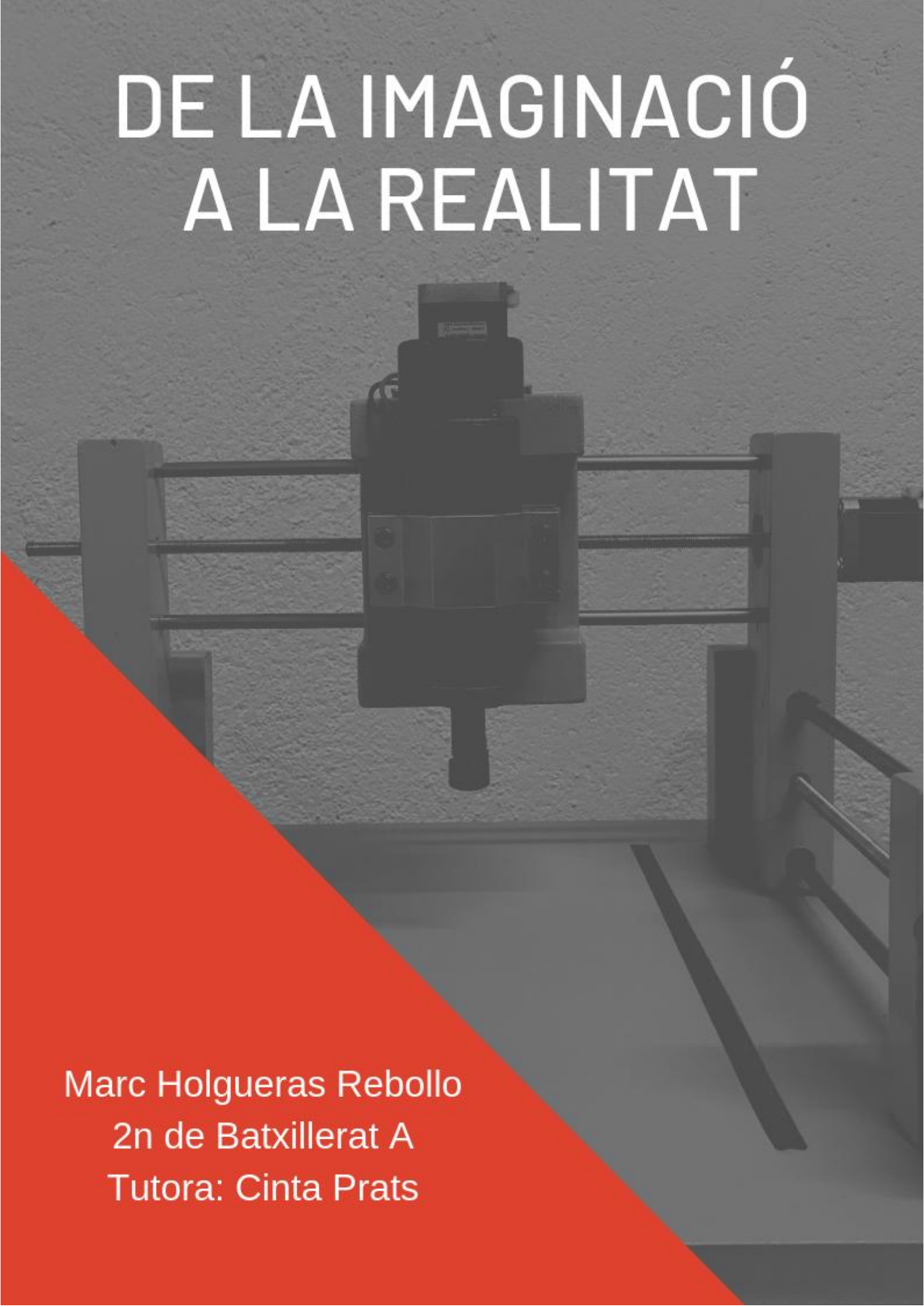


DE LA IMAGINACIÓ A LA REALITAT



Marc Holgueras Rebollo
2n de Batxillerat A
Tutora: Cinta Prats

DE LA IMAGINACIÓ A LA REALITAT

CONSTRUCCIÓ D'UNA FRESADORA AMB CONTROL NUMÈRIC PER
COMPUTADORA (CNC) MITJANÇANT MATERIALS RECICLATS

Marc Holgueras Rebollo

2n de Batxillerat A

Institut de Vilafant

12 d'abril de 2019

A medida que avanza la tecnología, revierte las características de cada situación una y otra vez. La edad de lo automático va a ser la edad de “hazlo tú mismo”.

~Marshall McLuhan~

We live in a society exquisitely dependent on science and technology,
in which hardly anyone knows anything about science and technology.

~Carl Sagan~

AGRAÏMENTS

La realització d'aquest treball ha estat possible gràcies a varies persones que m'han brindat el seu suport durant el procés d'abstracció d'idees i en el moment de construcció i posada en marxa de la màquina.

En primer lloc, voldria agrair a la Cinta Prats la dedicació i el recolzament que m'ha ofert durant la tutoria d'aquest treball i durant els darrers sis anys. Gràcies a ella, he pogut enfocar i saber-li donar rellevància als temes clau d'aquest treball.

En segon lloc, vull donar les gràcies al meu pare per deixar-me utilitzar el seu taller durant el procés de construcció i per portar-me a tots els llocs on han calgut per adquirir els materials reciclats.

També voldria agrair a la meva germana per explicar-me alguns conceptes tècnics amb la realització dels plànols i per facilitar-me informació molt enriquidora.

ABSTRACT

De la imaginació a la realitat és l'objectiu que s'ha volgut aconseguir construint aquesta fresadora CNC amb materials reciclats. El fet de poder imaginar-te objectes inexistents i mai vistos i poder-los crear tu mateix sobre qualsevol material ha estat el motor impulsor d'aquest projecte. El treball consta d'una part teòrica i d'una part pràctica. En la primera part s'hi troba tota la informació històrica que coneixem de les fresadores fins al dia d'avui, les parts que formen aquesta màquina eina i la tipologia d'aquestes. La part pràctica ha consistit a construir una fresadora automàtica feta a partir de fustes reciclades i components electrònics de segona mà. El resultat final ha esdevingut una fresadora CNC amb unes característiques tècniques prou adients per mecanitzar peces d'especial dificultat. Com a conclusió, s'enumeren les possibles millores que se li podrien fer a la maqueta per millor la seva eficiència i rendibilitat.

De la imaginación a la realidad es el objetivo que se ha querido conseguir construyendo esta fresadora CNC con materiales reciclados. El hecho de poder imaginarte objetos inexistentes y nunca vistos y poderlos crear tú mismo sobre cualquier material ha sido el motor impulsor de este proyecto. El trabajo consta de una parte teórica y de una parte práctica. En la primera parte se encuentra toda la información histórica que conocemos de las fresadoras hasta el día de hoy, las partes que forman esta máquina herramienta y la tipología de las mismas. La parte práctica ha consistido en construir una fresadora automática a partir de maderas recicladas y componentes electrónicos de segunda mano. El resultado final ha sido una fresadora CNC con unas características técnicas mas que adecuadas para mecanizar piezas de especial dificultad. Como conclusión, se enumeran las posibles mejoras que se le podrían hacer a la maqueta para mejor su eficiencia y rendibilidad.

From imagination to reality is the goal that has been achieved by building this CNC machine with recycled materials. Simply being able to imagine non-existent objects never seen before and being able to create them yourself on any material has been the motivation of this project. The project consists of a theoretical part and a practical part. In the first part you can find all the historical information that we know about milling machines to this day, the parts that make up this machine tool and types of them. The practical part consisted of building an automatic milling machine from recycled wood and second-hand electronic components. The final result is a CNC milling machine with more than adequate technical characteristics to mechanize pieces of special difficulty. As a conclusion, all the possible improvements that could be made to the model are listed, for better efficiency and reliability.

ÍNDIX

0.	INTRODUCCIÓ	3
0.1	Motivació	3
0.2	Objectius	3
0.3	Metodologia	4
0.4	Valoració personal	4
1.	LA FRESADORA	5
1.1	Introducció a les fresadores	5
1.2	Característiques fonamentals	6
2.	HISTÒRIA DE LES FRESADORES	7
3.	ESTRUCTURA I PARTS QUE FORMEN LA FRESADORA	9
4.	TIPOLOGIA DE FRESADORES	12
4.1	Classificació de les fresadores segons l'eix de gir	12
4.1.1.	Fresadora vertical	12
4.1.2.	Fresadora horitzontal	12
4.1.3.	Fresadora universal	13
4.2	Classificació de les fresadores segons el nombre d'eixos	13
4.2.1.	Fresadora de 3 eixos	13
4.2.2.	Fresadora de 4 eixos	14
4.2.3.	Fresadora de 5 eixos	14
4.2.4.	Fresadora de 6 eixos	14
4.3	Classificació de les fresadores segons la seva especialitat	15
4.3.1.	Fresadora circular	15
4.3.2.	Fresadora copiadora	15
4.3.3.	Fresadora de pòrtic	16
4.3.4.	Fresadora de pont mòbil	16
4.3.5.	Fresadora portàtil per a fusta	16
5.	FRESADORA AMB CONTROL NUMÈRIC PER COMPUTADORA (CNC)	17
5.1	Introducció al control numèric per computadora	17
6.	COMPONENTS EMPRATS EN EL PROJECTE	18
6.1	Peces estructurals de la fresadora	18
6.2	Peces mecàniques	22
6.3	Components electrònics	23
7.	PROCÉS DE CONSTRUCCIÓ	28
8.	PROGRAMACIÓ I POSADA EN MARXA	37
8.1	Connexions dels motors pas a pas amb l'Arduino CNC shield V3	37

8.2	IDE d'Arduino i grbl.....	38
8.3	Universal Gcode Sender.....	39
8.3.1.	Configuració	39
8.3.2.	Posada en marxa	40
8.4	Inkscape	41
9.	PRESSUPOST	42
10.	CONCLUSIONS	43
11.	REFERÈNCIES	45
11.1	Referències bibliogràfiques.....	45
11.2	Webgrafia	45
12.	FONTS D'IMATGE	48
	ANNEXOS.....	I
	Annex I: Plànols de la fresadora.....	II

0. INTRODUCCIÓ

El meu treball de recerca tracta sobre la construcció d'una fresadora mitjançant materials reciclats. A partir de la maqueta he volgut automatitzar els eixos que la formen per crear un sistema de control numèric per computadora. Tot seguit, se li han afegit mesures de seguretat per garantir el bon funcionament de la màquina.

0.1 Motivació

Durant els darrers anys he sentit la necessitat de crear una màquina on el reciclatge fos el protagonista. Moltes vegades pensem que la paraula reciclatge significa reutilitzar productes que ja no serveixen, però no és així. És per això que em vaig posar el repte de crear una màquina de baix cost on es poguessin fer projectes bastant elaborats.

Primerament, calia decidir quina màquina era la millor opció. Des de l'institut de Vilafant se'm van oferir moltes propostes però finalment em vaig decantar per una fresadora, ja que és una màquina on actualment l'adquisició de moltes de les peces que la componen són fàcils d'adquirir.

Tot seguit, calia escollir els materials i components per fabricar-la. Els dos materials més adients per fer aquest tipus de maqueta eren la fusta i l'ABS (material d'impressió 3D). Ràpidament es va descartar l'opció de l'ABS perquè les peces que calien dissenyar eren molt grans com per imprimir-les d'una sola peça. Si s'haguessin fet per parts, per posteriorment ajuntar-les, hagués suposat un problema, ja que, es produirien deformacions i vibracions durant el temps que acabarien desequilibrant la màquina. És per això, que es va escollir la fusta. A part, m'era un material molt familiar perquè el meu pare és fuster i disposa de les eines necessàries per treballar aquest material.

0.2 Objectius

Els principals objectius que he seguit a l'hora d'elaborar aquest projecte han estat:

- Crear una fresadora capaç de mecanitzar peces de grans dimensions i amb diferents velocitats.
- Aconseguir una màquina estètica, polida i amb aparença industrial mitjançant la utilització d'una melamina grisa que simula l'acabat metàl·lic de la majoria de màquines.
- Garantir la seguretat de l'usuari instal·lant dispositius de control.
- Fer entendre el funcionament de la màquina perquè qualsevol persona la pugui utilitzar.

0.3 Metodologia

Aquest treball consta de dues parts: part teòrica i part pràctica. Per realitzar aquest projecte s'ha seguit en tot moment el procés tecnològic, ja que, primerament es va fer una cerca d'informació sobre quines eren les possibles màquines a dissenyar.

Tot seguit, es va dur a terme la màquina amb una generació d'idees prèvia, on es van seleccionar tots els materials i components que més encaixaven per aquesta maqueta. En tot moment es va tenir en compte el factor de materials reciclats.

Un cop feta la màquina, es va avaluar amb proves estrictes de moviment continu durant llargs períodes per així identificar els errors que poguessin sorgir durant el fresat. Finalment, es van fer les primeres proves de fresat.

0.4 Valoració personal

La realització d'aquesta recerca m'ha permès aprendre a enfocar el treball d'acord al moment en el qual em trobava dins del procés tecnològic. A més a més, aquest treball m'ha permès adquirir nous coneixements relacionats amb el món de la mecanització i programació.

1. LA FRESADORA

1.1 Introducció a les fresadores

Dissenyada a principis del segle XIX, la fresadora s'ha convertit en una màquina eina fonamental en el mecanitzat de peces.

Una fresadora és una màquina emprada per arrencar material en superfícies de geometria plana, còncava i convexa. També es coneix com a màquina multitasca, ja que és capaç de fresar, modelar i rectificar un gran ventall de materials. És considerada com una de les eines més polivalents

del mercat permetent executar la major part de treballs industrials relacionats amb el mecanitzat de peces. Aquest procés de fresat és possible gràcies al moviment d'una fresa ancorada a un motor que es mou en uns eixos de coordenades.

Generalment, les fresadores tradicionals estan compostes per uns eixos definits en la base que determinen el moviment de la peça respecte a la fresa. L'eix X marca el moviment longitudinal, l'eix Y el moviment transversal de la peça i l'eix Z s'encarrega de subjectar el motor amb la fresa. Aquest controla el moviment de rotació del motor principal. A diferència de les fresadores més actuals, la peça a fresar en aquest tipus de màquines es manté immòbil damunt una taula que es desplaça d'esquerra a dreta a més de poder pujar i baixar, mentre l'arbre principal solidari al motor de fresat només fa el moviment de rotació. És a dir, la taula de fresat és la que s'encarrega de guiar el posicionament de la peça.

