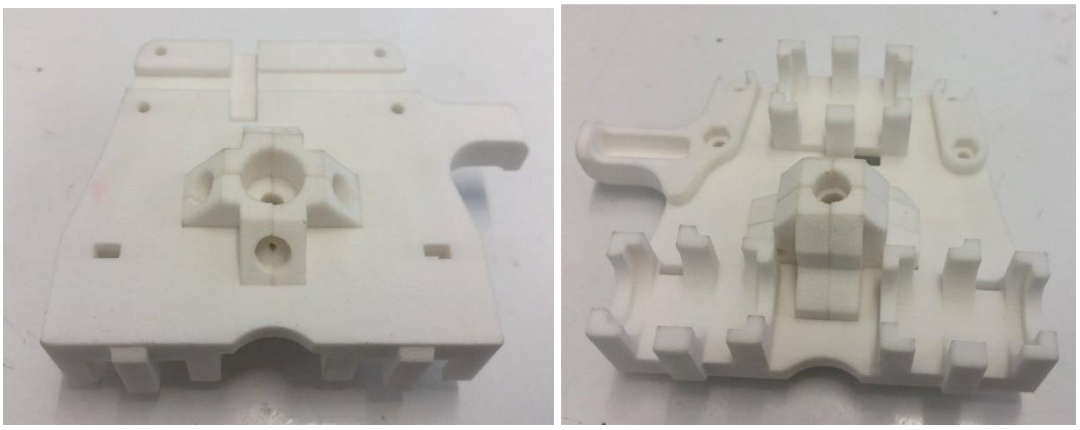


Fig. C.2-4: Prototip per sinteritzat laser del carro i la cambra acobats
Font: Pròpia

Es planteja una estructura més sezcilla i metàl·lica, per tal que la temperatura no afecti a la precisió de les unions. Es proposa la fabricació del suport de la cambra amb xapa plegada ja que presenta una unió més ferma, estable treballant a 70ºC que la peça de poliamida, i la seva fabricació comporta un preu considerablement bo. Es realitzen dissenys tant pel suport, la unió suport-carro, i l'eix barrejador tal i com es descriu en detall a la Memòria.

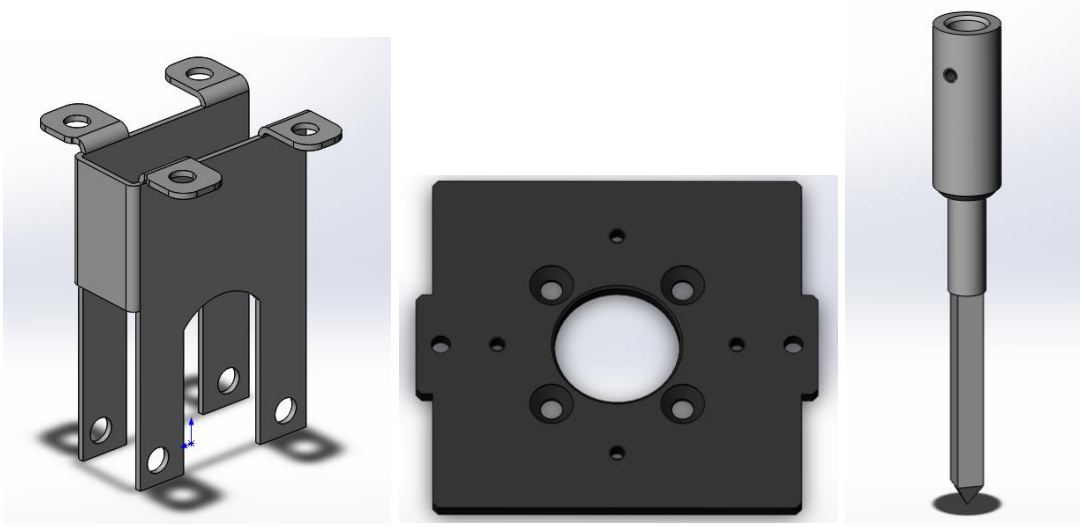


Fig. C.2-5: Disseny del suport en xapa, la platina del carro i l'eix barrejador
Font: Pròpia amb software SolidWorks

Tornant a la cambra, aquesta es modifica per poder allotjar un rodament i un retenidor concèntrics a l'eix. Les entrades dels fluids ara tenen una disminució de secció gradual.

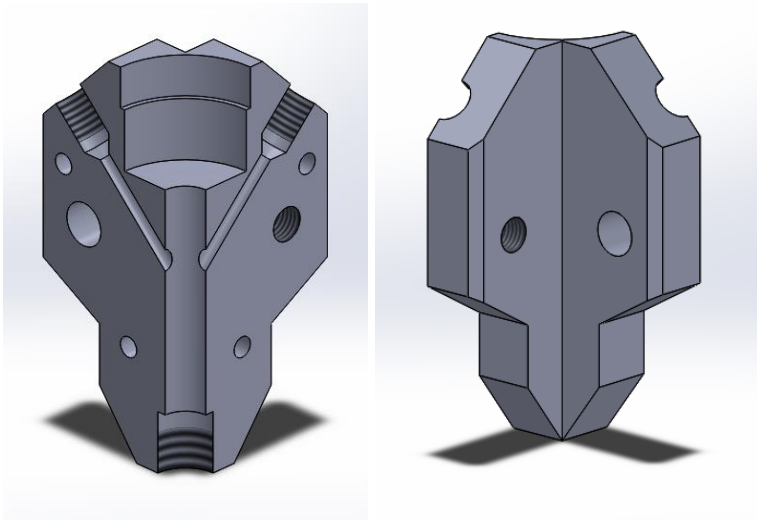


Fig. C.2-6: Disseny del quart de cambra abans de ur a fabricar
Font: Pròpia amb software SolidWorks

Un cop portat el disseny a producció s'ha recopilat una sèrie de consells i correccions per tal de fer possible i més senzilla la fabricació, la qual es fa en alumini. Principalment els canvis efectuats han sigut la eliminació de xamfrans no funcionals i la addició de arrodoniments per facilitar l'avanç de les eines de tall.

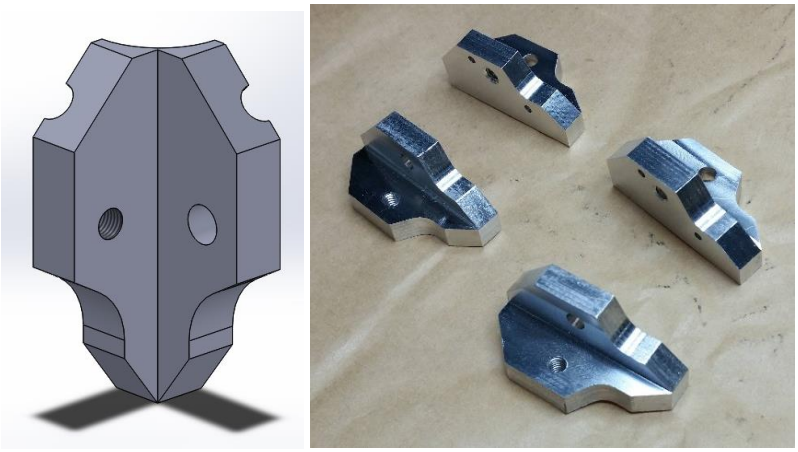


Fig. C.2-7: Disseny del quart de cambra després dela fabricació
Font: Pròpia amb software SolidWorks

El broquet està inspirat en els de l'actual broquet de la BCN 3D+ amb totes les mides i consideracions pertinents i mecanitzat en llautó. Un cop s'ha disposat de tots els components s'ha efectuat l'acoblament. Els connectors neumàtics finalment són 90º per disponibilitat.

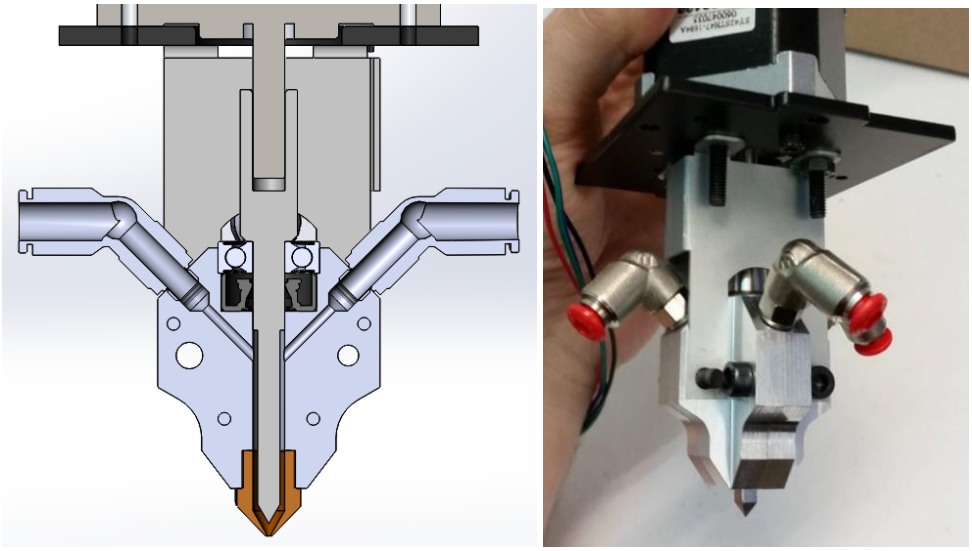


Fig. C.2-8: Acoblament del sistema de barreja complet
Font: Pròpia amb software SolidWorks

C.3. Sistema de bombeig dels fluid

Inicialment l'estructura de suport dels fluids i bombes es va plantejar com a un única planxa plegada però aquesta idea va ser ràpidament descartada ja que es va optar per realitzar una estructura formada per plaques planes encaixables entre si de PLA. Aquesta va se runa decisió que representa la filosofia del projecte, abaratir costos de fabricació sempre que quelcom es pugui realitzar amb impressió 3D.