En l'actualitat, la peça a fresar es troba fixada a la base i els eixos X i Y estan incorporats en l'eix Z permetent que l'arbre principal que subjecta la fresa es mogui per tota la base. Per tant, l'eix Z és el que marca la profunditat amb què penetra la fresa en el material (moviment vertical).

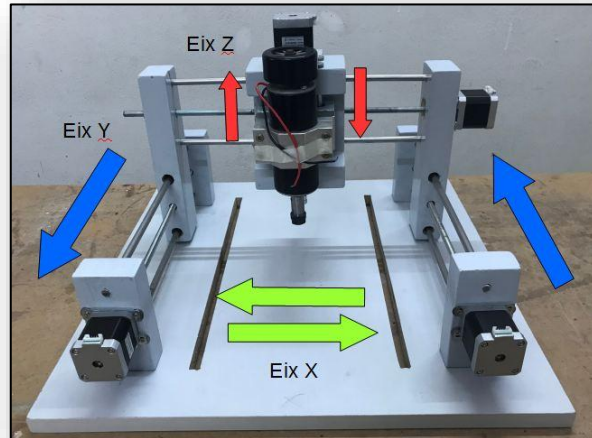


Figura 1. Eixos d'una fresadora

En definitiva, en les fresadores tradicionals la taula de fresat és la que determina el posicionament del material i en les fresadores de l'actualitat, l'arbre ancorat a la fresa és el que es mou per tota la taula.

A part, depenent del material i el mecanitzat que es vulgui dur a terme, es col·locarà una fresa determinada en l'adaptador situat en la part inferior de l'arbre principal.

1.2 Característiques fonamentals

Les principals característiques que ha de complir una fresadora perquè no experimenti errors i dificultats de manipulació són:

- La base i la columna de la màquina han de ser robustes per tal d'absorbir les vibracions generades pel motor.
- Sistema de refrigeració en el motor de la màquina per evitar el sobreescalfament d'aquest i la disminució de l'eficiència a llarg termini.
- Fixació precisa dels ancoratges dels eixos X i Y a la peça a fresar per mantenir el nivell d'aquesta.
- Existència d'un botó d'emergència per garantir la parada instantània de la fresadora o un regulador de fricció. Aquest últim està format per un embragatge que desconnecta el moviment de l'eina quan se sobrepassa el límit de fregament (evitar sobrecàrregues).
- El pes total ha de ser equilibrat. Si la fresadora pesa poc, possiblement es produiran vibracions que afectaran en el resultat final. En canvi, si pesa massa, el transport i la manipulació de la fresadora serà costós.
- Cal greixar els eixos i les peces mecàniques que ho necessitin. Els rodaments o les barres lliscants temperades són un exemple. Al contrari, es produirien friccions durant el procés de fresat.

2. HISTÒRIA DE LES FRESADORES

Es considera que l'origen de la primera fresadora es remunta a l'any 1818 quan l'enginyer Eli Whitney dissenya una màquina capaç d'abastir la demanda de fusells en l'estat de Connecticut. Des de llavors tots els fabricants d'armes qualificats duien a terme totes les peces de les armes de manera artesanal. Aquesta forma de treballar tenia dos inconvenients principals: el procés de fabricació de cada fusell era molt lent, i a més, les mateixes peces per a cada fusell no eren compatibles perquè la mà d'obra artesanal no assegurava que l'acabat de cada peça fos perfecta segons els requeriments establerts.

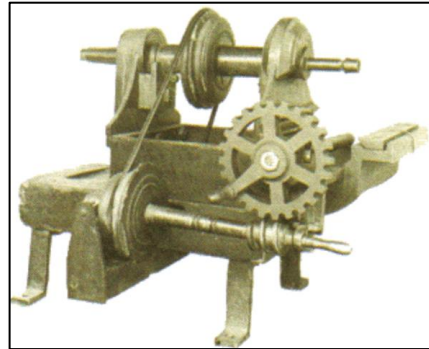


Figura 2. Fresadora d'Eli Whitney

Gràcies a la finalització de la guerra d'independència dels Estats Units, Whitney va aconseguir suficients patrocinadors per finançar la seva idea de parts intercanviables en la producció de fusells. Aquesta idea no es podia dur a terme sense una màquina que tallés peces de metall idèntiques entre si. És per això que va idear una eina formada per una roda giratòria dentada que tallava metall seguint els contorns d'una plantilla específica. Aquest fet va suposar l'inici d'una era on l'oferta de peces industrials començava a equilibrar-se amb la demanda. El principi de funcionament de la fresadora de Whitney va ser tan modern que es va conservar durant un segle i mig. La màquina es troba actualment en el Mechanical Engineering Museum de Yale (USA).

A partir de la idea del senyor Whitney, les fresadores s'han anat perfeccionant al llarg de la història:

En el 1830, l'empresa Gay & Silver va millorar la fresadora de Whitney implementant un mecanisme de regulació vertical i un suport pel fusell portaeines.

Una dècada després, en el 1848 l'enginyer Frederick W Howe va desenvolupar per l'empresa Robbins & Lawrence la primera fresadora universal. A diferència de les fresadores de l'època, aquesta permetia fer còpiats de perfils. Poc després es va saber de la fresadora Lincoln, que equipava un carner cilíndric regulable en sentit vertical. La revolucionària estructura de la fresadora Lincoln va donar

lloc a la fabricació de les primeres fresadores verticals. En el museu Conservatoire National des Arts et Métiers de París, es troba exposada un dels primers exemplars del 1857.

Una de les aportacions posteriors en el sector de la mecanització de peces va ser l'acoblament d'un pla divisor en la fresadora universal. Aquesta nova peça permetia realitzar treballs més singulars, com la fabricació d'engranatges rectes i helicoidals. La implantació d'aquest pla divisor va estar a càrrec de l'empresa Brown & Sharpe l'any 1853, però no es va donar a conèixer fins al 1867 quan Frederick W Howe la va presentar en l'exposició Universal de París.

El 1884 l'empresa americana Cincinnati va adaptar la fresadora universal coneguda fins al moment afegint-li un carner cilíndric posicionat de forma axial.

El 1874 Pierre Philippe Huré, un constructor francès de renom, va construir una màquina de doble fusell (vertical i horitzontal) que es posicionava mitjançant el gir manual.



Figura 3. Capçal universal

El 1894 el francès R. Huré va dissenyar un dels accessoris més emprats per qualsevol fresat convencional. Un capçal universal que podia portar a terme diferents mecanitzats de peces amb diferents posicionaments de l'eina. La idea d'aquest acoblador segueix sent imprescindible pels fresats d'avui dia.

Finalment, el 1938 es funda l'empresa Bridgeport Machines, Inc. Una companyia situada a l'estat de Connecticut arrelada a la fabricació de fresadores verticals de petites dimensions que en poc temps fou molt populars dins del sector de màquines de mecanitzat.

Des de llavors, fins a l'actualitat les fresadores han experimentat grans canvis per tal de millorar, l'eficiència, la rendibilitat i el resultat final del fresat. No obstant això, la idea estructural segueix sent la mateixa.

3. ESTRUCTURA I PARTS QUE FORMEN LA FRESADORA

Segons el tipus de fresadora, les parts que la formen poden variar, però habitualment els principals elements que trobem estan presents en les fresadores universals, les quals són les més comunes en el sector de la indústria a causa de la seva polivalència. Depenent del tipus de fresadora, trobarem peces fixes, és a dir, que estaran sempre presents a l'hora de fresar i peces intercanviables (accessoris), les quals s'escolliran d'acord a la feina que es vulgui dur a terme.

Els principals elements que formen la fresadora són les següents:

1. Bastidor
2. Arbre principal
3. Motor principal
4. Taula
5. Carro transversal
6. Caixa d'avanços
7. Mènsula
8. Columna
9. Caixa de comandaments
10. Taladrina
11. Visualitzador de cotes

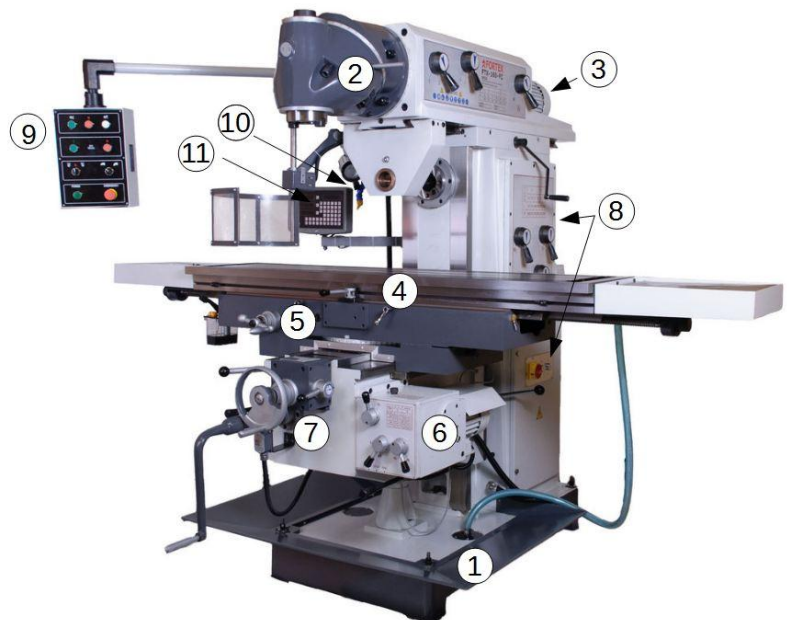


Figura 4. Enumeració de les parts d'una fresadora

1. **El bastidor** subjecta tots els òrgans que formen la fresadora i fa de suport amb el terra. Aquesta part funciona com a unió de tots els elements que la formen i cal que sigui rígida per assegurar que no hi hagi vibracions. És per això, que sol ser una peça de fosa de forma rectangular. A la part davantera sol haver-hi una guia que dirigeix el desplaçament vertical de la mènsula (punt 7). Dins del bastidor es troba el dipòsit refrigerant que, mitjançant una bomba, transporta el líquid fins a la taladrina.
2. **L'arbre principal** és l'element que s'encarrega de subjectar l'eina de fresar. Aquesta peça és intercanviable, ja que en funció del mecanitzat

que es vulgui fer es col·locarà l'arbre d'una manera determinada. També se li pot posar l'eix porta freses si és que es vol fer un treball de ranurat o entallat.

3. **El motor principal** es troba en la part posterior de la màquina i és el que genera el moviment de rotació de la fresa. Des del motor fins a la fresa hi ha una sèrie d'engranatges interns que regulen la velocitat de rotació. A part, la caixa de comandament permetrà establir la velocitat necessària per penetrar en el material en qüestió.
4. **La taula** és la peça on es recolzen els materials a mecanitzar. Consta d'unes regates en forma de T invertida que permeten ancorar caragols i subjectar la peça a fresar. Solen estar fetes de materials resistents com fosa o ferro perquè no hi hagi deformacions amb el pas del temps. En les fresadores amb control numèric per computadora la punta de la fresa està enllaçada amb la part més superficial de la taula per així evitar que toqui ambdues parts.
5. **El carro transversal** es desplaça sobre la guia de la mènsula per permetre que la taula es pugui moure frontalment. A més, entre el carro transversal i la taula hi ha una segona guia que executa els moviments longitudinals que faran moure la taula.
6. **La caixa d'avanços** està dissenyada per regular la velocitat de passada entre la taula, el carro transversal i la mènsula. Quan un d'aquests tres experimenta una sobrecàrrega i la transmet als altres, la caixa d'avanços impedeix la continuïtat del corrent desconnectant la connexió automàticament.
7. **La mènsula o consola** s'encarrega de subjectar tota la base de la fresadora i té la finalitat de moure's verticalment gràcies a les barres temperades de la columna. El moviment de la fresa anirà determinat per la peça que es vulgui fresar. Com més gran sigui la peça menor haurà de ser l'altura de la consola amb relació al terra. La mènsula està composta

per dues guies, una que li permet unir-se amb la bancada de la màquina i una altra que s'uneix al carro transversal. La posició de la consola ha de ser regulable, ja que la fresa solidària al motor porta freses no és variable en les fresadores convencionals.

8. **La columna** aporta rigidesa als altres òrgans i evita vibracions entre aquestes. Està en contacte amb el bastidor i fins i tot en algunes fresadores la columna i el bastidor són una sola peça. En la part frontal de la columna es troben unes guies temperades i rectificadores que permeten el moviment de la mènscula. En la columna també solen haver-hi els comandaments per l'accionament i control de la màquina.
9. **La caixa de comandaments** és on es gestiona i es visualitza el procés que està duent a terme la fresadora. Des d'aquesta es controla la màquina i en cas d'error ho notifica. En les fresadores CNC la caixa de comandaments passa a ser una consola de control numèric.

10. **La taladrina o oli de tall** és un líquid compost per aigua i oli que refrigera i lubrica la fulla de la fresa. El líquid és bombat des del bastidor fins a l'arbre principal per mitjà d'un tub. Aquest surt a pressió des d'una mànega i evita el sobreescalfament de la fresa.



Figura 5. Taladrina

11. **El visualitzador de cotes** és un monitor que notifica de la posició exacta de cada eix mitjançant el sistema de coordenades cartesianes que ja coneixem. També incorpora un teclat numèric per poder modificar la posició de qualsevol eix.



Figura 6. Visualitzador de cotes

4. TIPOLOGIA DE FRESADORES

Les fresadores les podem classificar segons el nombre d'eixos i segons l'orientació del motor (eix de tall) respecte a la taula de treball. A part, hi ha fresadores per a mecanitzats especials. Cada treball s'adequa a un tipus de fresadora. Per tant, és necessari conèixer el principi de funcionament de cada una d'aquestes per així garantir la màxima puresa i perfecció en el fresat de la peça.

4.1 Classificació de les fresadores segons l'eix de gir

4.1.1. Fresadora vertical

L'eix porta fresa (capçal) està perpendicular a la taula de fresat. S'utilitzen per fer perforacions profundes. En aquest tipus de fresadores tant l'eix del motor solidari a la fresa com la base es poden moure verticalment.

N'hi ha de dos tipus:

- Fresadora de banc fixe o bancada: El capçal es mou paral·lelament sobre el seu eix, mentre la taula es mou de forma perpendicular.
- Fresadora de torreta o de consola: La porta fresa està immòbil mentre la taula es mou verticalment i horitzontalment.

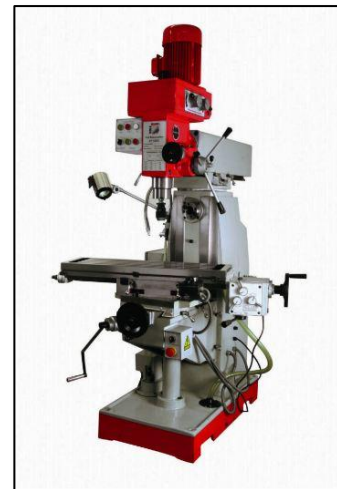


Figura 7. Fresadora vertical de torreta

4.1.2. Fresadora horitzontal

Consta d'una columna amb un capçal encarregat de subjectar una fresa cilíndrica. Aquest portafreses es troba sobre un eix horitzontal. S'utilitza principalment per fer treballs de ranurat.



Figura 8. Fresadora universal

4.1.3. Fresadora universal

Una fresadora universal es caracteritza per ser molt versàtil i poder realitzar operacions de gran complexitat.

Consta d'un capçal intercanviable format per un acoblador capaç de convertir la màquina d'una fresadora horitzontal a una vertical. La taula de les fresadores universal tant es poden moure de forma transversal, longitudinal com vertical. És per això que l'anomenen universal, a causa de la seva polivalència.



Figura 9. Fresadora universal

4.2 Classificació de les fresadores segons el nombre d'eixos

El nombre d'eixos d'una fresadora determina les possibilitats que té l'eix porta eines de moure's per tota la taula. Com més eixos té la màquina, més possibilitats de moviments i major grau de llibertat.

Les podem classificar en quatre grans grups:

4.2.1. Fresadora de 3 eixos

Les fresadores de tres eixos tant es poden moure de forma horitzontal, vertical i obliqua del sistema cartesià. És a dir, el moviment oblic es durà a terme combinant els moviments de la taula, la mènscula i el fusell. Per tant, en aquest tipus de fresadores existeix un moviment relatiu entre eina i peça en els tres eixos del sistema cartesià. Són les fresadores més utilitzades, ja que permeten fer un gran ventall de mecanitzats suficients per quasi tot el públic. És per això que tant es poden utilitzar de forma industrial com domèstica. Les seves petites dimensions han permès que es comencin a comercialitzar de forma similar a les impressores 3D.



Figura 10. Fresadora de 3 eixos

4.2.2. Fresadora de 4 eixos

Les fresadores de quatre eixos són emprades per mecanitzar peces amb un patró cilíndric, com per exemple, engranatges o eixos estriats. En aquestes fresadores la peça a fresar també pot girar mitjançant un eix. Aquest moviment del material a mecanitzar tant es pot donar per un mecanisme divisor com per un plat giratori.



Figura 11. Fresadora de 4 eixos

4.2.3. Fresadora de 5 eixos

Les fresadores de cinc eixos s'utilitzen per feines més específiques. L'estructura que la forma permet crear peces de gran dificultat com turbines i hèlixs. En aquestes màquines el gir de la peça es produeix per dos eixos concurrents. Un d'aquests està posicionat de forma paral·lela i l'altre perpendicularment respecte a l'eix porta fresas. D'aquesta manera, s'aconsegueix inclinar la peça i per tant, realitzar feines molt particulars. Aquesta fresadora es troba en forma de CNC.

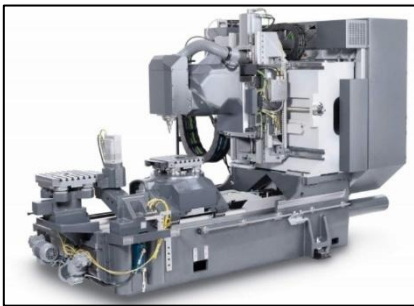


Figura 12. Fresadora de 5 eixos

4.2.4. Fresadora de 6 eixos

És un tipus de fresadora que no se sol utilitzar amb tanta freqüència com les anteriors perquè només es distingeix amb la fresadora de cinc eixos pel fet d'afegir un eix al capçal que conté l'eix porta fresas. És a dir, la diferència és mínima. Evidentment, aquestes fresadores les trobem en forma de



Figura 13. Fresadora de 6 eixos

CNC, a causa de la gran complexitat que tenen a l'hora de fresar.

4.3 Classificació de les fresadores segons la seva especialitat

4.3.1. Fresadora circular

Una fresadora circular està constituïda per una taula circular giratòria on el capçal porta feses té total llibertat per moure's sobre aquest. Gràcies a les grans dimensions d'aquesta màquina és habitual partir-la en dos per fer dos fresats a l'hora, ja que permet la possibilitat d'afegir-hi un segon capçal porta feses.

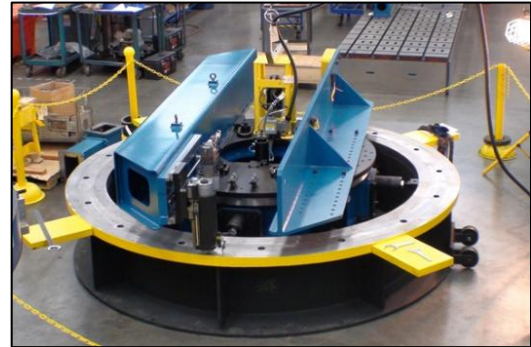


Figura 14. Fresadora circular

4.3.2. Fresadora copiadora

Les fresadores copiadores estan formades per dues taules: una de treball, sobre la qual se subjecta la peça a fresar, i una altra auxiliar sobre la qual es col·loca un model.

En aquest tipus de màquines, l'eix vertical de l'eina està suspès d'un mecanisme amb forma de pantògraf, connectat també a un palpador sobre la taula auxiliar.



Figura 15. Fresadora copiadora

En seguir amb el palpador el contorn del model, es defineix el moviment de l'eina que mecanitza la peça. Altres fresadores copiadores utilitzen en lloc d'un sistema mecànic de seguiment, sistemes hidràulics, electro-hidràulics o electrònics.

4.3.3. Fresadora de pòrtic

Les fresadores de pòrtic o de pont estan constituïdes per dues columnes als extrems de la taula que subjecten el capçal porta freses. Aquestes columnes permeten el moviment tant vertical com transversal de l'arbre principal. Alhora, la taula es mou de forma longitudinal. Aquest tipus de màquines s'utilitzen per mecanitzar peces de grans dimensions.



Figura 16. Fresadora de pòrtic

4.3.4. Fresadora de pont mòbil

Són fresadores similars a les de pòrtic però tenen la particularitat de moure's mitjançant la taula. És a dir, el capçal porta freses és el protagonista de tot el moviment que hi hagi durant el fresat. Aquest se subjecta en una estructura similar a la d'un pont grua.



Figura 17. Fresadora de pont mòbil

4.3.5. Fresadora portàtil per a fusta

Són les fresadores més habituals en el mercat. S'utilitzen principalment per fresar fustes en el camp del bricolatge i l'ebenisteria. Les fresadores portàtils de fusta són molt versàtils i lleugeres i són ideals per feines de ranurat.



Figura 18. Fresadora portàtil per a fusta

5. FRESADORA AMB CONTROL NUMÈRIC PER COMPUTADORA (CNC)

5.1 Introducció al control numèric per computadora

En 1942 quan la companyia Bendix Corporation es veu impotent al no poder mecanitzar un perfil tridimensional, idea un sistema automàtic de moviment d'eixos. Aquest moviment permetia guiar els eixos de la màquina sobre la taula de fresat però sense un automatisme complet.



Figura 19. Control numèric per computadora (CNC)

L'any 1970 l'aparició del microprocessador va suposar una millora significativa. En aquest moment és quan es comença a parlar de CNC perquè és quan la màquina assoleix l'esperada llibertat de moviment. És a dir, no es necessita cap intermediari per realitzar el posicionament òptim.

Ara bé el control numèric necessita un ordinador, una interfície i un cable de connexió RS232 per poder funcionar. Normalment la interfície sol estar integrada dins de la màquina i l'ordinador és el que s'encarrega de captar les accions desitjades per l'usuari i transmetre-les a la fresadora.

Les màquines eina que s'utilitzen en els controls numèrics moltes vegades necessiten un disseny renovat. És per això que no és habitual reutilitzar les fresadores convencionals. Aquest disseny consisteix a augmentar la precisió de la màquina a partir de:

- Utilitzar fusells de boles o guies de rodes per eliminar el joc que pugui haver entre els elements de transmissió.
- Afegir una carcassa exterior de xapa soldada o formigó per evitar les vibracions causades per l'increment de les velocitats de tall.

- Disposició d'una torreta d'eines on la màquina pugui guardar les eines codificades i per tant, canviar d'eina automàticament.

CONSTRUCCIÓ D'UNA FRESADORA AMB CONTROL NUMÈRIC PER COMPUTADORA (CNC) MITJANÇANT MATERIALS RECICLATS

6. COMPONENTS EMPRATS EN EL PROJECTE

6.1 Peces estructurals de la fresadora

Les peces estructurals són aquelles que serveixen d'unió per a les barres que guien el moviment de la màquina. Totes les peces que formen l'estructura són de fusta reciclada, les quals se li han aplicat pintura grisa o melamina grisa en el cas de la taula. S'ha escollit el color gris per imitar l'acabat estàndard de les màquines industrials. A part, era el color més senzill de trobar en forma de retalls, ja que, actualment s'utilitza en abundància per fer mobles de cuina i garatge. S'ha decidit fer la maqueta a base de fusta perquè era la millor manera de reduir el cost final sense perdre qualitat en el fresat. A part, les eines que es tenien a disposició eren adients per fer treballs artesanals amb fusta. Les peces que componen l'estructura de la fresadora són les següents:

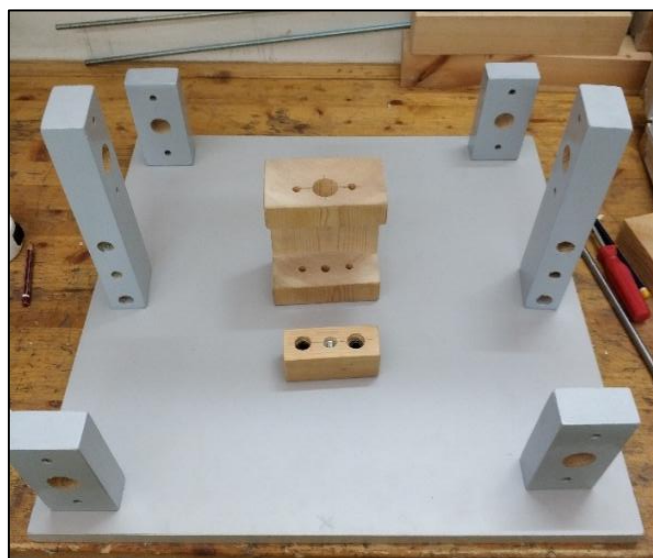


Figura 20. Peces estructurals sense les barres i motors

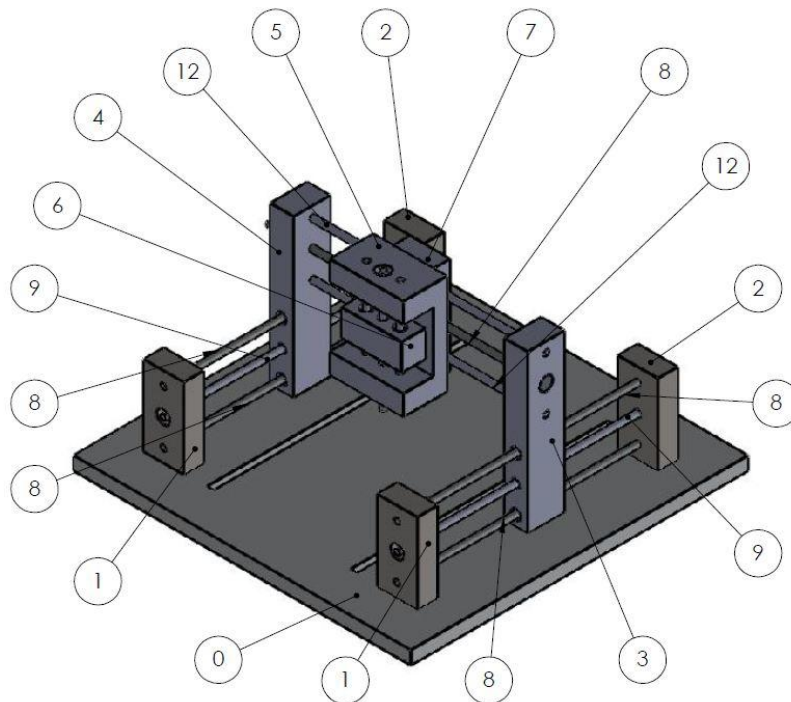


Figura 21. Representació de la fresadora amb el Solidworks

PEÇA 0: Taula de fresat

PEÇA 1: Suport eix Y frontal

PEÇA 2: Suport eix Y posterior

PEÇA 3: Suport eix X lateral dret

PEÇA 4: Suport eix X lateral esquerre

PEÇA 5: Suport motor acoblador eixos

PEÇA 6: Suport motor eix Z

PEÇA 7: Suport motor eix X

PEÇA 8: Barra extrem eix Y i central eix X

PEÇA 9: Barra central roscada eix Y

PEÇA 10: Barra extrem eix Z

PEÇA 11: Barra central eix Z

PEÇA 12: Barra extrem eix X

a) PEÇA 0

Peça 0: Taula de fresat

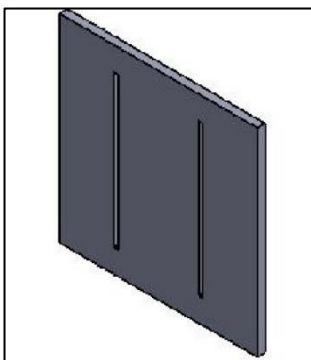


Figura 22. Representació de la taula de fresat amb el Solidworks

La taula de fresat consisteix en un taulell aglomerat que posteriorment se li ha afegit una melamina grisa. La taula determina les dimensions de la fresadora, ja que totes les peces van sobre d'aquesta.