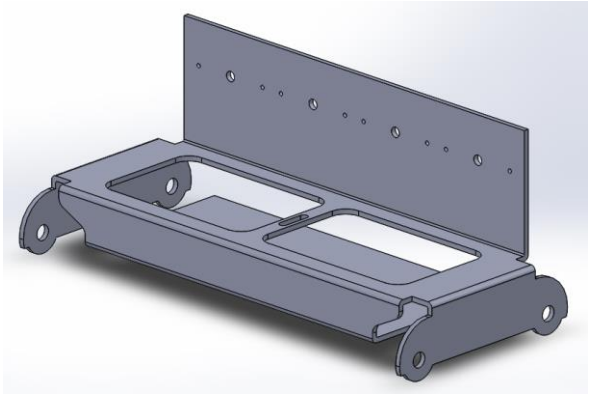


Fig. C.3-1: Disseny de l' estructura de suport de les bombes i dipòsits de fluids
Font: Pròpia amb software SolidWorks

Per la fabricació en 3D de peces encaixables s'ha hagut de tenir en compte que els orificis sempre tenen excés de material. Es per això que totes les cotes del forats han sigut estat augmentades 0,5mm (en el cas del diàmetres 1mm). S'ha tingut en compte l'actual disseny de subjecció de les bobines de filament de la BCN 3D+ per aconseguir una perfecta integració d'aquest amb l'estructura dissenyada. Gràcies a això s'han pogut reutilitzar peces de les que ja es disposava.

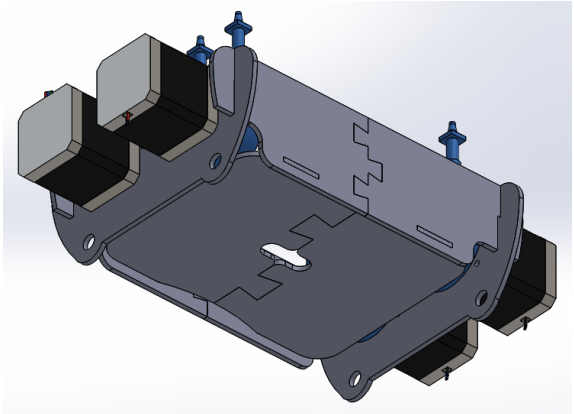


Fig. C.3-2: Disseny de l' estructura de suport de les bombes i dipòsits de fluids
Font: Pròpia amb software SolidWorks

S'ha tingut en compte l'actual disseny de subjecció de les bobines de filament de la BCN 3D+ per aconseguir una perfecta integració d'aquest amb l'estructura dissenyada. Gràcies a això s'han pogut reutilitzar peces de les que ja es disposava.

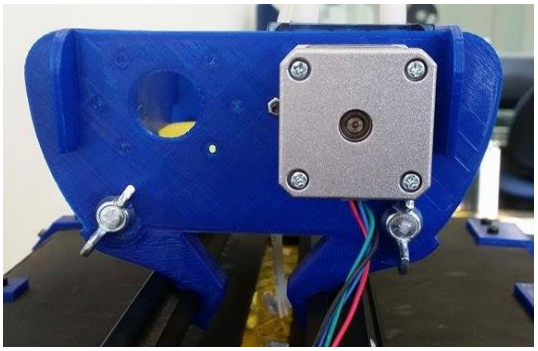


Fig. C.3-3:Mecanisme d'unió fusió del suport de les bobines més l'actual estructura
Font: Pròpia

L'acoblament de les peces no ha presentat cap problema gràcies a les consideracions geomètriques abans comentades sobre l'impressió 3D. A continuació es mostra el conjunt.

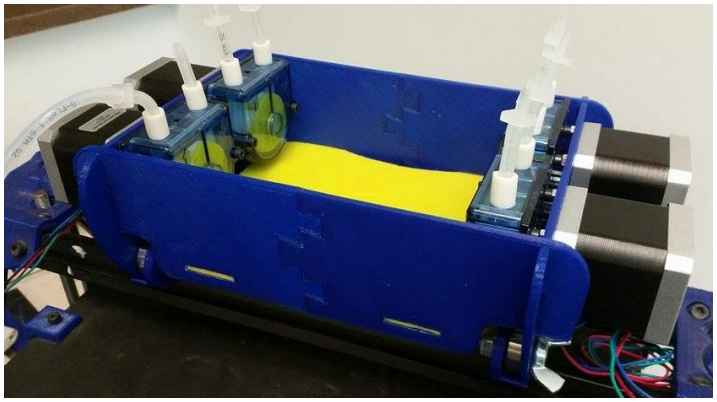


Fig. C.3-4:Conjunt de suport muntat.
Font: Pròpia

A falta de resultats cars i sofisticats per emmagatzemar els components químics s'ha optat per la senzillesa. Aquesta decisió respon únicament al fet de simplificar el sistema en la fase de prototipatge, de ser un producte comercial el resultat seria molt diferent. Es per això que per les proves realitzades simplement s'han utilitzat gotets amb la quantitat estimada necessària.

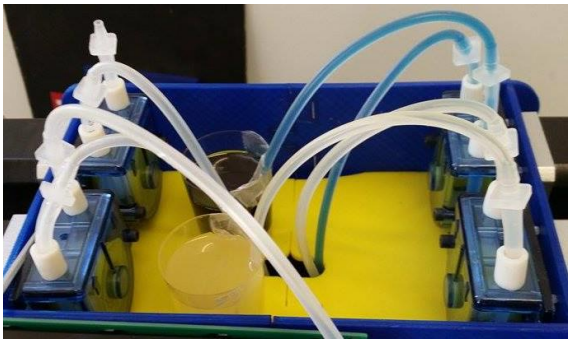


Fig. C.3-4:Emmagatzematge senzill dels components
Font: Pròpia

C.4. Electrònica

L'Arduino va ser en tot moment l'opció escollida per implementar la regulació del cabal de les bombes. Malauradament l'Arduino Mega de l'impressora no pot gestionar les operacions pròpies i les noves que es plantegen així que a estat necessari el disseny d'un complement.

Una opció que ha sigut ràpidament descartada es l'ús d'una segona placa *Ramps 1.4* amb el mateix *firmware* de l'impressora, el *Marlin*, amb petites modificacions per tal d'aprofitar únicament les aplicacions que fossin de l'interés del projecte. Aquesta opció ha sigut descartada ja que el plantejament del treball inclou l'aprenentatge mitjançant l'elaboració pròpia d'un codi de control.

Sota aquesta premissa es va considerar la opció de la CNC *shield*, una placa que permetia l'ús de 4 motors pas a pas, 3 d'ells de forma independent. Aquesta opció es fa servir en el món *RepRap* per a la construcció de màquines de control numèric de 3 eixos, habitualment fresadores i màquines de tall laser. Un cop adquirida es va fer evident que aquesta va ser dissenyada per sostenir el *firmware* GRBL, que aquest ve a ser un software que permet controlar moltes plataformes d'estil CNC. Per tant aquesta opció també es va descartar.

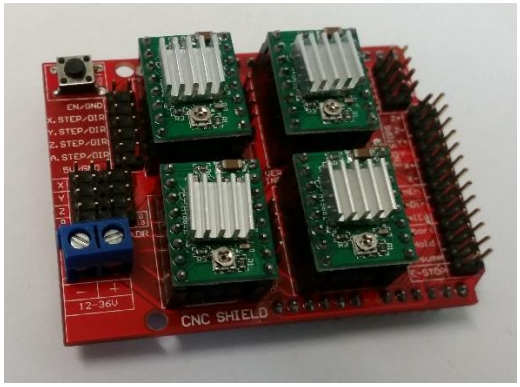


Fig. C.4-1: CNC Shield
Font: Pròpia

Finalment es va es va fer a un costat la idea d'utilitzar cap *shield* en favor d'un disseny més tradicional mitjançant protoboard, un Arduino Mega i diferents components electrònics. El primer que es va implementar va ser la visualització de dades mitjançant un display 16x2 seguint les instruccions de connexió del seu *datasheet* (veure Fig. C.4-2). Per la programació ha estat necessari l'ús de la llibreria *LiquidCrystal.h.*

Fig. C.4-2: Implementació del display
Font: Pròpia

Posteriorment es va afegir dos botons per poder augmentar o disminuir el valor de la duresa. La connexió dels botons té dos variants ben conegudes: pull-up i pull-down. Per el cas del projecte s'ha emprat la connexió pull-up. Les senyals arriben a l'Arduino Mega als pins 19 i 21, els quals estan habilitats per a senyals d'interrupció, i al *firmware* estan associades a dos subrutines que s'activen per flanc de pujada.

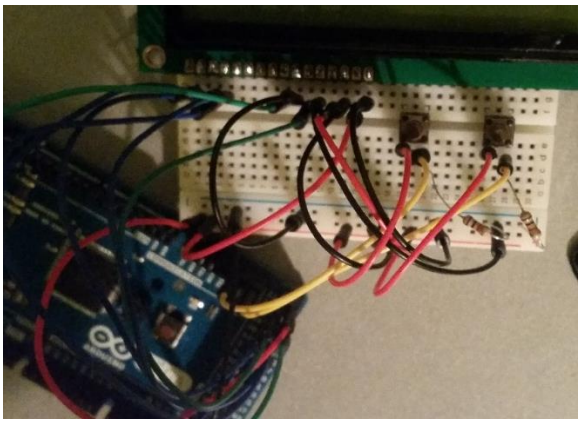


Fig. C.4-3: Implementació dels botons
Font: Pròpia

Per acabar l'últim pas va ser la incorporació dels divers de potència. L'Arduino necessita dos pins digitals que enviaran les senyals STEP i DIR als drivers de potència per poder controlar la velocitat dels motors. A més a més, es necessari l'ús de la llibreria *AccelStepper.h.*

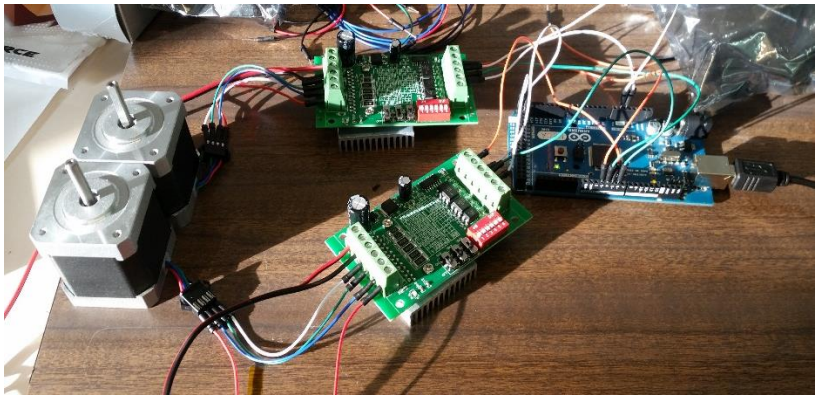


Fig. C.4-4: Implementació dels botons
Font: Pròpia

Així doncs la totalitat de l'electrònica de control llueix com es mostra a la Fig. D.4-5.

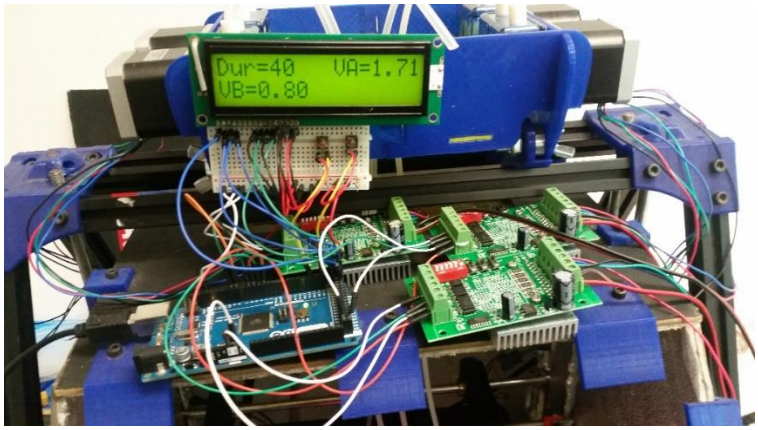


Fig. C.4-5: Conjunt de l'electrònica acoblada
Font: Pròpia

D. Programació arduino

PRINCIPAL §

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <AccelStepper.h>

LiquidCrystal lcd(22, 23, 24, 25, 26, 27); //PINS LCD
AccelStepper stepper1(1, 3, 4); //PINS STEPPER (1,STEP,DIR)
AccelStepper stepper2(1,5, 6);
AccelStepper stepper3(1,8, 9);
int duresa = 40;
int DUR = 40;
int pos1 = 30;
float vel1 = 0.38,vel2 = 0.33,vel3 = 1.83;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("Dur=");
  attachInterrupt(4,DURUP,RISING);
  attachInterrupt(2,DURDOWN,RISING); //attachInterrupt(3,PURGE,RISING);
  stepper1.setMaxSpeed(vel1);
  stepper1.setAcceleration(1000);
  stepper2.setMaxSpeed(vel2);
  stepper2.setAcceleration(1000);
  stepper3.setMaxSpeed(vel3);
  stepper3.setAcceleration(1000);
}


 void loop() {
   vel1=(0.0002*(duresa*duresa))-(0.0074*duresa)+0.3097;
   vel2=(0.0001*(duresa*duresa))-(0.0076*duresa)+0.3003;
   vel3=((-0.0003)*(duresa*duresa))+(0.0161*duresa)+1.2519;
   lcd.setCursor(4,0);
   lcd.print(duresa);
   lcd.setCursor(9, 0);
   lcd.print("VA=");
   lcd.print(vel1);
   lcd.setCursor(0, 1);
   lcd.print("VB=");
   lcd.print(vel2);
   lcd.print("; VC=");
   lcd.print(vel3);
   stepper1.setMaxSpeed(vel1*200/60); // Units rpm/min -> step/s
   stepper2.setMaxSpeed(vel2*200/60);
   stepper3.setMaxSpeed(vel3*200/60);
   stepper1.move(pos1);
   stepper2.move(pos1);
   stepper3.move(pos1);
   stepper1.runSpeed();
   stepper2.runSpeed();
   stepper3.runSpeed();
 }
```