En el mig de la taula hi ha dos orificis que travessen quasi la totalitat del taulell que serveixen per subjectar els materials a fresar mitjançant caragols.

b) PECES 1 i 2

Peça 1: Suport eix Y frontal

Peça 2: Suport eix Y posterior

Els suports de l'eix Y com el seu nom indiquen, determinen el moviment en l'eix de les ordenades. Tant de la peça 1 com de la peça 2 hi ha dues unitats. Totes quatre s'han dissenyat amb fusta de roure per així suportar amb més facilitat el pes de tota l'estructura. La diferència entre la peça 1 i la peça 2 recau en el forat central. En la peça 1 el forat travessa tota la fusta sense canviar de diàmetre. En canvi en la peça 2, mig llistó té un diàmetre de 10 mm i la part restant té un diàmetre de 24 mm. L'objectiu de modificar el diàmetre en el centre de la peça és per immobilitzar el rodament. Si aquest es recolza sobre la paret que s'ha format canviant de diàmetre, serà menys probable que els coixinets es moguin durant el temps de funcionament. A més, s'han instal·lat volanderes a totes les peces on es veien els rodaments. D'aquesta manera assegurem la fixació i a més aporta un acabat més estètic i industrial.



Figura 23. Peces 1 i 2 on es veu la paret interior per recolzar el rodament

c) PECES 3 i 4

Peça 3: Suport eix X lateral dret

Peça 4: Suport eix X lateral esquerra

Els suports de l'eix X mouen la màquina en l'eix de les abscisses. Aquests suports volen 0,5 cm sobre la superfície de la taula de fresat. És a dir, el pes d'aquestes peces juntament amb totes les altres estan aguantats com s'ha dit anteriorment per les peces 1 i 2. Per les peces 3 i 4 s'ha decidit utilitzar fusta de pi perquè era més fàcil de treballar tenint en compte que són les peces que



Figura 24. Peces 3 i 4 sense pintar i on es veuen les marques per perforar.

tenen més perforacions de tota la maqueta. A part, s'ha escollit la fusta de pi per alleugerar el pes final.

La diferència entre la peça 3 i la 4 és la mateixa que en les peces 1 i 2: el forat central. En la peça 3 el forat és de 20 mm d'acord amb les dimensions del motor pas a pas i en la peça 4 el forat canvia a mig camí com en la peça 2.

d) PECES 5, 6 i 7

Peça 5: Suport motor acoblador eixos

Peça 6: Suport motor eix Z

Peça 7: Suport motor eix X

Les peces 5, 6, i 7 tenen una funció específica dins del moviment del spindle motor. La peça 5 és la que amb la seva forma de C crea un espai definit on la peça 6 es podrà moure. A simple vista es pot veure que l'eix Z és molt més curt



Figura 25. Peces 5 i 6 amb els elements mecànics ja adherits

que els altres eixos perquè la pujada i baixada de la mateixa determina la penetració de la fresa dins del material. És a dir, si de forma predeterminada la peça 6 es troba en la meitat de l'eix Z, cada mil·límetre que baixi suposarà la mateixa baixada de la fresa dins del material a mecanitzar.

La superfície de la peça 6 és idèntica a l'àrea de la part posterior de l'ancoratge metàl·lic del spindle motor. Aquests dos estan units per mitjà de quatre caragols.

La peça 7 està alineada amb les barres de l'eix X. En aquesta peça van unides les dues peces esmentades anteriorment. La unió entre ambdues peces s'ha fet amb l'ajuda de quatre caragols.

6.2 Peces mecàniques

a) RODAMENT DE BOLES 8 mm

Els rodaments o coixinets són peces emprades per reduir el fregament entre l'eix i la peça. El seu objectiu és facilitar el gir de l'arbre transmissor, que en el nostre



Figura 26. Rodament de boles

cas, serien els motors pas a pas. Per aconseguir una mínima fricció s'utilitza un mitjà de rodament, el qual facilita el desplaçament i fa de suport. Depenent de la funció que se li vulgui donar al coixinet, s'haurà d'utilitzar un mitjà de rodadura o un altre. Els més comuns són: boles, rodets cilíndrics, rodets cònics i rodets cilíndric-esfèrics (barrilets).

En el projecte s'han utilitzat rodaments de boles ja que eren l'opció més econòmica. A part, són rodaments fàcils de manipular i senzills de canviar si fos necessari. Els rodaments emprats en aquest projectes s'han pogut adquirir per una rebaixa del 50 %.

b) ACOBLAMENT FLEXIBLE 5 mm a 8 mm

Els acoblaments flexibles són les peces mecàniques encarregades d'unir els motors pas a pas amb les barres roscades. Aquestes s'uneixen mitjançant una clau Allen que pressiona ambdues parts. En el costat on el forat de l'acoblador és de 5 mm es connectarà el motor pas a pas i per l'altra banda la barra roscada. Aquest tipus d'acoblador compta amb una molla interior que permet que la màquina funcioni encara que hi hagi una petita desviació de la barra.



Figura 27. Acoblament flexible 5mm – 8mm

c) RODAMENT LINEAL

El rodament lineal està compost per unes boles interiors que fan lliscar les barres llises. Aquestes boles eviten el fregament. Dins d'aquest s'introdueixen les barres llises.



Figura 28. Rodament lineal

d) GUIA DE BARRA ROSCADA

Es tracta d'una peça mecànica on a l'interior es troba una hèlix inversa a la de la barra roscada. D'aquesta manera ambdues es poden ajuntar mitjançant un simple gir.



Figura 2941. Guia de barra roscada

6.3 Components electrònics

a) ARDUINO UNO REV3

Arduino UNO REV3 és una placa de circuits que està dissenyada per crear i desenvolupar projectes d'electrònica. La programació amb Arduino és totalment lliure, és a dir, l'usuari no té cap limitació a l'hora d'efectuar els seus treballs. La seva programació es realitza mitjançant llenguatge C. A diferència d'altres plaques electròniques com la Raspberry pi 3, la placa Arduino UNO REV3 està formada per un microcontrolador que necessita el suport de l'ordinador per poder processar la programació dels projectes. En canvi la Raspberry pi 3 està composta per un processador amb GPU i una memòria RAM que generen un circuit independent als altres i que no necessita cap eina més per funcionar.

En la següent infografia es descriu breument cada part de la placa Arduino UNO REV3:

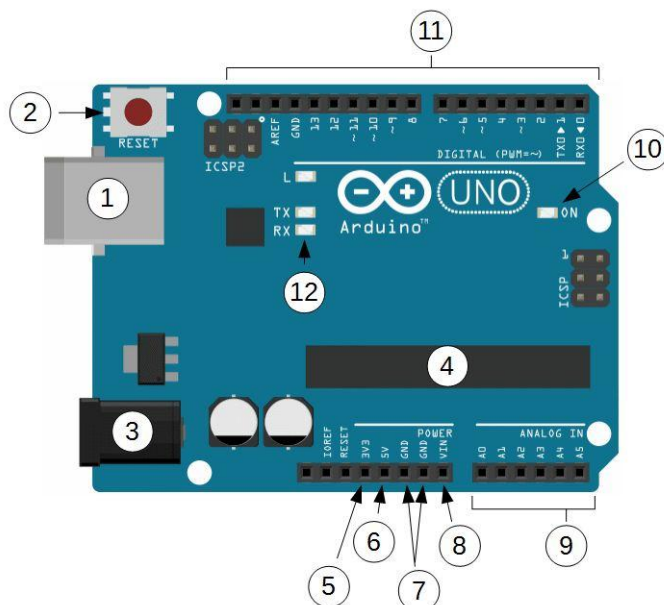


Figura 3042. Infografía de les parts que conformen la placa Arduino UNO REV3

Núm	Component	Descripció
1	Connector USB tipus B	Connector en sèrie que subministra 5V a la placa i connecta la PCB amb l'ordinador.
2	Botó reset	Botó per reiniciar el sistema.
3	Connector voltatge AC	Connector per alimentat a la placa Arduino. Suporta entre 5 i 20V.
4	ATMega238	Microcontrolador de la marca ATMEL que s'encarrega de processar tota la informació. Representa el nucli de la placa.
5	3 V3 o 3.3 V	Pin que s'encarrega de aportar una tensió de 3.3V. Per la majoria del components electrònics és una tensió adequada.
6	5V	Tensió regulada per Arduino, la qual arriba gràcies al cable del connector USB.
7 i 8	GND	Pin que suposa la terra del circuit.
9	Pins analògics	Conjunt de pins que representen la senyal analògica com a magnitud. Els valors que el formen estan en l'interval 0V – 5 V.

10	LED ON/OFF	Led que s'encén quan la placa està en funcionament.
11	Pins digitals	Són els pins que van del 0 al 13. Els pins digitals permeten tant escriure com rebre informació digital.
12	LED pin 13	És el pin que s'encarrega de notificar-nos del bon funcionament dels leds digitals.

b) ARDUINO CNC SHIELD V3

L'Arduino CNC shield V3 és la placa electrònica que permet controlar els quatre motors pas a pas que formen la fresadora CNC. Necessita la connexió directa (mitjançant els pins) d'una placa Arduino per poder funcionar i és compatible amb

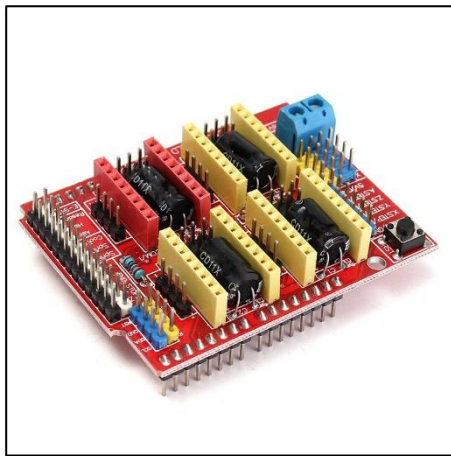


Figura 31. Placa Arduino CNC shield V3

el firmware GRBL. Aquesta placa compta amb 4 ports per connectar els drivers corresponents dels motors de l'eix X, Y, Z i A. S'ha modificat el moviment predeterminat del motor que anirà al port A perquè s'ha decidit connectar dos servomotors en l'eix Y sincronitzats entre si. Per tal "d'enganyar" i invertir el moviment del motor que anirà al port A, s'han instal·lat dos jumpers. El fet de connectar dos motors coordinats en l'eix Y és

per aconseguir una major fluïdesa en el moviment de la màquina, ja que l'eix Y subjecta la totalitat de la fresadora. Al contrari, un únic motor pas a pas seria incapaç de moure tota l'estructura.

Els drivers A4988 són els controladors de cada motor. Es connecten a la shield mitjançant els pins i tenen la funció de transmetre l'acció desitjada des de l'ordinador fins al motor en qüestió. Cada un d'aquests, té un dissipador acoblat en el processador del driver per eliminar el sobreescalfament i garantir una major eficiència.

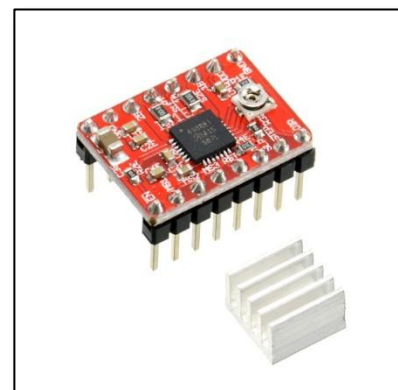


Figura 32. Drivers A4988

c) CIRCUIT TANCAT DEL SPINDLE MOTOR

Com a motor principal s'ha optat per un spindle motor. Aquest tipus de motor està dissenyat exclusivament per a fresadores i altres màquines semblants, ja que arriben a velocitats molt altes. Les eines elèctriques més utilitzades com el trepant, la serra elèctrica o la polidora no solen sobrepassar les 3000 rpm. En canvi el motor que s'ha escollit per aquesta màquina arriba fins a les 12000 rpm. Aquestes velocitats seran necessàries per fresar materials tous com fustes, sintètics, etc. A part, el motor porta un



Figura 33. Spindle motor, font d'alimentació 220V, potenciòmetre i ancoratge antivibracions

ventilador integrat per dissipar la calor d'aquest. L'adquisició d'aquest producte ha estat possible gràcies a la plataforma Wallapop. El fet de trobar un motor tan específic va suposar un endarreriment del projecte però finalment es va trobar un únic spindle motor per a la CNC de segona mà a Galícia. El paquet constava d'un potenciòmetre per regular la velocitat

de gir del motor, una font d'alimentació 220v AC, un suport per ancorar el motor a qualsevol superfície i dos porta freses de 3 i 4 mil·límetres.

d) MOTOR PAS A PAS I CABLES RESPECTIUS

El motor pas a pas no deixa de ser un dispositiu que transforma l'energia elèctrica en energia mecànica. En aquest projecte els motors pas a pas són els encarregats de moure tots els eixos de la fresadora. Aquests s'utilitzen majoritàriament per treballs on la precisió és protagonista, ja que poden girar fraccions de volta. A diferència dels motors més senzills, el rotor d'aquest no es mou lliurement, sinó que executa un pas (step) cada cop. En el seu interior hi ha una sèrie



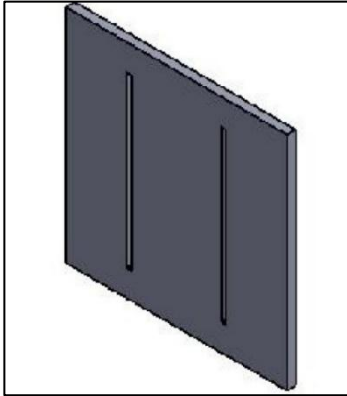

Figura 3443. Motor pas a pas i cable allargador per connectar-lo a la Arduino CNC shield V3



d'electroimants connectats entre si. Per fer que l'eix del motor giri, cal alimentar els grups dels electroimants a la seqüència correcta. Aquests motors es reconeixen perquè tenen quatre, sis o vuit cables d'alimentació (en el nostre cas són quatre). Per accionar-los és preferible utilitzar un circuit de control (driver) que s'ocupi per nosaltres de l'encès dels


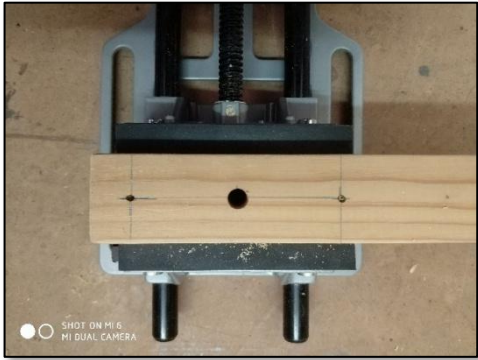
electroimants. És a dir, els quatre motors pas a pas que conté aquest projecte aniran connectats directament a l'Arduino CNC shield V3.