```
void DURDOWN(){
  DUR = duresa;
  if (DUR >30){
    duresa = duresa - 5;
  }
}
void DURUP(){
  if (duresa < 95) {
    duresa = duresa + 5;
  }
}
```

E. Diferents escales de duresa

Sealing Devices Hardness Scale

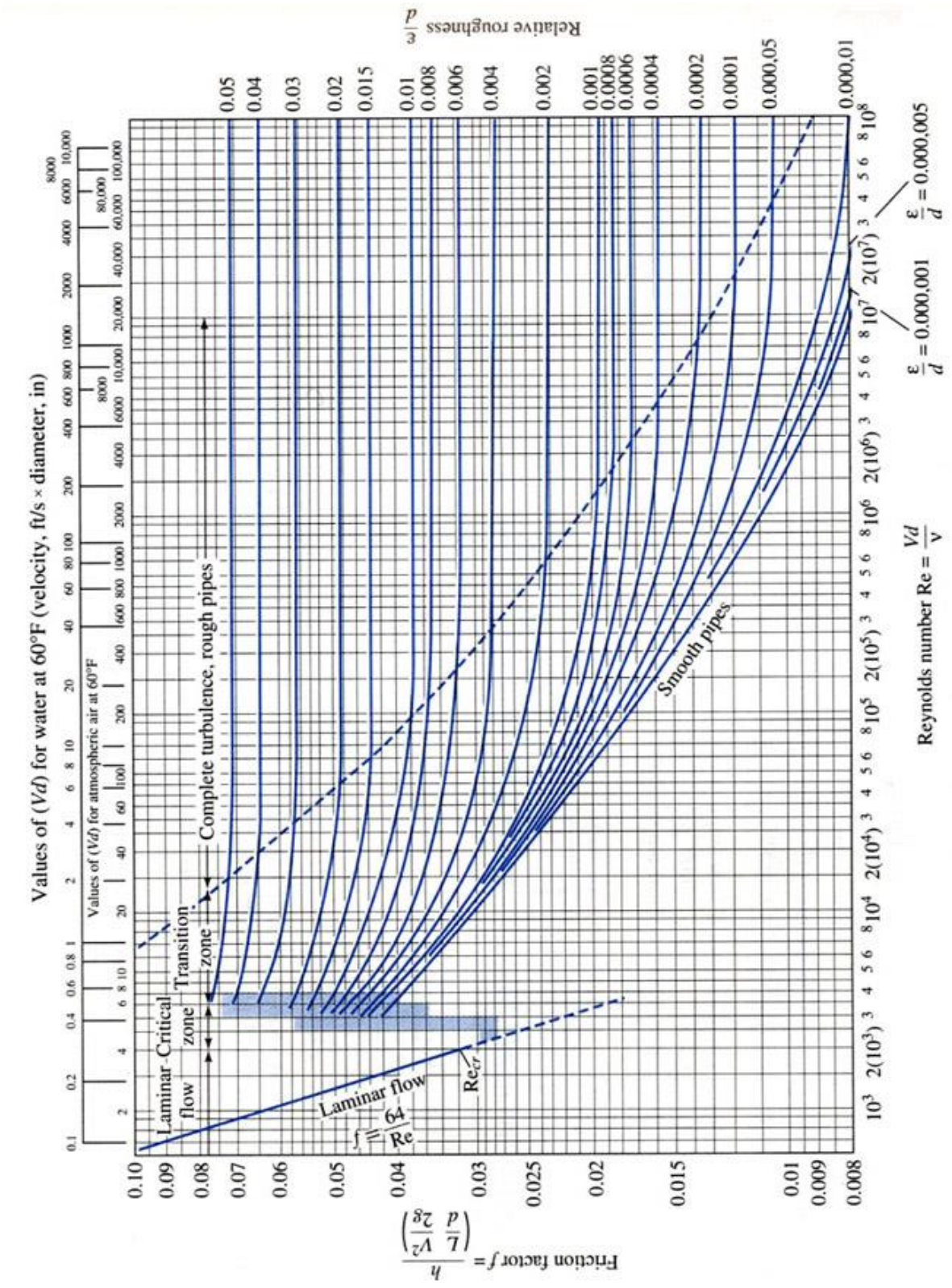
These are approximate scales based on currently available information and are reference only

Scale	Foam Grade	Shore 00 Durometer	Shore 0 Durometer	Shore A Durometer	Shore B Durometer	Shore C Durometer	Shore D Durometer	Brinell	Vickers HV	Rockwell B	Rockwell C
Method		2.4mm Spherical Diameter	2.4mm Spherical Diameter	35 Deg Frustum Cone	30 Deg Cone	35 Deg Frustum Cone	30 Deg Cone	10mm Tungsten Carbide Ball		1/16 Ball	120 deg Cone
Force		113 gf (1.11 N)	822gf (8.06 N)	822 gf (8.06 N)	822gf (8.06 N)	4,536 gf (44.48 N)	4,536 gf (44.48 N)	3000 kg	120 kg	100 kg	150 kg
Hardened Steel								800.0			72
								700.0	750		63
								600.0	660		58
								500.0	454		52
								400.0	423		43
								300.0	318	107	33
								200.0	199	93	16
Cast Iron								150.0	149	81	0
								100.0	105	59	
Aluminum / Copper							100	75.0	80	37	
							94	62.0			
							82	48.0			
							70	35.0			
				100	85	77	58	21.0			
Truck Tire Treads				95	81	68	46	20.3			
				90	76	60	39	19.5			
				85	71	53	33	18.8			
Roller Skate Wheel		98	84	80	66	47	29	18.0			
Car Tire Treads		97	80	75	61	42	25	17.3			
		95	76	70	56	37	22	16.5			
		94	72	65	51	32	19	15.8			
		93	69	60	46	28	16	15.0			
Inner Tubes		91	65	55	41	24	14	14.3			
Door Seals		90	61	50	36	20	12	13.5			
		88	57	45	31	17	10	12.8			
		86	53	40	26	14	8	12.0			
	Very Firm	83	48	35	21	12	7	11.3			
	Firm	79	42	30	16	9	6	10.5			
	Firm	74	35	25	11	7	5	9.8			
Rubber Band	Medium	68	28	20	6			9.0			
	Medium	61	21	15	1			8.3			
	Soft	53	14	10				7.5			
	Soft	45	7	5				6.8			
Bicycle Gel Seat	Soft	37	0	0				6.0			
Chewing Gum	Very Soft	28						5.3			
	Very Soft	19						4.5			
	Extra Soft	10						3.8			

F. Taula de rugositats absolutes

Material	Roughness (mm)
Drawn Tubing, Glass, Plastic	0.0015-0.01
Drawn Brass, Copper, Stainless Steel (New)	>0.0015-0.01
Flexible Rubber Tubing - Smooth	0.006-0.07
Flexible Rubber Tubing - Wire Reinforced	0.3-4
Stainless Steel	0.03
Wrought Iron (New)	0.045
Carbon Steel (New)	0.02-0.05
Carbon Steel (Slightly Corroded)	0.05-0.15
Carbon Steel (Moderately Corroded)	0.15-1
Carbon Steel (Badly Corroded)	1-3
Carbon Steel (Cement-lined)	1.5
Asphalted Cast Iron	0.1-1
Cast Iron (new)	0.25
Cast Iron (old, sandblasted)	1
Sheet Metal Ducts (with smooth joints)	0.02-0.1
Galvanized Iron	0.025-0.15
Wood Stave	0.18-0.91
Wood Stave, used	0.25-1
Smooth Cement	0.5
Concrete – Very Smooth	0.025-0.2
Concrete – Fine (Floated, Brushed)	0.2-0.8
Concrete – Rough, Form Marks	0.8-3
Riveted Steel	0.91-9.1
Water Mains with Tuberculations	1.2
Brickwork, Mature Foul Sewers	3

G. Àbac de Moody



H. Fitxes tècniques

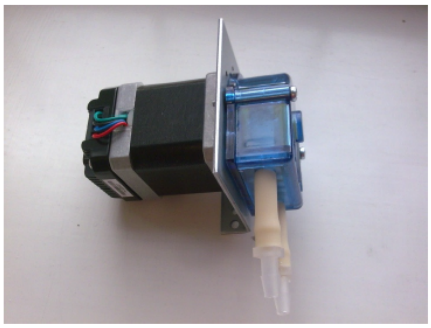
Williamson

UK manufacturers of quality peristaltic pumps

Specification Sheet

200 Series Stepper motor powered pumps.

Specification Sheet 1 (last updated May 2013)



- Long life brushless motor.
- Quiet operation.
- Optional Built in driver & pulse generator (just connect supply) with speed control from 0.15 RPM up to 150 RPM via internal or external potentiometer or 0-5v.
- Optional DC socket & Plug top power supply complete with UK,EU & US AC connection heads.
- Various tube materials & sizes
- Ideal for R&D testing.
- OEM options for volume requirements
- Cased versions available

The 200 series, mini range of stepper motor driven peristaltic pumps offer a compact, accurate (#2) and reliable means of dosing a wide range of liquids. They are available in various configurations of tubing type/ID bore as detailed below.
The easiest way to place an order or check prices is via our online shop at http://www.williamson-shop.co.uk
but please contact us for any requirements not listed or to place an order over the phone.

Selection Guide

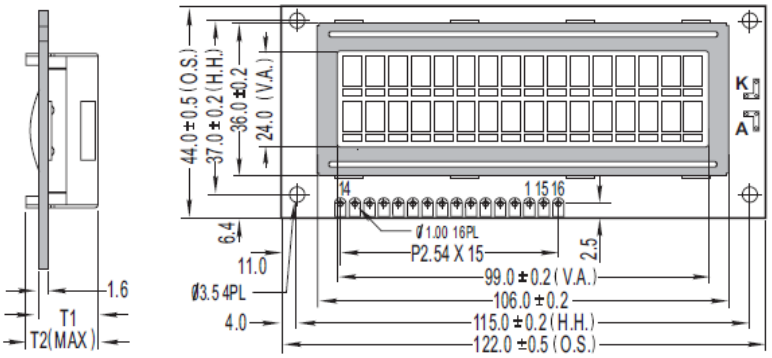
Model Number	RPM	Tube type	Tube I.D	Approx. Flow range	Including Driver	External Speed control (not supplied)	Internal Speed control	Bracket mount speed control	DC SKT & AC #3 adapter