Respecte a els cables dels motors pas a pas, cal que siguin suficientment llargs com per no dificultar el procés de mecanitzat. A més, depenent de la posició en què es col·loqui la sortida del cable que va connectada amb la shield, la fresadora es mourà tal com desitgem o de forma contrària. En aquest últim cas, caldrà invertir la posició del cable.

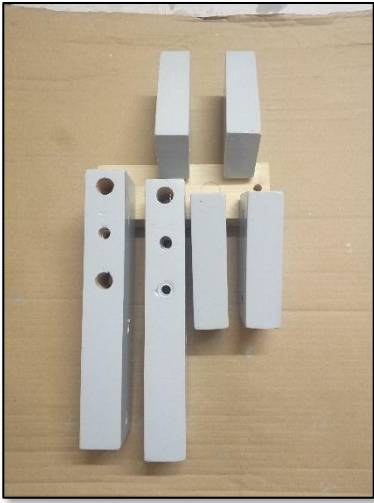

7. PROCÉS DE CONSTRUCCIÓ



PAS 1	Títol: Construcció de la taula de fresat	
Descripció	<p>A partir dels plànols, s'ha tallat un taulell aglomerat amb l'ajut d'una circular. Tot seguit, s'han enganxat les cantonades de melamina amb una planxa convencional.</p> <p>A més, s'han tallat amb la caladora dues guies que travessen tota la base per així posteriorment afegir un mecanisme capaç de subjectar els materials a fresar.</p>	
	Eines	Materials
	<ul style="list-style-type: none"> - Metre - Esquadra - Paper de vidre - Llima de fusta - Circular - Caladora elèctrica - Planxa convencional 	<ul style="list-style-type: none"> - Taulell aglomerat de melamina gris - Perfils de melamina grisa
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 3544. Dibuix fet amb Solidworks de la taula de fresat amb guies.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 36. Taula de fresat sense guies</p> </div> </div>		

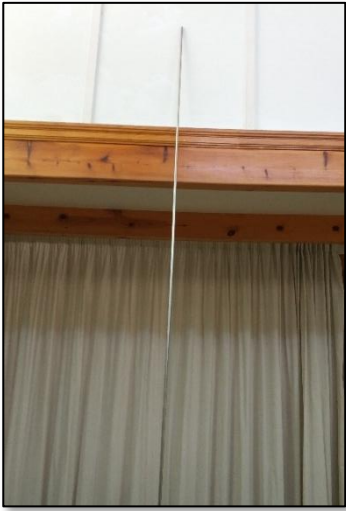

PAS 2	Títol: Construcció peces 1 i 2	
Descripció	<p>Primerament, s'ha tallat amb la circular quatre llistons amb les mesures pertinents. Un cop polides les peces, s'han marcat els punts on es perforarà amb el trepant.</p> <p>Totes les perforacions han començat amb broques de 5 mm de diàmetre i s'ha anat augmentat el forat perforant de nou amb una broca d'un mm superior a l'anterior. Així fins a arribar a la mesura desitjada.</p>	
	Eines	Materials
	<ul style="list-style-type: none"> - Esquadra - Metre - Circular - Trepant fixa - Broques 8 mm - Mordassa - Llima de fusta 	<ul style="list-style-type: none"> - Llistó de roure
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 37. Tallat del llistó de fusta de roure</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 38. Peces 1 i 2 tallades amb les marques de perforació</p> </div> </div>		




PAS 3	Títol: Construcció de les peces 3 i 4	
Descripció	<p>S'ha seguit el mateix procés de construcció que amb la peça 1: Tallat, poliment, marcatge, perforació... Tot seguint les mesures determinades en els plànols pertinents.</p> <p>A diferència de la peça 1, la peça 2 compta amb forats tant en l'alçat d'aquesta com en el perfil, ja que connecta tant l'eix X com Y.</p> <p>Totes dues unitats són idèntiques entre si excepte per un forat. El mateix que en la peça anterior. Una peça té un forat central de 20 mm i l'altre de 24/10 mm.</p>	
Eines	Materials	
<ul style="list-style-type: none"> - Metre - Esquadra - Circular - Trepant fixa - Broques - Mordassa Llima de fusta 	<ul style="list-style-type: none"> - Llistó de pi 	
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 39. Peces 3 i 4 sense amb el forat de la guia roscada</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 40. Peces 3 i 4 amb les marques pertinents</p> </div> </div>		



PAS 4	Títol: Construcció de les peces 5, 6 i 7.	
Descripció	Com en els dos passos anteriors, el procés de construcció ha consistit a tallar i perforar els llistons mitjançant les mesures pertinents. Després s'han polit amb paper de vidre.	
Eines		Materials
<ul style="list-style-type: none"> - Metre - Esquadra - Circular - Trepant fixa - Broques - Mordassa - Lima de fusta - Trepant portàtil 		<ul style="list-style-type: none"> - Llistó de pi
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="288 1727 722 1760">Figura 4145. Vista de perfil de la peça 5</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="911 1827 1241 1861">Figura 42. Peces 5 i 6 polides</p> </div> </div>		

PAS 5	Títol: Pintar les peces	
Descripció	Un cop llimades totes les peces ja es pot donar la primera capa de pintura. Les zones amb perforacions s'ha utilitzat un pinzell fi. Finalment, s'ha aplicat una última capa de pintura grisa.	
Eines		Materials
<ul style="list-style-type: none"> - Brotxa - Pinzell - Guants - Paper de diari 		<ul style="list-style-type: none"> - Pintura esmalt de color gris
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="363 1856 676 1917">Figura 4346. Peces 1,2,3 i 4 pintades</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="863 1856 1214 1917">Figura 44. Visió de la marca pel rodament</p> </div> </div>		

PAS 6	Títol: Col·locació dels components mecànics	
Descripció	<p>Amb l'ajuda d'una massa s'han col·locat totes les peces mecàniques a pressió. Per no deformar els rodaments lineals de boles s'ha utilitzat una fullola com a intermediària.</p> <p>A continuació especifico la peça mecànica amb el forat que li correspon:</p> <p>Rodament de boles = 24 mm</p> <p>Acoblador flexible 5mm – 8mm = 20 mm</p> <p>Rodament lineal de boles = 15 mm</p> <p>Guia de la barra roscada = 12 mm</p>	
	Eines	Materials
	- Massa (martell)	<ul style="list-style-type: none"> - Rodament de boles (x4) - Rodament lineal de boles (x6) - Guia de barra roscada (x3)
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 45. Inserció de la guia de la barra roscada dins la peça 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 4647. Peça 3 i 4 amb les seves corresponents peces mecàniques</p> </div> </div>		

PAS 7	Títol: Tall i fixació de les barres	
Descripció	Un cop adherides les peces mecàniques, s'han tallat les barres roscades i les barres llises a les mesures que indiquen el plànol 9. Tot seguit s'han col·locat les barres llises amb l'ajuda d'un martell i finalment s'han passat les barres roscades per dins de la seva guia.	
Eines		Materials
<ul style="list-style-type: none"> - Caladora elèctrica - Metre - Llima de ferro - Martell 		<ul style="list-style-type: none"> - Barra temperada llisa 8 mm (x8) - Barra roscada 8 mm (x4)
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="336 1809 683 1865">Figura 47. Barra roscada sense tallar</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="834 1809 1150 1865">Figura 48. Col·locació de les barres de la peça</p> </div> </div>		

PAS 8	Títol: Instal·lació dels motors	
Descripció	Mitjançant unes làmines reciclades d'imants de bústia s'han creat uns ancoratges per poder col·locar els motors sobre els eixos. Cada motor s'ha subjectat amb quatre caragols reciclats d'una antiga impressora 3D.	
Eines		Materials
<ul style="list-style-type: none"> - Tornavís - Trepant fixe - Broques - Metre 		<ul style="list-style-type: none"> - Làmina d'imant de bústia (x8) - Caragols (x16)
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 49 Làmina sense modificar</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 50. Làmina modificada</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 51. Ancoratge del motor</p> </div> </div>		

PAS 9	Títol: Disseny dels ancoratges	
Descripció	<p>Per tal de subjectar els materials sobre la taula de fresat, s'han dissenyat uns ancoratges a partir de làmines de ferro, cargols femella, volanderes i femelles de papallona.</p> <p>A les làmines metàl·liques se li ha fet un forat amb un trepant fixe per poder passar el cargol. Tot seguit, s'han rebaixat i llimat amb la polidora elèctrica.</p>	
Eines	Materials	
<ul style="list-style-type: none"> - Polidora elèctrica - Trepant fixe - Broques 	<ul style="list-style-type: none"> - Caragols femella (x2) - Volanderes (x4) - Femella papallona (x2) - Làmina de ferro (x2) 	
Fotografies		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 52. Làmina de ferro amb el forat pel cargol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figura 5366. Ancoratge amb tots els elements</p> </div> </div>		

8. PROGRAMACIÓ I POSADA EN MARXA

En aquest apartat s'explica pas a pas tota la instal·lació electrònica i la programació necessària per començar a fer funcionar la fresadora CNC.

8.1 Connexions dels motors pas a pas amb l'Arduino CNC shield V3

En primer lloc, s'han instal·lat els drivers A4988 en els respectius ports. Tal com es mostra en la imatge, en els dos ports Y de la part esquerra de la placa, s'han col·locat dos jumpers per fer que dos motors pas a pas realitzin el mateix moviment en el mateix temps. La funció dels jumpers són activar, regular o desactivar funcions específiques d'un sistema que no són accessibles mitjançant software. En el cas d'aquesta fresadora CNC, el que s'ha volgut fer és vincular el motor associat al port Y amb el del port A.

Tot seguit s'han instal·lat els cables allargadors al port corresponent.

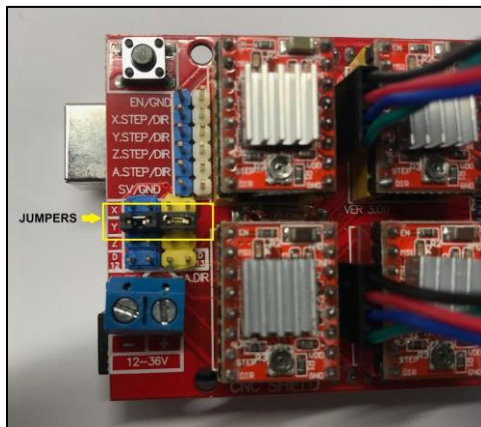


Figura 54. Col·locació dels jumpers

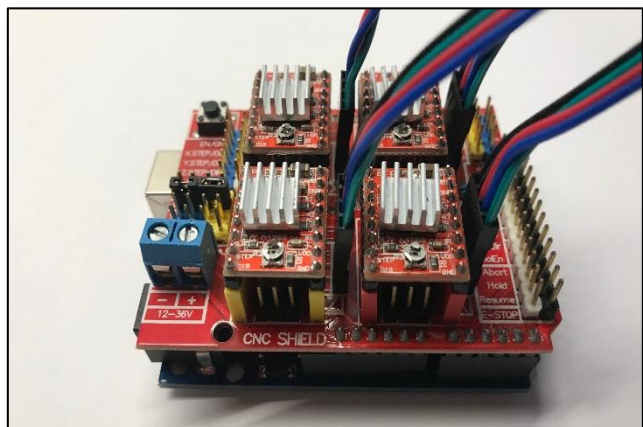


Figura 55. Cables allargadors en els ports corresponents

Un cop feta la instal·lació dels motors, s'ha alimentat la placa Arduino amb un transformador de 12V DC 5A 60W, ja que cada motor pas a pas consumeix 2,5 amperers. És a dir, amb la potència subministrada per l'ordinador via USB no seria suficient per a fer moure els eixos de la màquina.

8.2 IDE d'Arduino i grbl

Primerament, es va haver d'instal·lar el programa IDE d'Arduino. Aquest és el que s'encarrega de processar el llenguatge C++.

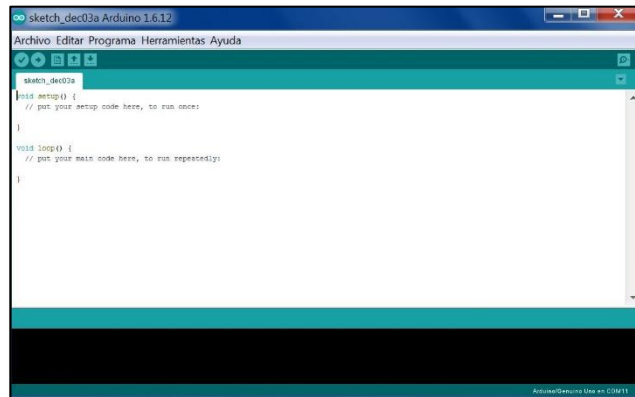


Figura 56. Pàgina principal IDE Arduino

Tot seguit, es va haver de descarregar el firmware grbl que reconeix l'Arduino CNC shield v3 des de la plana web Github. Un cop trobada la llibreria corresponent escrivint en el buscador “programació cnc”, es va clicar a download i tot seguit download ZIP. A continuació, es va descomprimir l'arxiu ZIP dins la carpeta interna del programa IDE d'Arduino.

Després, es va obrir l'IDE d'Arduino i es va connectar la placa Arduino UNO mitjançant un cable USB. El primer que es va haver de fer, va ser configurar la placa, el port COM i carregar dins del programa la llibreria grbl prèviament descarregada.

Finalment es va clicar el botó de “pujar” per així guardar i enviar a la placa el llenguatge C++ de la CNC.

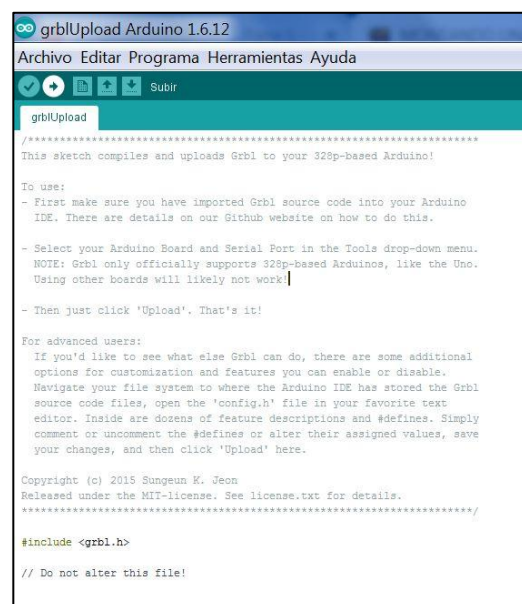


Figura 57. Llenguatge C++ CNC

8.3 Universal Gcode Sender

8.3.1. Configuració

Com a software per al moviment dels eixos s'ha optat per l'Universal Gcode Sender. Aquest software és totalment lliure i compatible amb el firmware grbl. A part, el seu aspecte minimalista permet tenir una visió més clara de l'acció que la màquina està duent a terme.

Per tal d'utilitzar aquest programa, cal haver-se instal·lat el Java prèviament. Des de la pàgina web oficial UGS ha estat possible la instal·lació d'aquest programa.

Com amb la instal·lació anterior, s'ha descarregat un arxiu ZIP. Tot seguit s'ha descomprimit i s'ha obert la carpeta generada. Dins d'aquesta, s'ha executat l'arxiu amb el títol de *start-windows.bat*.

Per configurar la velocitat (microstepping) dels motors pas a pas s'ha anat a la barra d'ordres i escrivint \$\$ i pressionant "enter" ha aparegut la llista dels paràmetres predeterminats.

Per tal de trobar la màxima velocitat dels motors sense perdre precisió s'han fet els següents raonaments:

Segons els fabricants dels motors, un pas equival a 1,8 graus. Per tant si es vol saber el nombre de passos que fa amb una volta sencera cal fer la següent operació:

$$\frac{360 \text{ graus (una volta)}}{1,8 \text{ graus (un pas)}} = 200 \text{ passos per volta}$$

Tot seguit, cal dividir el nombre de passos resultant amb la distància que recorre el fusell amb una volta. Segons les especificacions del fabricant són 8 mm. Per tant, si es vol saber el nombre de passos per mil·límetre cal fer el següent càlcul:

$$\frac{200 \text{ passos per volta}}{8 \text{ mm que recorre el fusell}} = 25 \text{ passos per mil · límetre}$$

Amb el càlcul final s'han modificat totes les velocitats dels motors. Per poder-ho fer s'ha hagut d'escriure el següent llenguatge dins de la barra d'ordres del programa:

100\$=25 on 100\$ = passos/mm de l'eix X

101\$=25 on 101\$ = passos/mm de l'eix Y

102\$=25 on 102\$ = passos/mm de l'eix Z

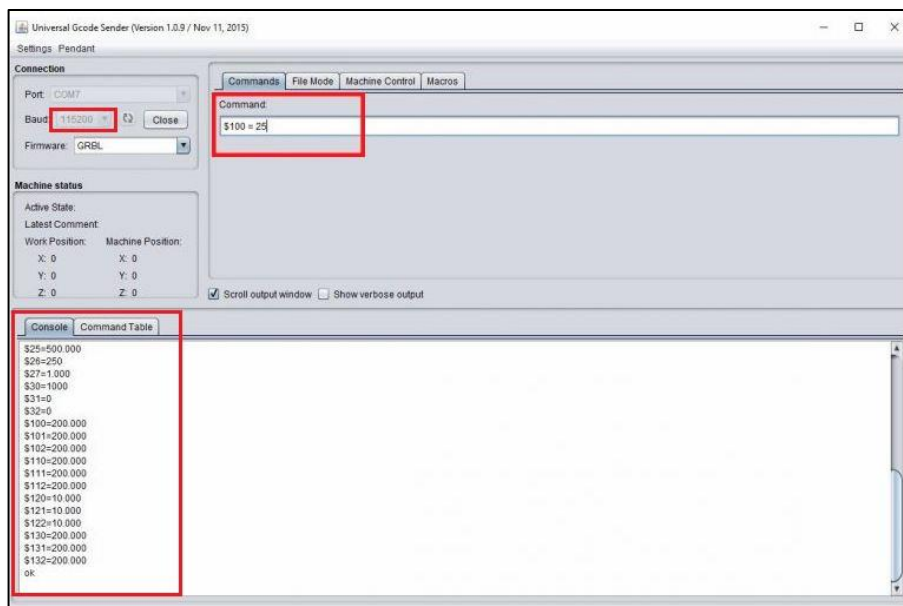


Figura 58. Universal Gcode Sender

8.3.2. Posada en marxa

En l'apartat de Macros (machine control) del programa es troba un panell de comandament manual dels eixos. Tal com es mostra en la figura següent, s'ha deixat la mesura del pas a 1. Això vol dir que cada cop que es cliqui sobre el botó positiu / negatiu d'un eix, el motor només es mourà un pas.

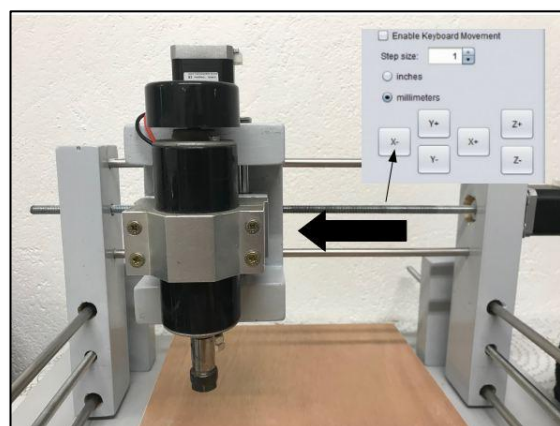


Figura 5967. Moviment dins el programa UGS i resultat en la màquina

8.4 Inkscape

El programa Inkscape és l'editor de la imatge que finalment es voldrà fresar sobre el material. La descàrrega s'ha fet des de la pàgina oficial.

En primer lloc, per poder editar una fotografia cal tenir-la en format JPG. Tot seguit, obrint l'exemple dins del programa, s'ha clicat sobre l'opció d'*arxius* i després *propietats del document*. Des de la finestra emergent, s'ha canviat totes les unitats a mil·límetres.

Un cop importada la imatge, s'ha clicat sobre *trajecte i vectoritzar mapa de bits*. A la pantalla emergent, només s'ha fet "click" sobre l'opció de *vista en directe* i en el cas que no se'ns vegi el 100% la fotografia caldrà augmentar el *tall de lluminositat*, opció que es troba en la part superior esquerra de la mateixa finestra. Aquest fenomen es produeix perquè el programa li costa més reconèixer els colors calents que els freds.

En aquest punt, s'ha generat el nou format d'imatge. Això vol dir que la imatge inicial ja es pot suprimir mentre que aquesta segona s'ha de col·locar sobre el punt més proper del fons esquerre. D'aquesta manera es tindrà la imatge sobre el punt 0.0.



Figura 60. Imatge col·locada al punt 0.0

Tot seguit, s'ha anat sobre el panell frontal i sobre l'opció de *trajecte* s'ha seleccionat l'apartat amb el nom de *desviament dinàmic*. Amb aquest pas, se'ns

quedarà seleccionada la imatge i ràpidament, s'ha fet el següent procediment: *Extensions* > *Gcodetools* > punts d'orientació. Només s'ha de modificar el paràmetre de profunditat *Z* que es canviarà a la mesura que volem que la fresa penetri dins el material. És per això que el nombre que introduïm dins de la casella anirà encapçalat pel signe – (negatiu).

Novament s'ha seleccionat l'opció de *desviament dinàmic* i a continuació sobre la pestanya *Extensions* i *Gcodetools* s'ha fet “click” sobre *Biblioteca d'eines*. La pestanya resultant serà un quadre de color verd on haurem de configurar els paràmetres segons el diàmetre de la fresa, l'angle de penetració, la velocitat de treball, etc.

Finalment, es guardarà el projecte i ja estaria llest per a ser fresat.

9. PRESSUPOST

Fresadora

Quantitat	Material	Preu (€)
1	Spindle motor + font alimentació + ancoratge + potenciòmetre	45
1	Arduino Uno REV3 + CNC shield V3	19,99
2	Barres INOX llises (sense rosca)	14,68
4	Rodaments 8 mm	25,33
4	Acobladors flexibles 5 mm – 8 mm	7,99
4	Cables allargadors motors pas a pas	7,99
TOTAL		120,98

Tots els productes que no estan esmentats en la taula anterior no han tingut cap cost. El 100% de les fustes tant de la fresadora CNC com de la carcassa protectora són reutilitzades. Els motors pas a pas, els rodaments lineals i els caragols s'han aprofitat d'una impressora 3D. Els cables de tots els circuits són d'antics aparells electrònics.

Carcassa protectora

Quantitat	Material	Preu (€)
2	Frontisses regulables (porta metacrilat)	18
2	Frontisses regulables (porta superior)	7,60
1	Metacrilat transparent 50 x 50 cm	8
14	Xapa grisa encolada	3,50
1	Polsador emergència i interruptor verd/vermell	5,40
6	LED blanc alta lluminositat	4,25
TOTAL		46,75

10. CONCLUSIONS

Un treball de recerca que té per objectiu la construcció d'una màquina, ja suposa una dificultat. En un treball teòric, es poden anar acotant els objectius durant la recerca, en canvi, en un treball pràctic, no s'aconsegueix l'objectiu fins que no s'acaba la construcció.

Una de les primeres dificultats que em vaig trobar va ser la trobada de pàgines web sobre l'evolució de les fresadores. Actualment, no se sap amb exactitud els fets rellevants i quan van succeir.

El fet de tenir habilitats manuals no ha significat que el treball fos senzill; l'experiència és el més important i, pel que fa a la meua (en màquines d'aquest nivell), era escassa. Aquest fet va resultar un entrebanc en diverses ocasions. Tot i això, la tutora em va saber reconduir.

Ara bé, la construcció de les peces estructurals va ser el factor més costós del treball. Quan parlem de màquines formades per eixos cal saber que qualsevol error que s'hagi comès en el posicionament dels forats on van les peces mecàniques pot fer que la màquina no funcioni. A més, les eines amb les quals comptava no estaven dissenyades per treballar de forma mil·limètrica. Tot i això, les peces van tenir uns acabats prou polits i exactes.

En la construcció d'aquesta fresadora, moltes idees pensades s'han canviat per dificultats en l'elaboració; tanmateix, s'han hagut de rectificar i repetir moltes peces, ja que visualment no quedaven bé. Per tant, no només ha consistit a finalitzar la màquina, sinó en aconseguir que el resultat final fos el millor possible i, si era necessari, repetint tants cops com fes falta l'elaboració d'una mateixa peça.

Una part de l'elaboració de la fresadora s'ha dut a terme en un taller, amb facilitats de manipulació d'eines i maquinària pesant. En canvi, la programació i la posada en marxa es va fer des de l'habitatge.

Un cop finalitzat el treball, m'he adonat de les possibles modificacions que se li podrien fer a la màquina. A continuació s'enumeren alguns exemples:

- Instal·lar una placa Raspberry Pi 3 per fer-la servir com a ordinador i executar l'IDE d'Arduino, L'Universal Gcode Sender i l'Inkscape.
- Substituir les peces de fusta per unes d'ABS (impressió 3D).
- Reemplaçar l'Universal Gcode Sender per programes més professionals com el Mach 3.



Figura 6168. Fresadora dins la carcassa protectora

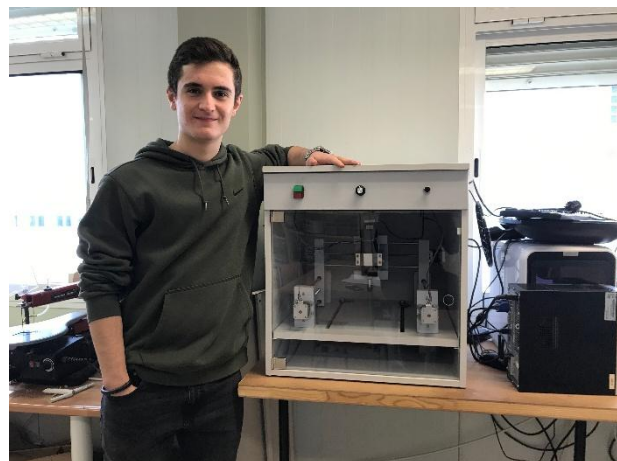


Figura 62. Resultat final

11. REFERÈNCIES

11.1 Referències bibliogràfiques

Roldán Vilorio, Jose. *Motores eléctricos accionamiento de máquinas. 30 tipos de motores*. Editorial Paraninfo. Espanya, 1994

Alarcón Álvarez, Enrique. *Diccionario de términos informáticos e Internet. Guía práctica para usuarios*. Ediciones ANAYA multimèdia. Espanya, 2007.

Goilav, Nicolas. Loi, Geoffrey. *Arduino Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Ediciones ENI. Barcelona, 2016. Colección recursos informáticos dirigida por Joëlle MUSSET

Aliverti, Paolo. *Electrónica para makers. Guía completa*. Editorial Marcombo. 1ª edició. Espanya, 2017.

González Rodríguez, Gilberto. *Electrónica digital. Ingeniería de hardware*. Editorials Marcombo i MACRO. 1ª edició. Espanya, 2017.

Joseph i Gual, Joan. *Tecnología industrial*. 1r Batxillerat. Editorial Mc Graw Hill. 3ª edició. Espanya, 2017.

Joseph i Gual, Joan. *Tecnología industrial*. 2n Batxillerat. Editorial Mc Graw Hill. 2ª edició. Espanya, 2017.

Montero Miguel, Roberto. *Aprende electrónica robòtica educativa*. Ediciones ANAYA multimedia. Espanya, 2018.

Monk, Simon. *Ejercicios prácticos con electrónica. Proyectos de electrónica con Arduino y Raspberry Pi*. Editorial Marcombo. 1ª edició. Espanya, 2018.