200.SM.016	see #1	Silicone	1.6mm	0.2 ml per revolution.	no	no	no	no	No
200.SMA.150.016	0.15-150	Silicone	1.6mm	0.05 to 30 ml/min	yes	no	yes	no	No
200.SMA.150.016PS	0.15-150	Silicone	1.6mm	0.05 to 30 ml/min	yes	no	yes	no	Yes
200.SMB.150.016	0.15-150	Silicone	1.6mm	0.05 to 30 ml/min	yes	yes	no	no	No
200.SMB.150.016S	0.15-150	Silicone	1.6mm	0.05 to 30 ml/min	yes	no	no	yes	No
200.SMB.150.016SC	0.15-150	Silicone	1.6mm	0.05 to 30 ml/min	yes	no	no	yes	Yes
200.SMB.150.016PS	0.15-150	Silicone	1.6mm	0.05 to 30 ml/min	yes	yes	no	no	Yes
200.SM.030	see #1	Silicone	3.0mm	0.58 ml/rev	no	no	no	no	No
200.SMA.150.030	0.15-150	Silicone	3.0mm	0.1 to 87 ml/min	yes	no	yes	no	No
200.SMA.150.030PS	0.15-150	Silicone	3.0mm	0.1 to 87 ml/min	yes	no	yes	no	Yes
200.SMB.150.030	0.15-150	Silicone	3.0mm	0.1 to 87 ml/min	yes	yes	no	no	No
200.SMB.150.030S	0.15-150	Silicone	3.0mm	0.1 to 87 ml/min	yes	no	no	yes	No
200.SMB.150.030SC	0.15-150	Silicone	3.0mm	0.1 to 87 ml/min	yes	no	no	yes	Yes
200.SMB.150.030PS	0.15-150	Silicone	3.0mm	0.1 to 87 ml/min	yes	yes	no	no	Yes
200.SM.050	see #1	Silicone	5.0mm	1.18 ml/rev	no	no	no	no	No
200.SMA.150.050	0.15-150	Silicone	5.0mm	0.2 to 177 ml/min	yes	no	yes	no	No
200.SMA.150.050PS	0.15-150	Silicone	5.0mm	0.2 to 177 ml/min	yes	no	yes	no	Yes
200.SMB.150.050	0.15-150	Silicone	5.0mm	0.2 to 177 ml/min	yes	yes	no	no	No
200.SMB.150.050S	0.15-150	Silicone	5.0mm	0.2 to 177 ml/min	yes	no	no	yes	No
200.SMB.150.050SC	0.15-150	Silicone	5.0mm	0.2 to 177 ml/min	yes	no	no	yes	Yes

Williamson Manufacturing Company Ltd
The Street, Poynings, West Sussex, BN45 7AQ, United Kingdom.
Tel +44(0)1273 857752 Fax +44(0)1273 857511 Web www.wmcpumps.com

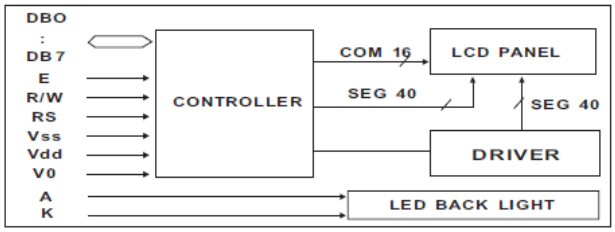
The Williamson Manufacturing Company Ltd provides no warranty on usage of pumps. We recommend that life tests be carried out prior to use. This information is given in good faith and believed to be correct and current at time of publishing. We cannot accept responsibility for its inaccuracy or any errors or omissions contained herein. Copyright The Williamson Manufacturing Company Ltd 2015

FORDATA ELECTRONIC CO.,LTD
PROFESSIONAL LCD SUPPLIER FROM CHINA

FDCC1602P



ITEM	T1	T2
LED backlight	8.6	13.5
EL / without backlight	4.6	9.5



FEATURE

1. 5X8 dots with cursor
2. Built- in controller (SPLC780D or Equivalent)
3. +5V power supply (Also available for +3.0V)
4. 1/16 duty cycle
5. BKL to be driven by pin1,pin2,or pin15,pin16 or A,K
6. N.V. Optional

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

ITEM	SYMBOL	MIN	MAX	UNIT
POWER SUPPLY (LOGIC)	Vdd	-0.3	7.0	V
POWER SUPPLY (LCD)	V0	Vdd -13.5	Vdd +0.3	V
INPUT VOLTAGE	Vin	-0.3	Vdd +0.3	V

PIN ASSIGNMENT

PIN	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	Power Supply
3	V0	Contrast Adjust
4	RS	Register Select Signal
5	R/W	Data Read/Write
6	E	Enable Signal
7-14	DB0-DB7	Data Bus Line
15(A)	LED+	Power supply for BKL(+)
16(K)	LED-	Power supply for BKL(-)

MECHANICAL SPECIFICATIONS

CHARACTER NUMBER	16W X 2H	—
OVERALL SIZE	122.00W X 44.00H	mm
VIEWING AREA	99.00W X 24.00H	mm
HOLE - HOLE	115.00W X 37.00H	mm
CHARACTER SIZE	4.84W X 9.66H	mm
CHARACTER PITCH	1.16W X 0.68H	mm
DOT SIZE	0.92W X 1.10H	mm
DOT PITCH	0.06W X 0.06H	mm

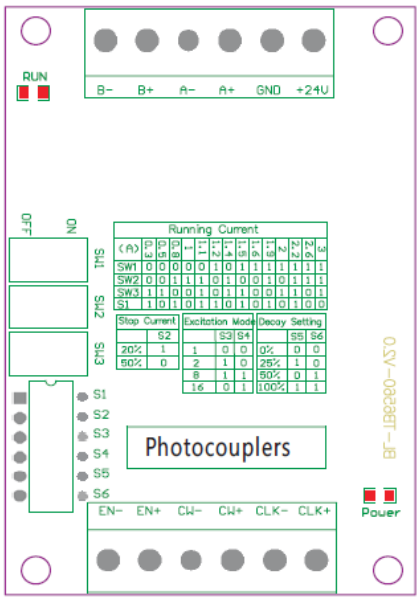
ELECTRONICAL CHARACTERISTICS

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Input voltage	Vdd	+5V	4.7	5.0	5.5	V
		+3.3V	2.7	3.0	3.3	V
Supply current	Idd	Vdd=5V	---	1.5	4.0	mA
Recommended LCD driving voltage for normal temp version module	Vdd-V0	0 °C	4.7	5.0	5.5	V
		25 °C	4.3	4.5	4.7	
		50 °C	4.1	4.3	4.5	
LED forward voltage	V_F	25 °C	---	4.2	4.6	V
LED forward current	I_F	25 °C	---	240	---	mA
EL power supply current	EL	AC 400Hz V_{EL}=110V	----	---	---	mA

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0F
DDRAM address	40	41	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4F

Tb6560 stepping motor driver V20



Warning:

1、Check the connection twice! The Tb6560 chipset can be damaged if the motor or the power supply are not connected properly.
2、Dont apply a motor that its rated current is more than 3A to this driver.
3、Do not set the current more than the motor rated current!

Wiring Terminal symbol	Description
+24V, GND	Power positive and negative