11.2 Webgrafia

Fresadora [Internet]. Es.wikipedia.org. (s.d.) [citada el 4 de setembre de 2018]
Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fresadora>

¿Qué son y cómo funcionan las fresadoras? [Internet] (s.d.) [citada el 5 de setembre de 2018]

Disponible a:

<http://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/fresadoras-que-son-y-para-que-sirven>

Ficha de prevención: La fresadora [Internet]. Extremadura: Junta de Extremadura. (s.d.) [citada l'11 de setembre ded 2018]

Disponible a:

https://www.educarex.es/pub/cont/com/0055/documentos/10_Informaci%C3%B3n/09_M%C3%A1quinas_herramienta/Fresadora.pdf

Utilitzada per les parts d'una fresadora.

Guía 1: Fresado y fresadoras [Internet]. Caracas, Venezuela: Francisco Vargas; 27 de setembre de 2015. [citada l'11 de setembre de 2018]

Disponible a:

<https://es.slideshare.net/ingmanttovargas/guia-1-fresado-y-fresadores>

Utilitzada per la part històrica.

Dos siglos de fresadoras [Internet]. Albert Esteves; 15 de març del 2003. [citada l'11 de setembre de 2018]

Disponible a:

<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/12066-Dos-siglos-de-fresadoras.html>

Utilitzada per la part històrica.

Història de la fresadora [Internet]. (s.d.) [citada l'11 de setembre de 2018]

Disponible a: <https://sites.google.com/site/deod2107f9/historia-de-la-fresadora>

Utilitzada per la part històrica.

La fresadora y su historia [Internet]. Fernando Moreno; 22 de febrer de 2015. [citada l'11 de setembre de 2018]

Disponible a: <https://es.slideshare.net/soyfercho12/la-fresadora-y-su-historia>

Utilitzada per la part històrica.

Fresadora universal [Internet]. (s.d.) [citada l'11 de setembre de 2018]

Disponible a: https://ca.wikipedia.org/wiki/Fresadora_universal#Hist%C3%B2ria

Utilitzada per la part teòrica.

Historia de la fresadora [Internet]. Andres Felipe; 27 de febrer de 2017. [citada l'11 de setembre de 2018]

Disponible a: <https://historia-biografia.com/historia-de-la-fresadora/>

Utilitzada per la part històrica.

Historia de la fresadora [Internet]. Francisco M. Porcel Granados; 16 de juliol de 2014. [citada l'11 de setembre]

Disponible a: <http://www.industriasyempresas.com.ar/node/2094>

Utilitzada per la part històrica.

Tipos de fresadoras [Internet]. "pyrosis13"; 8 de setembre de 2011. [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a:

<https://pyrosisproyect.wordpress.com/2011/09/08/por-la-orientacion-del-eje-de-giro/> Utilitzada per la tipologia de fresadors.

Metalmeccànica [Internet]. Interempresas; (s.d.). [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/>

Utilitzada per la tipologia de peces mecàniques.

Fresadora universal [Internet]. Imocom; (s.d.). [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a:

<http://www.imocom.com/mecanizado/convencionales/fresadoras/fresadora-universal-imomill>

Utilitzada per la part teòrica.

Mecanizado CNC ¿Qué es? [Internet]. Grumber SL.; (s.d.). [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a: <http://www.grumeber.com/mecanizado-que-es/>

Utilitzada per la mecanització de la fresadora.

Confederación Nacional de la Construcción [Internet]. CNC; (s.d.). [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a: <https://www.cnc.es/>

Utilitzada per la mecanització de la fresadora.

Fresadoras CNC [Internet]. CNCrobótica; (s.d.): [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a: <http://cnc-robotica.com/es/>

Utilitzada per la robòtica CNC.

¿Qué es CNC? [Internet]. Industrias viva; (s.d.). [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a: <http://viwacnc.com/index.php?seccion=articulo&art=48>

Utilitzada per la mecanització de la fresadora.

Centros CMC [Internet]. Fleder Group; (s.d.). [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a: <https://www.felder-group.com/fg-es/productos/centros-cnc.html>

Utilitzada per la mecanització de la fresadora.

Introducción a la programación [Internet]. Fundación Cideter; (s.d.). [citada el 13 de setembre de 2018]

Disponible a:

http://www.cecma.com.ar/_mm/biblioteca/introduccion-a-la-programacion-cnc-modulo-i.pdf

Utilitzada per la programació de la fresadora.

Programación Arduino [Internet]. Aprendiendo Arduino; 23 de enero de 2017. [citada el 24 de setembre de 2018]

Disponible a:

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/01/23/programacion-arduino-5/>

Utilitzada per la programació Arduino.

Inkscape [Internet]. Wikipedia; 5 d'agost de 2018. [citada el 15 de setembre de 2018]

Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Inkscape>

Utilitzada per l'introducció a l'Inkscape.

Learning Inkscape [Internet]. Inkscape Draw Freely; (s.d.). [citada el 15 de setembre]

Disponible a: <https://inkscape.org/es/aprende/>

Utilitzada per l'introducció a l'Inskape.

Remitent Gcode universal [Internet]. UGS; (s.d.). [citada el 18 de setembre de 2018]

Disponible a: https://winder.github.io/ugs_website/

Utilitzada per l'introducció a l'Universal Gcode Senter

12. FONTS D'IMATGE

I.	Figura 1. Eixos d'una fresadora	5
	Font pròpia	
II.	Figura 2. Fresadora d'Eli Whitney.....	7
	https://www.timetoast.com/timelines/historia-y-evolucion-del-cnc	
III.	Figura 3. Capçal universal	8
	http://ut4practica4.blogspot.com/p/punto-clave-3.html	
IV.	Figura 4. Enumeració de les parts d'una fresadora.....	9
	Font pròpia	
V.	Figura 5. Taladrina	11
	: https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-518680960-aceite-soluble-o-taladrina-para-su-torno-_JM	
VI.	Figura 6. Visualitzador de cotes.....	11
	http://www.teollisuushuolto.fi/wp-content/uploads/2017/01/Matstavar-och-displayer-tilbehor.jpg	
VII.	Figura 7. Fresadora vertical de torreta.....	12
	https://www.maquinasyherramientasonline.com/fresadora-para-metal-holzmann-bf500d-3423-p.asp	
VIII.	Figura 8. Fresadora horitzontal.....	12

	http://www.famasa.com/cnc-vertical-vst-1500	
IX.	Figura 9. Fresadora universal.....	13
	http://www.odinengineering.co.uk/product/oe-613x-horizontal-milling-machine/	
X.	Figura 10. Fresadora de 3 eixos.....	13
	: https://es.aliexpress.com/item/LY-CNC-800-ZH-VFD-3040-W-fresadora-de-madera-PCB-fresadora-3-ejes-4-	
XI.	Figura 11. Fresadora de 4 eixos.....	14
	http://www.directindustry.es/prod/doosan-machine-tools/product-26470-489991.html	
XII.	Figura 12. Fresadora de 5 eixos.....	14
	https://www.izaro.com/contenidos/ver.php?id=es&se=3&su=32&co=1297413169	
XIII.	Figura 13. Fresadora de 6 eixos.....	14
	http://www.directindustry.es/prod/f-zimmermann-gmbh/product-181124-1800939.html	
XIV.	Figura 14. Fresadora circular.....	15
	: http://www.liaison.com.mx/CM6200.htm	
XV.	Figura 15. Fresadora copiadora.....	15
	http://www.directindustry.es/prod/ferracci-machines-usa/product-58814-965225.html	
XVI.	Figura 16. Fresadora de pòrtic	16
	https://www.danobatgroup.com/es/pm	
XVII.	Figura 17. Fresadora de pont mòbil.....	16
	: http://rierge.com/ca/producto/mml/	
XVIII.	Figura 18. Fresadora portàtil per a fusta.....	16
	https://www.bosch-do-it.de/de/de/bosch-elektrowerkzeuge/werkzeuge/pof-1400-ace-3165140451666-199905.jsp	
XIX.	Figura 19. Control numèric per computadora (CNC).....	17
	https://es.kisspng.com/kisspng-ggokxo/	
XX.	Figura 20. Peces estructurals sense les barres i motors.....	18
	Font pròpia	
XXI.	Figura 21. Representació de la fresadora amb el Solidworks	19
	Font pròpia	
XXII.	Figura 22. Representació de la taula de fresat amb el Solidworks.....	19
	Font pròpia	
XXIII.	Figura 23. Peces 1 i 2 on es veu la paret interior per recolzar el rodament.....	20
	Font pròpia	
XXIV.	Figura 24. Peces 3 i 4 sense pintar i on es veuen les marques per perforar...	20
	Font pròpia	
XXV.	Figura 25. Peces 5 i 6 amb els elements mecànics ja adherits	21
	Font pròpia	
XXVI.	Figura 26. Rodament de boles	22

<http://vtk-agro.ru/shop/%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%88%D0%B8%D0%BF%D0%BD%D0%B8%D0%BA-1106010/>

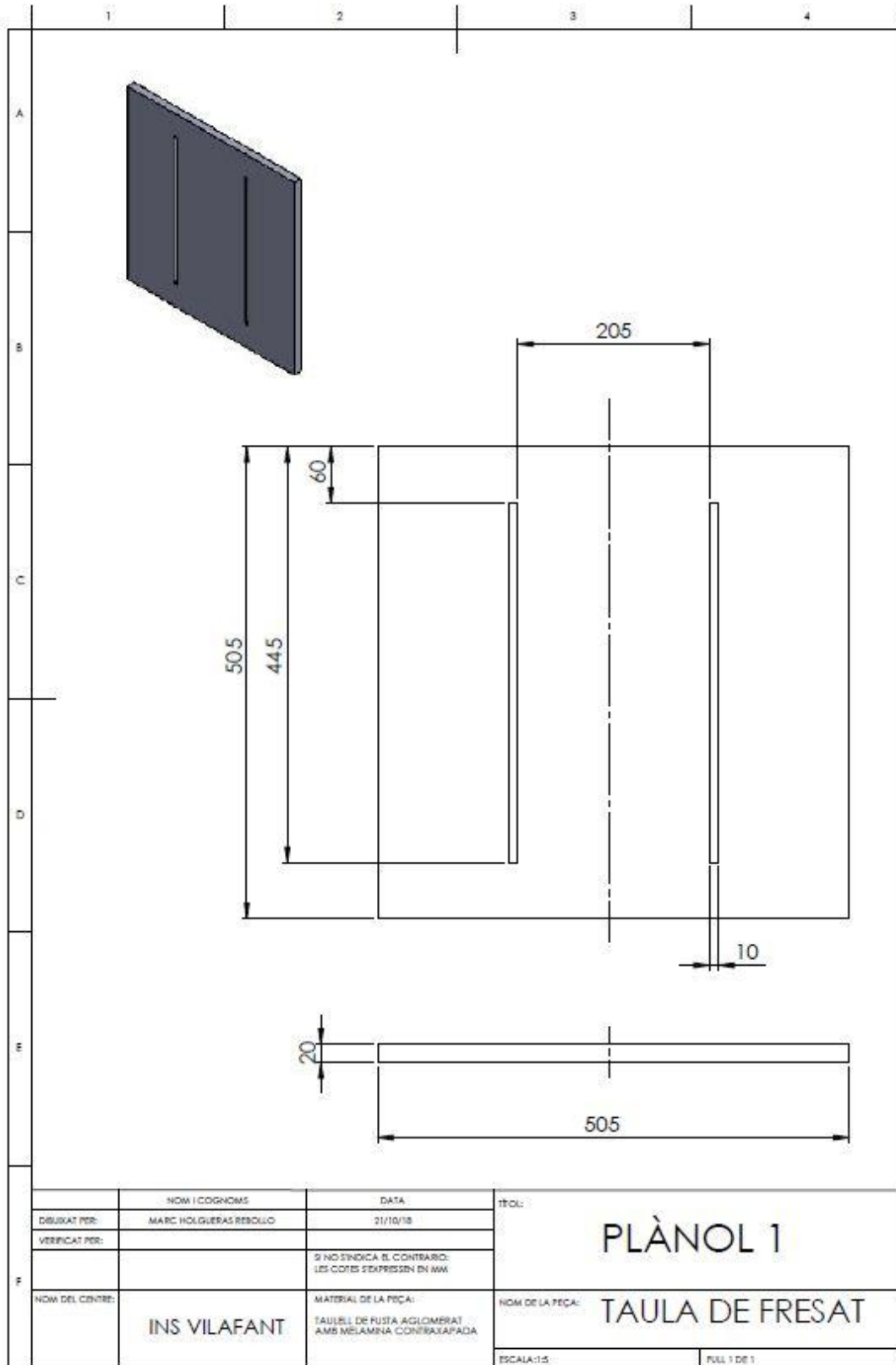
XXVII.	Figura 27. Acoblament flexible 5mm – 8mm	22
	https://pl.aliexpress.com/item/2-PCS-3D-Printer-5x8mm-Motor-Jaw-Shaft-Coupler-5mm-To-8mm-Flexible-Coupling-for-3d/32768210153.html	
XXVIII.	Figura 28. Rodament lineal.....	23
	http://k-electronica.es/kit-completos/196-rodamientos-lineales-lm8uu-8mm-en-canarias-tenerife-la-laguna-8436545519301.html	
XXIX.	Figura 29. Guia de barra roscada	23
	Font pròpia	
XXX.	Figura 30. Infografia de les parts que conformen la placa Arduino UNO REV3	24
	Font pròpia	
XXXI.	Figura 31. Placa Arduino CNC shield V3	25
	http://www.yourobot-electronics.com/product/kit-cnc-shield-4-drivers	
XXXII.	Figura 32. Drivers A4988.....	25
	https://www.indiamart.com/proddetail/a4988-with-heat-sink-red-stepper-motor-driver-14515497012.html	
XXXIII.	Figura 33. Spindle motor, font d'alimentació 220V, potencímetre i ancoratge antivibracions	26
	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-582040131-spindle-motor-fresador-con-fuente-mach3-500w-router-cnc-_JM	
XXXIV.	Figura 34. Motor pas a pas i cable per connectar-lo a la Arduino CNC shield V3	26
	https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-433333842-leorx-nema-17-2-fases-4-hilos-15-a-40-mm-18-motor-pas-_JM	
XXXV.	Figura 35. Dibuix fet amb Solidworks de la taula de fresat amb guies.	28
	Font pròpia	
XXXVI.	Figura 36. Taula de fresat sense guies.....	28
	Font pròpia	
XXXVII.	Figura 37. Tallat del llistó de fusta de roure	29
	Font pròpia	
XXXVIII.	Figura 38. Peces 1 i 2 tallades amb les marques de perforació	29
	Font pròpia	
XXXIX.	Figura 39. Peces 3 i 4 amb les marques i forats pertinents.....	30
	Font pròpia	
XL.	Figura 40. Peces 3 i 4 sense pintar	30
	Font pròpia	
XLI.	Figura 41. Vista de perfil de la peça 5.....	31
	Font pròpia	