A+, A-	Motor phase A
B+, B-	Motor phase B
CLK+, CLK-	Pulse positive and negative
CW+, CW-	Direction positive and negative
EN+, EN-	Enable positive and negative

Note:

1、6 input terminals, can be connected as common anode or cathode。
2、The normal input voltage is **5V**, if it is more than 5V, than a series resistor is needed. this resistance is 1K case 12V and 2.4K case 24V.
3、when pulse is applied to **CLK**, the stepping motor will rotate, and stop when there is none, and the motor driver will change its current to the half current mode as setting to hold the motor still.
4、Motor rotate clockwise when **CW** is low level and counterclockwise when **CW** is high level.
5、Motor is enable when **EN** is low level and disable when EN is high leve.

Running Current														
(A)	0.3	0.5	0.8	1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2	2.2	2.6	3
SW1	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
SW2	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON
SW3	ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON
S1	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF

Stop Current	
	S2
20%	ON
50%	OFF

Excitation Mode		
Step	S3	S4
whole	OFF	OFF
half	ON	OFF
1/8	ON	ON
1/16	OFF	ON

Decay Setting		
	S5	S6
0%	OFF	OFF
25%	ON	OFF
50%	OFF	ON
100%	ON	ON

UPX 8400

VACUUM CASTING SOFT POLYURETHANE FOR TECHNICAL PARTS AND PROTOTYPES

VARIABLE HARDNESS FROM 30 to 95 A SHORE

APPLICATIONS

Using by casting under vacuum in silicone moulds to make soft prototype parts or small series of rubber like parts. Fully compatible with ESSIL 291 silicone moulds.

PROPERTIES

- *3 components for variable hardness*
- *Fixed mix ratio in between polyol & Isocyanate*
- *Easy to pigment with universal pigments*
- *Low silicone moulds agressivity*

PHYSICAL PROPERTIES					
Composition		POLYOL UPX 8400	ISOCYANATE UPX 8400	EXTENDER UPX 8400	MIXING
Mixing ratio by weight at 25°C		100	100	0 to 700	
Aspect		Liquid*	Liquid	Liquid	liquid
Colour		transparent	Light yellow	Milky white	Off white
Viscosity at 25°C (mPa.s)	BROOKFIELD LVT	300	350	480	**
Density of parts before mixing Density of cured mixing	ISO 1675 :1975 ISO 2781 :1988	1.05 -	1.20 -	1.05 -	- 1.10
Pot life at 25°C on 100g (min.)	-				09 – 15**

** POLYOL crystallizes below 15°C. Pre-heat up to 40 – 70°C and shake it to get an homogeneous liquid before use. Let it cool down to 25 - 35°C before mixing.*
If the ISOCYANATE is crystallized heat it up to 70°C for one hour. Do not go over 4 hours at 70°C.
*** Depends of the mix ratio therefore final hardness;* ***SEE PAGE 3 FOR HARDNESS vs. MIX RATIO***

PROCESSING

- *Warm the product to 25-35°C if stored at low temperature.*
- *IMPORTANT: Re-homogenize the Polyol before each weighing.*
- *Weigh the components according to the mixing ratio, add the extender in the polyol and pre-mix it.*
- *Add eventually the pigment in such Polyol (CP colors).*
- *Degas separately each part for 5-10 minutes.*
- *Add the Isocyanate in the pre-mix (extender + Polyol) and mix 2 minutes.*
- *Cast into the silicone mould pre-heated at 70°C, then leave to cure at 70°C.*
- *Demoulding after 90 -120 minutes.*
- *To speed up demoulding you can cast in a 80°C preheated mould and leave to cure for 45 min before demoulding.*

HANDLING PRECAUTIONS

Normal health and safety precautions should be observed when handling these products:

- *ensure good ventilation*
- *wear gloves and safety glasses*

For further information, please consult the product safety data sheet.

AXSON TECHNOLOGIES
Head Office France
+33 1 34 40 34 56
axson@axson.fr
axson.fr

GERMANY +49 60 74 40 71 10 vertrieb@axson.de axson.de
SPAIN & PORTUGAL +34 93 225 15 20 axson@axson.es axson.es
SLOVAKIA +421 37 642 25 26 office@axson-co.sk axson-co.sk
NORTH AMERICA +1 517 663 8191 info@axsontech.us axsontech.us
JAPAN +81 564 26 25 91 sales@axson.jp axson.jp
INDIA +91 20 2556 0710 info.india@axson.com axson.com
ITALY +39 02 96 70 23 36 axson@axson.it axson.it
U.K. +44 1 638 66 00 62 sales@axson.co.uk axson.com
MEXICO +52 55 52 64 49 22 axson@prodigy.net.mx axson.com.mx
CHINA +86 21 58 68 30 37 china@axson.cn axson.cn
MIDDLE EAST +971 7 2432227 info.middleeast@axson.com axson.com

UPX 8400

VACUUM CASTING SOFT POLYURETHANE FOR TECHNICAL PARTS AND PROTOTYPES

VARIABLE HARDNESS FROM 30 to 95 A SHORE

MECHANICAL PROPERTIES AT 23°C (1) RATIO: 100 - 100 - 0			
Hardness - at 23°C	ISO 868 :2003	Shore A1	95
Tensile strength	ISO 37 :2004	MPa	17
Tear strength *Unnotched angular specimens*	ISO 34 :2004	kN/m	22
Elongation at break in tension	ISO 37:2004	%	430

THERMAL AND SPECIFIC PROPERTIES			
Max working temperature	-	°C	70
Linear shrinkage	-	mm/m	NC
Maximal casting thickness	-	mm	20
Demolding time at 70°C	-	min	90 – 120 *
Complete hardening time at 23°C	-	days	4

(1) *: Average values obtained on standardized specimens / Hardening 1 hour at 70°C + 24 hours at 70°C*

* *Depends of the mix ratio therefore final hardness.*

STORAGE CONDITIONS

Shelf life of polyol and extender is 09 months; shelf life of isocyanate is 06 months in a dry place and in their original unopened containers at a temperature between 20 and 30°C.
Open, Polyol is water sensitive and could absorb some moisture if leaved open for a while. Please close carefully any bottle after use. Any open container must be tightly closed under dry nitrogen blanket.

Polyol at low temperature (< 15°C) may crystallize (evidence: solid part). Please follow the processing instructions before use.

PACKAGING

ISOCYANATE + POLYOL	*EXTENDER*
1 x (3x1 + 3x1) kg	1x (6 x 1 kg) 1x 1 kg

GUARANTEE

The information contained in this technical data sheet result from research and tests conducted in our Laboratories under precise conditions. It is the responsibility of the user to determine the suitability of AXSON products, under their own conditions before commencing with the proposed application. AXSON guarantee the conformity of their products with their specifications but cannot guarantee the compatibility of a product with any particular application. AXSON disclaim all responsibility for damage from any incident which results from the use of these products. The responsibility of AXSON is strictly limited to reimbursement or replacement of products which do not comply with the published specifications.

AXSON TECHNOLOGIES
Head Office France
+33 1 34 40 34 50
axson@axson.fr
axson.fr

GERMANY +49 6074 4071 10 vertrieb@axson.de axson.de
SPAIN & PORTUGAL +34 93 225 15 20 axson@axson.es axson.es
SLOVAKIA +421 37 642 25 25 office@axson-cs.sk axson-cs.sk
NORTH AMERICA +1 517 663 8191 info@axsontech.us axsontech.us
JAPAN +81 564 26 25 91 sales@axson.jp axson.jp
INDIA +91 20 25650710 info.india@axson.com axson.com
ITALY +39 02 96 70 23 36 axson@axson.it axson.it
U.K. +44 1 628 66 00 62 sales@axson.co.uk axson.com
MEXICO +52 55 52 64 49 22 axson@prodigy.net.mx axson.com.mx
CHINA +86 21 58 68 30 37 china@axson.cn axson.cn
MIDDLE EAST +971 7 2432227 info.middleeast@axson.com axson.com

UPX 8400

VACUUM CASTING SOFT POLYURETHANE
FOR TECHNICAL PARTS AND PROTOTYPES
VARIABLE HARDNESS FROM 30 to 95 A SHORE

HOW TO GET THE RIGHT HARDNESS:

Follow indications of the chart below to get the expected hardness.
It's also possible to get intermediate hardness by adjustment of extender quantity .I.E. for 55 A shore, mixing is: 100 -100 - 350.

HARDNESS A SHORE	MIX RATIO		
	POLYOL	ISOCYANATE	EXTENDER
95	100	100	0
85	100	100	50
80	100	100	100
70	100	100	150
65	100	100	200
60	100	100	300
50	100	100	400
40	100	100	500
35	100	100	600
30	100	100	700

HARDNESS A SHORE	SOME MECHANICAL PROPERTIES		
	Elongation	Tensile strength	Tear strength
	(ISO 37:2004) %	(ISO 37:2004) MPa	(ISO 34:2004) Mpa
95	390	16.20	22.20
65	410	6.70	11.50
40	430	3.60	6.30
30	550	2.10	3.75

AXSON TECHNOLOGIES
Head Office France
+33 1 34 40 34 50
axson@axson.fr
axson.fr

GERMANY +49 60 74 40 71 10 vertrauf@axson.de axson.de
SPAIN & PORTUGAL +34 93 225 15 20 axson@axson.es axson.es
SLOVAKIA +421 37 642 25 26 office@axson-co.sk axson-co.sk
NORTH AMERICA +1 517 663 8191 info@axsontech.us axsontech.us
JAPAN +81 564 26 25 91 sales@axson.jp axson.jp
INDIA +91 20 2566 0710 info.india@axson.com axson.com
ITALY +39 02 96 70 23 35 axson@axson.it axson.it
U.K. +44 1 638 66 00 62 sales@axson.co.uk axson.com
MEXICO +52 55 52 64 49 22 axson@prodigy.net.mx axson.com.mx
CHINA +86 21 58 68 30 37 china@axson.cn axson.cn
MIDDLE EAST +971 7 2432227 info.middleeast@axson.com axson.com

Jordi Sagristà, SL
Especialistas en productos químicos

Resin	Hardener	Mixing ratio by weight
POLIOL SA/40	**ISOCIANATO SA/40**	**100:50**

Application: Manufacturing of plaster, concrete and Plasticrete water based acrylic system.

Processing: Mechanical mixing, avoid air trapping. Cast on moulds well dried and moisture insulated. Room temperature or hot curing.

Description: Two components, polyurethane elastomers sistem with high elongation.

TYPICAL SYSTEM CHARACTERISTICS

Resin				
Resin Colour			Yellow	
Viscosity 25°C	IO-10-50 (EN13702-2)	mPas	700	1.100
Density 25°C	IO-10-51 (ASTM D 1475)	g/ml	1,03	1,07
Hardener				
Hardener Colour			Blue	
Viscosity at: 25°C	IO-10-50 (EN13702-2)	mPas	100	200
Density 25°C	IO-10-51 (ASTM D 1475)	g/ml	1,10	1,14
Processing Data				
Mixing ratio by weight	for 100 g resin			
Mixing ratio by volume	for 100 ml resin			
Pot life 25°C (40mm;100ml)	IO-10-53 (*)	min	8	13
Exothermic peak 25°C (40mm;100ml)	IO-10-53 (*)	°C	55	60
Initial mixture viscosity at: 25°C	IO-10-50 (EN13702-2)	mPas	800	1.400
Gelation time 25°C 100ml	IO-10-52a (UNI 8701)	min	10	15
Demoulding time 25°C 10 mm	(*)	h	5	7

C/Lima, 1 Nave A3
08030 Barcelona
Tel: 93. 274. 25. 42
Fax: 93. 274. 28. 13
junior@jsagrista.com
www.jordisagrista.com

Jordi Sagristà, SL
Especialistas en productos químicos

POLIOL SA/40 ISOCIANATO SA/40

TYPICAL CURED SYSTEM PROPERTIES

Properties determined on specimens cured: 7 days RT

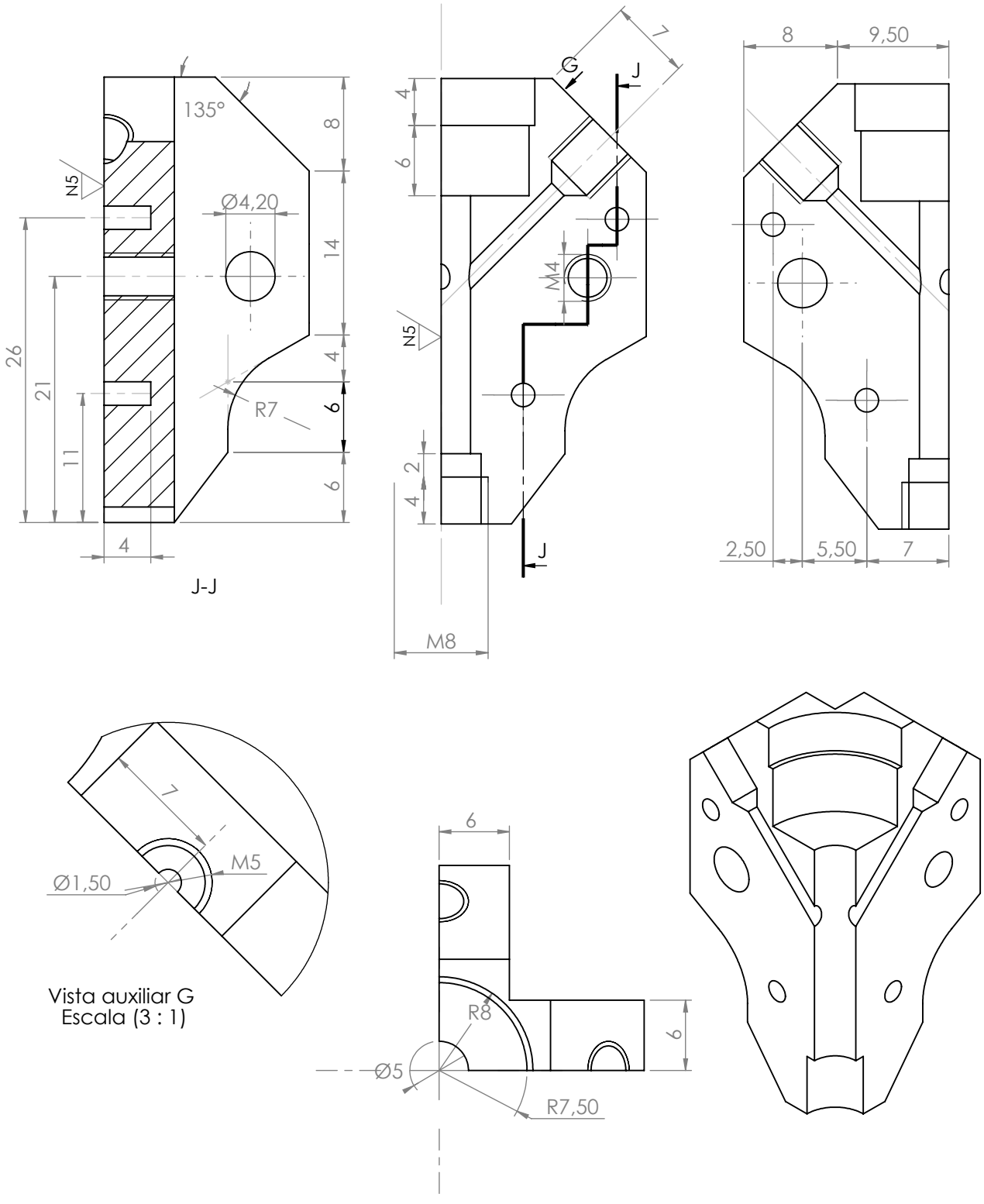
Colour			Green	
Density 25°C	IO-10-54 (ASTM D 792)	g/ml	1,05	1,09
Hardness 25°C 24h	IO-10-58 (ASTM D 2240)	Shore A/15	33	37
25°C 48h		Shore A/15	38	42
25°C 7 days		Shore A/15	39	43
Glass transition (Tg)	IO-10-89 (ASTM D 3418)	°C	~	-40
Water absorption (24h RT)	IO-10-70 (ASTM D 570)	%	3	5
Tensile strength	IO-10-63 (ASTM D 638)	MN/m²	2,5	3,5
Elongation at break	IO-10-63 (ASTM D 638)	%	240	300

IO-00-00 = The correspondent international method is indicated whenever possible. nd = not determined na = not applicable RT = TA = laboratory room temperature (23±2°C)
Conversion units: 1 mPas = 1 cPs 1MN/m2 = 10 kg/cm2 = 1 MPa

(*) for larger quantities pot life is shorter and exothermic peak increases
(**) the brackets mean optionality
(***) The maximum operating temperature is given on the basis of laboratory information available being it function of the curing conditions used and of the type of coupled materials. For further possible information see post-curing paragraph.

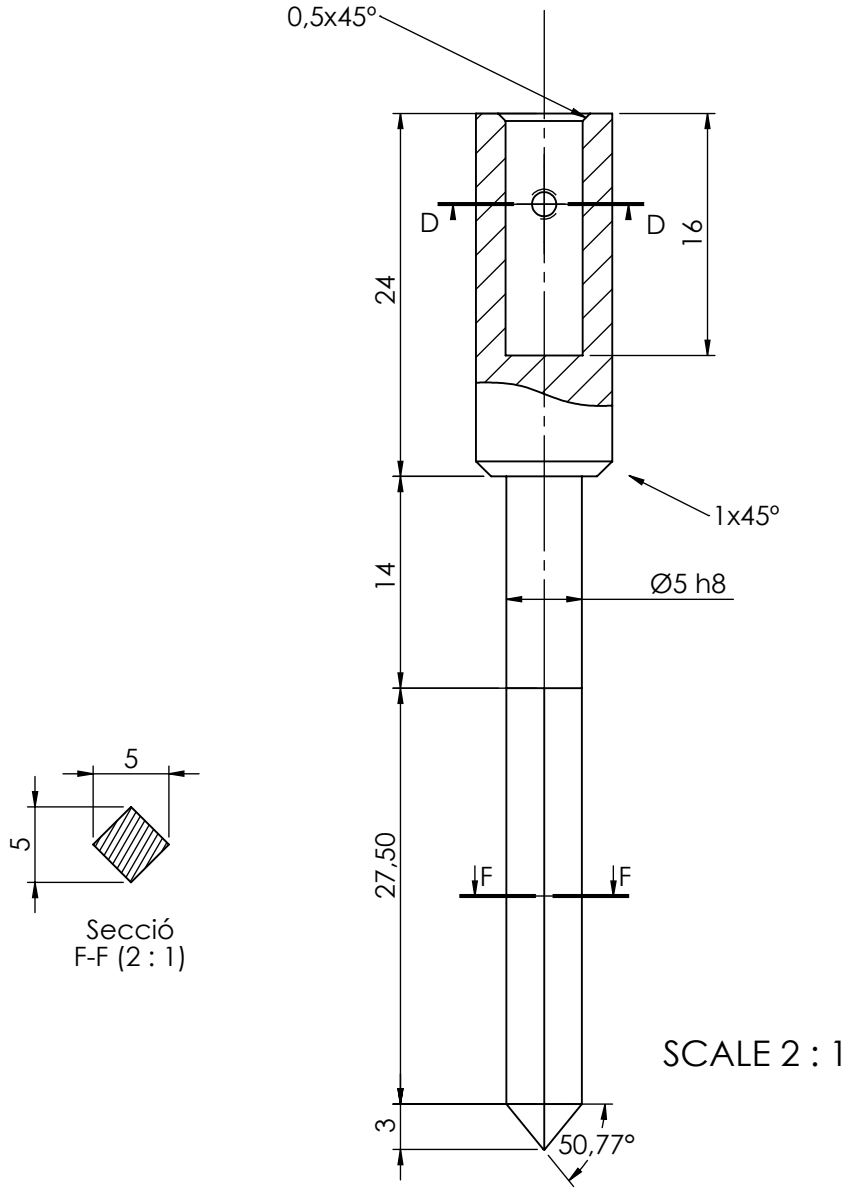
C/Lima, 1 Nave A3
08030 Barcelona
Tel: 93. 274. 25. 42
Fax: 93. 274. 28. 13
junior@jsagrista.com
www.jordisagrista.com

I. Plànols



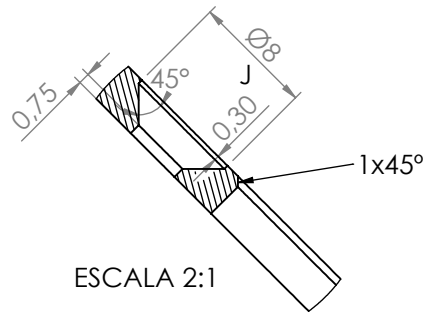
	Nom Alejandro López Muñoz	Data 28/10/2015	Material Alumini	Escala 2:1
Curs 2015-2016 Tardor	Denominació Quart de cambra de barreja		Màquina 1	
Professor Joan Ramón Gomà	Departament d'Enginyeria Mecànica		Nº de plànol 1	

SolidWorks Educational Edition.
For Instructional Use Only.

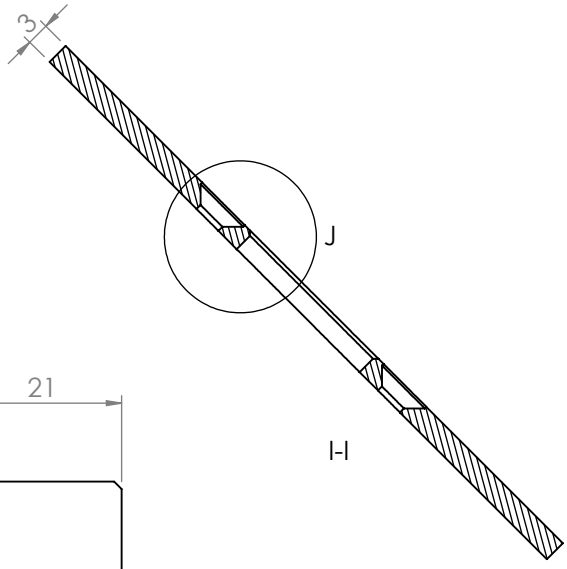


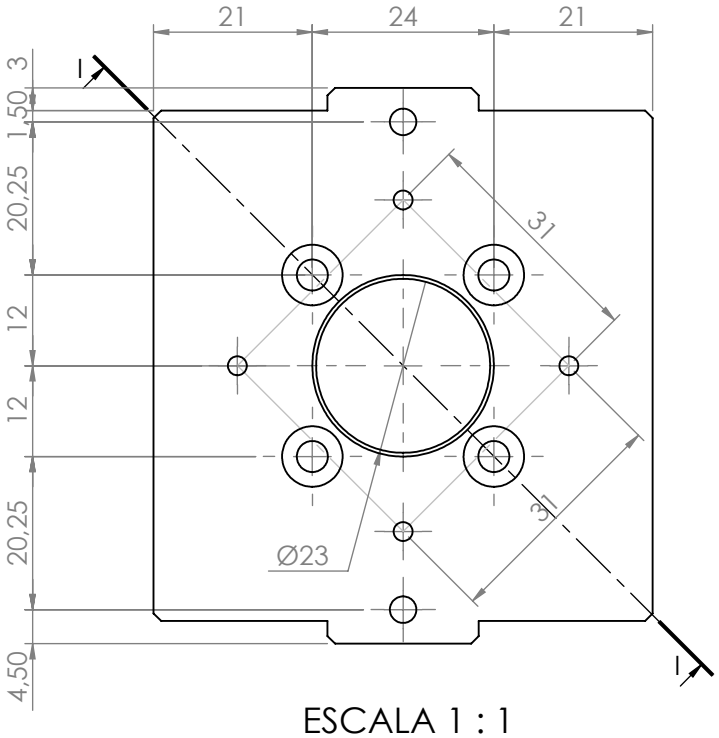
	Nom Alejandro López Muñoz	Data 02/11/2015	Material Acer inoxidable	Escala 2:1
Curs 2015-2016 Tardor	Denominació Eix barrejador		Màquina 1	
Professor Joan Ramón Gomà	Departament d'Enginyeria Mecànica		Nº de plànol 1	

SolidWorks Educational Edition.
For Instructional Use Only.



ESCALA 2:1



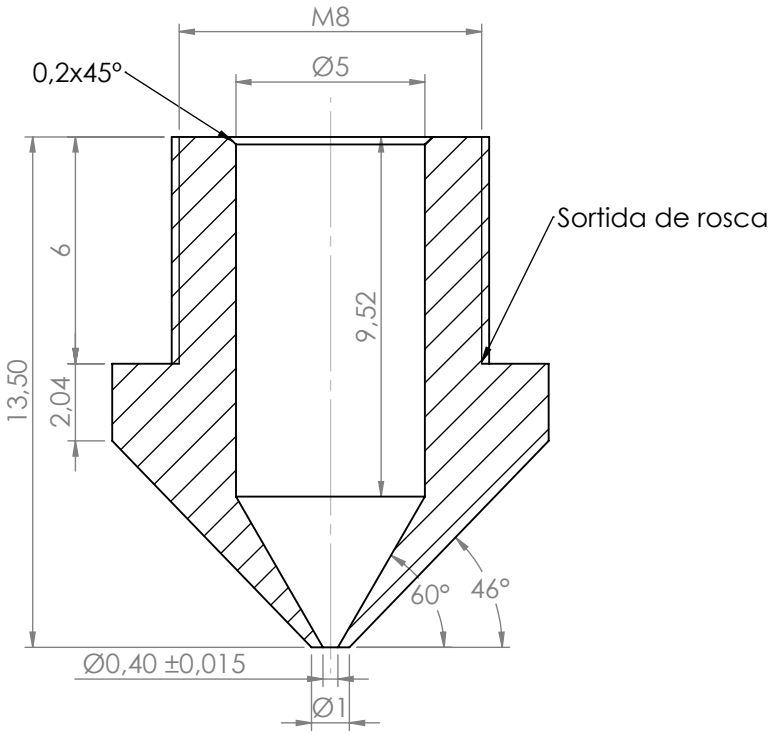


ESCALA 1 : 1

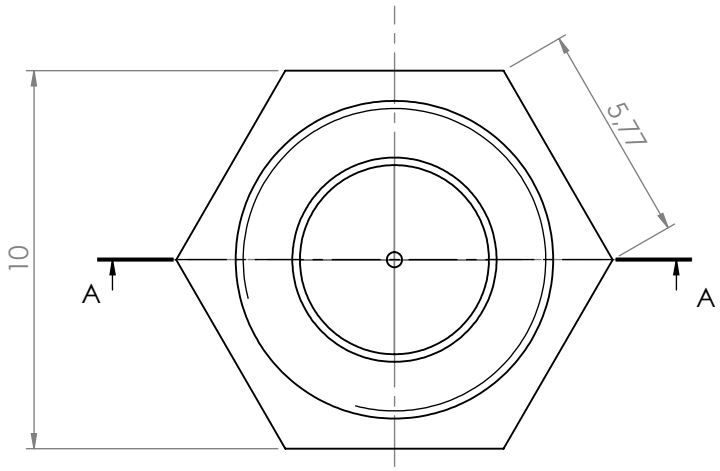
Partint de la peça original entregada mecanitzar mitjançant les següents indicacions.

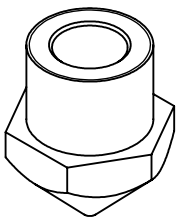
		Nom Alejandro López Muñoz	Data 28/10/2015	Material Alumini	Escala 1:1
Curs 2015-2016 Tardor		Denominació Platina capçal eix X		Màquina 1
Professor Joan Ramón Gomà	Departament d'Enginyeria Mecànica			Nº de plànol 1

SolidWorks Educational Edition.
For Instructional Use Only.



SECCIÓ A-A





ESCALA 2 : 1

	Nom Alejandro López Muñoz	Data 22/10/2015	Material Llautó	Escala 5:1
Curs 2015-2016 Tardor	Denominació Nozzle		Màquina 1	
Professor Joan Ramón Gomà	Departament d'Enginyeria Mecànica		Nº de plànol 1	

SolidWorks Educational Edition.
For Instructional Use Only.