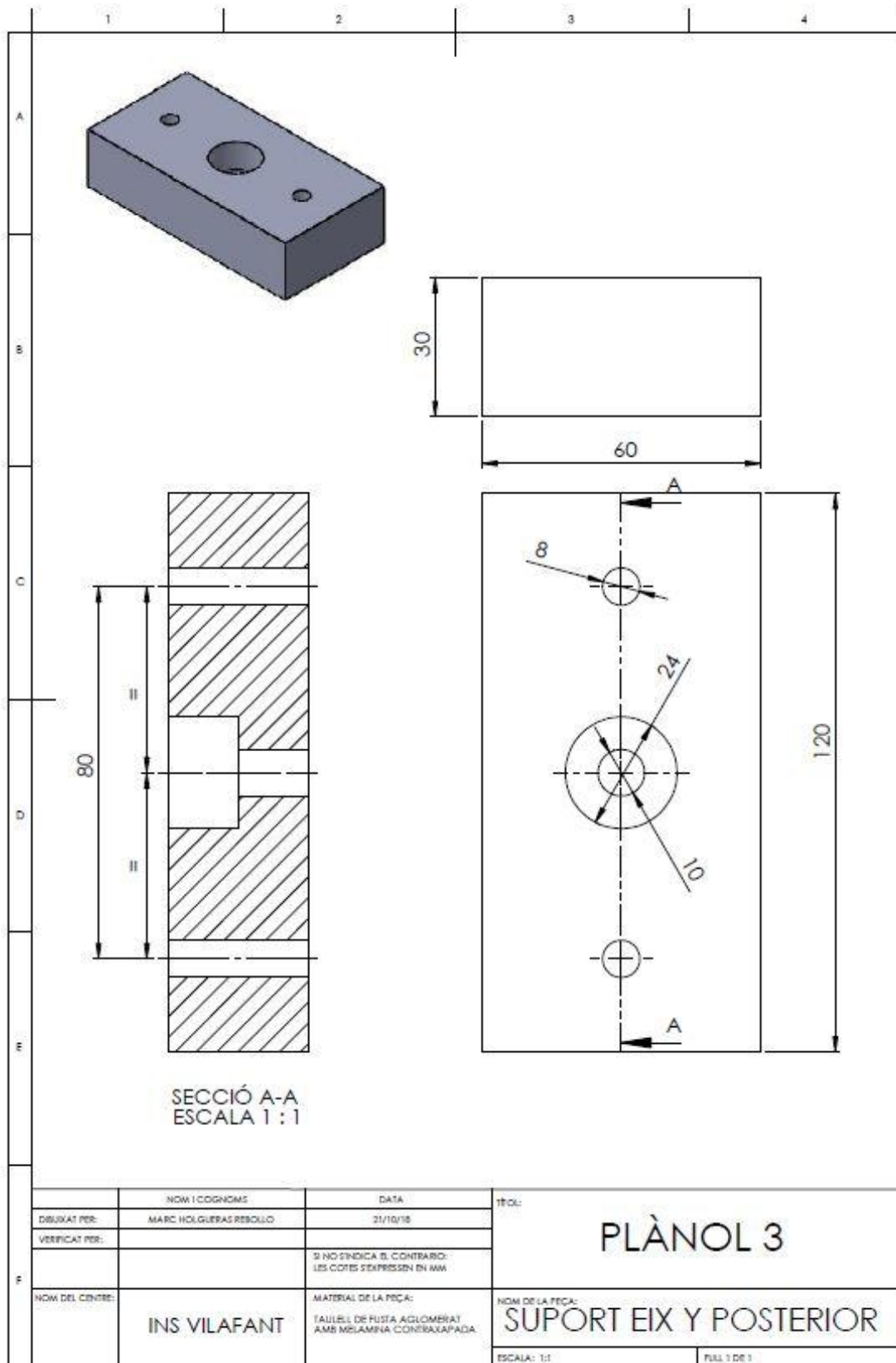
XLII.	Figura 42. Peces 5 i 6 polides	31
	Font pròpia	
XLIII.	Figura 43. Peces 1,2,3 i 4 pintades	32
	Font pròpia	
XLIV.	Figura 44. Visió de la marca pel rodament	32
	Font pròpia	
XLV.	Figura 45. Inserció de la guia de la barra roscada dins de la peça 3	33
	Font pròpia	
XLVI.	Figura 46. Peça 3 i 4 amb les seves corresponents peces mecàniques	33
	Font pròpia	
XLVII.	Figura 47. Barra roscada sense tallar	34
	Font pròpia	
XLVIII.	Figura 48. Col·locació de les barres de la peça	34
	Font pròpia	
XLIX.	Figura 49. Làmina sense cap modificació	35
	Font pròpia	
L.	Figura 50. Làmina modificada	35
	Font pròpia	
LI.	Figura 51. Ancoratge del motor	35
	Font pròpia	
LII.	Figura 52. Làmina de ferro amb el forat pel cargol.....	36
	Font pròpia	
LIII.	Figura 53. Ancoratge amb tots els elements.....	36
	Font pròpia	
LIV.	Figura 54. Col·locació de jumpers.....	37
	Font pròpia	
LV.	Figura 55. Cables allargadors en els ports corresponents.....	37
	Font pròpia	
LVI.	Figura 56. Pàgina principal IDE d'Arduino.....	38
	Font pròpia	
LVII.	Figura 57. Llenguatge C++ CNC.....	38
	Font pròpia	
LVIII.	Figura 58. Universal Gcode Sender.....	40
	Font pròpia	
LIX.	Figura 59. Moviment dins del programa UGS i resultat en la màquina.....	40
	Font pròpia	
LX.	Figura 60. Imatge col·locada en el punt 0.0.....	41
	https://www.youtube.com/watch?v=8M8J810toUE	
LXI.	Figura 61. Fresadora dins la carcassa protectora.....	44

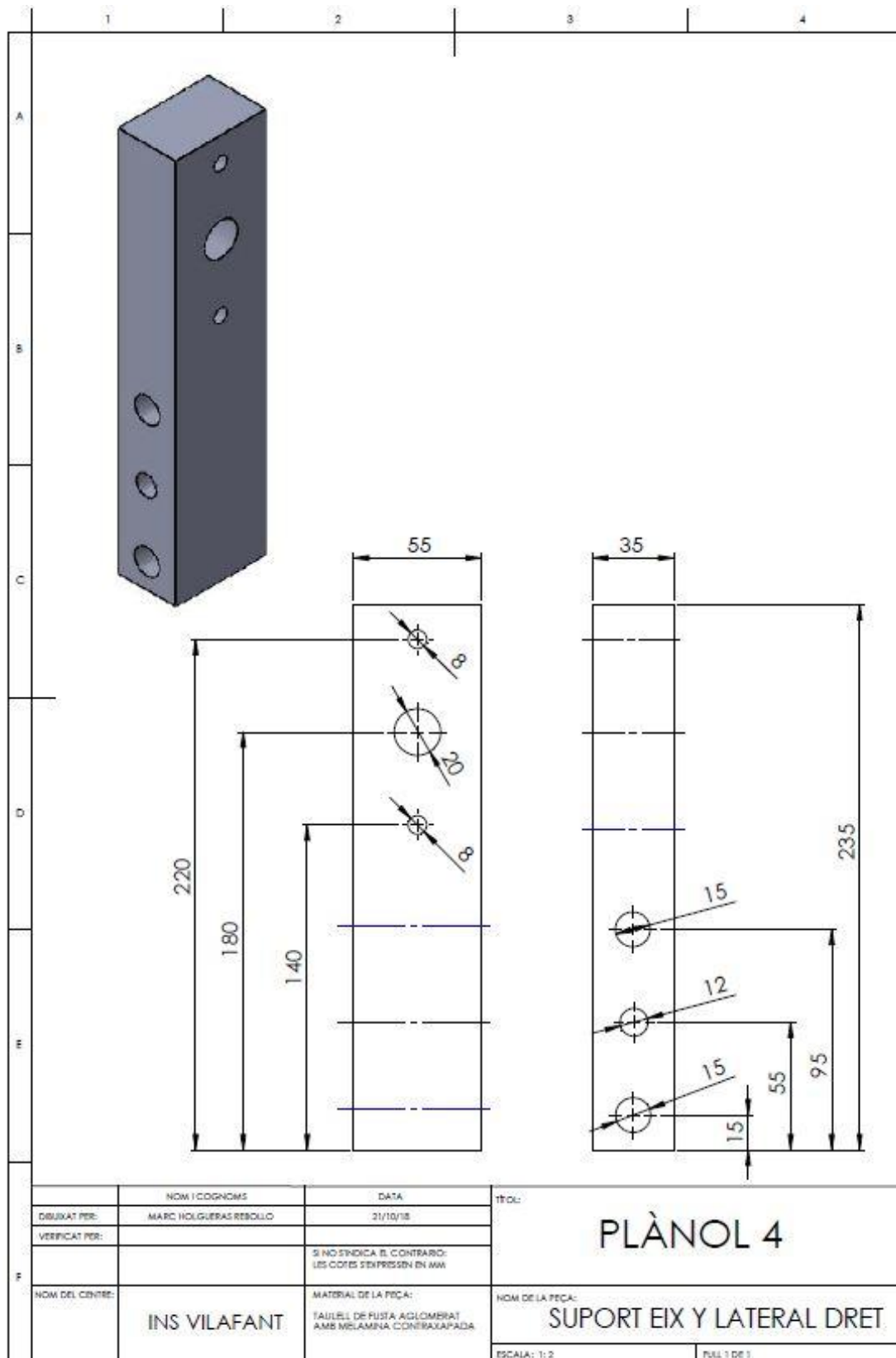
Font pròpia

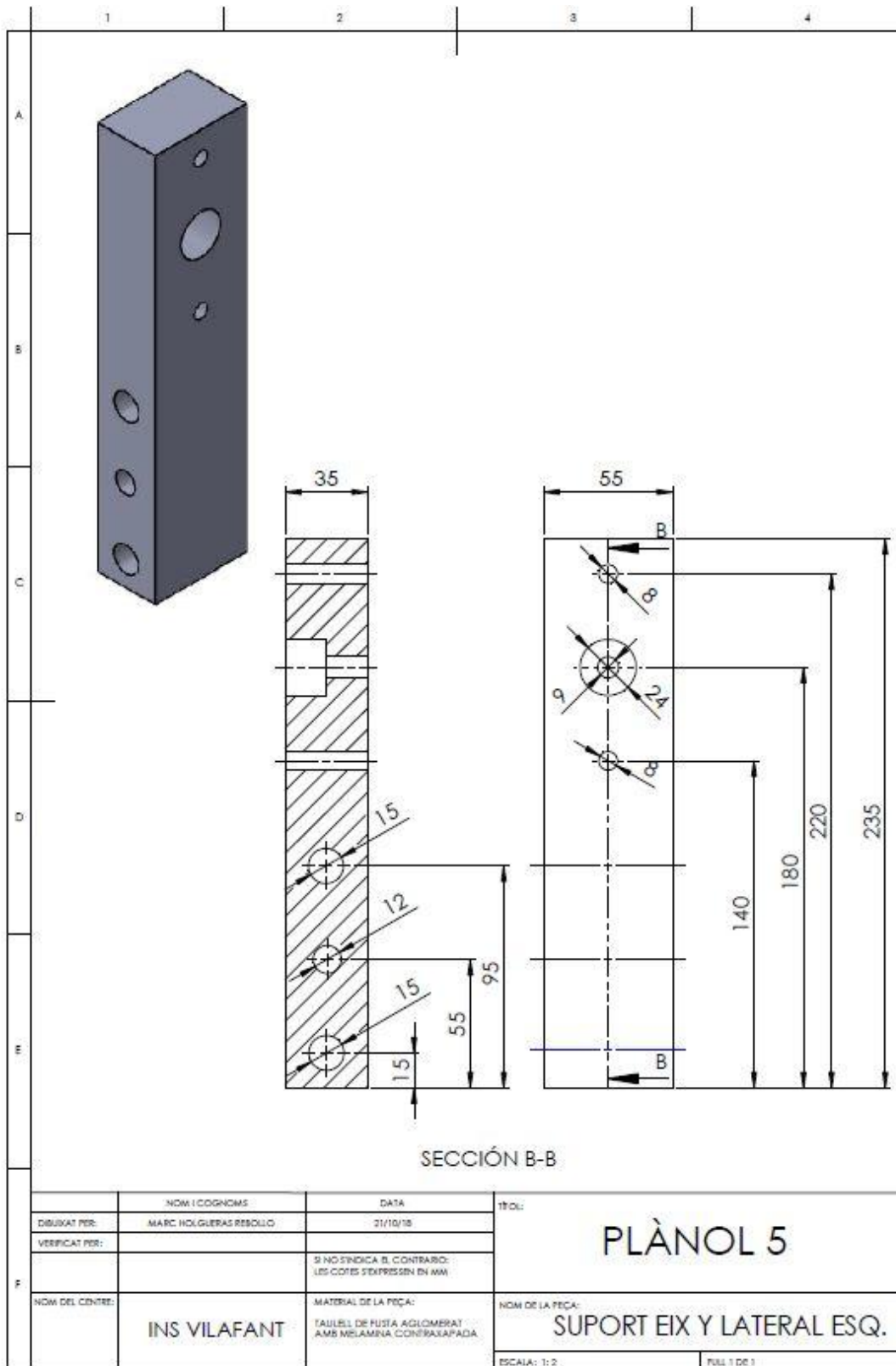
LXII. **Figura 62.** Resultat final.....44
Font pròpia

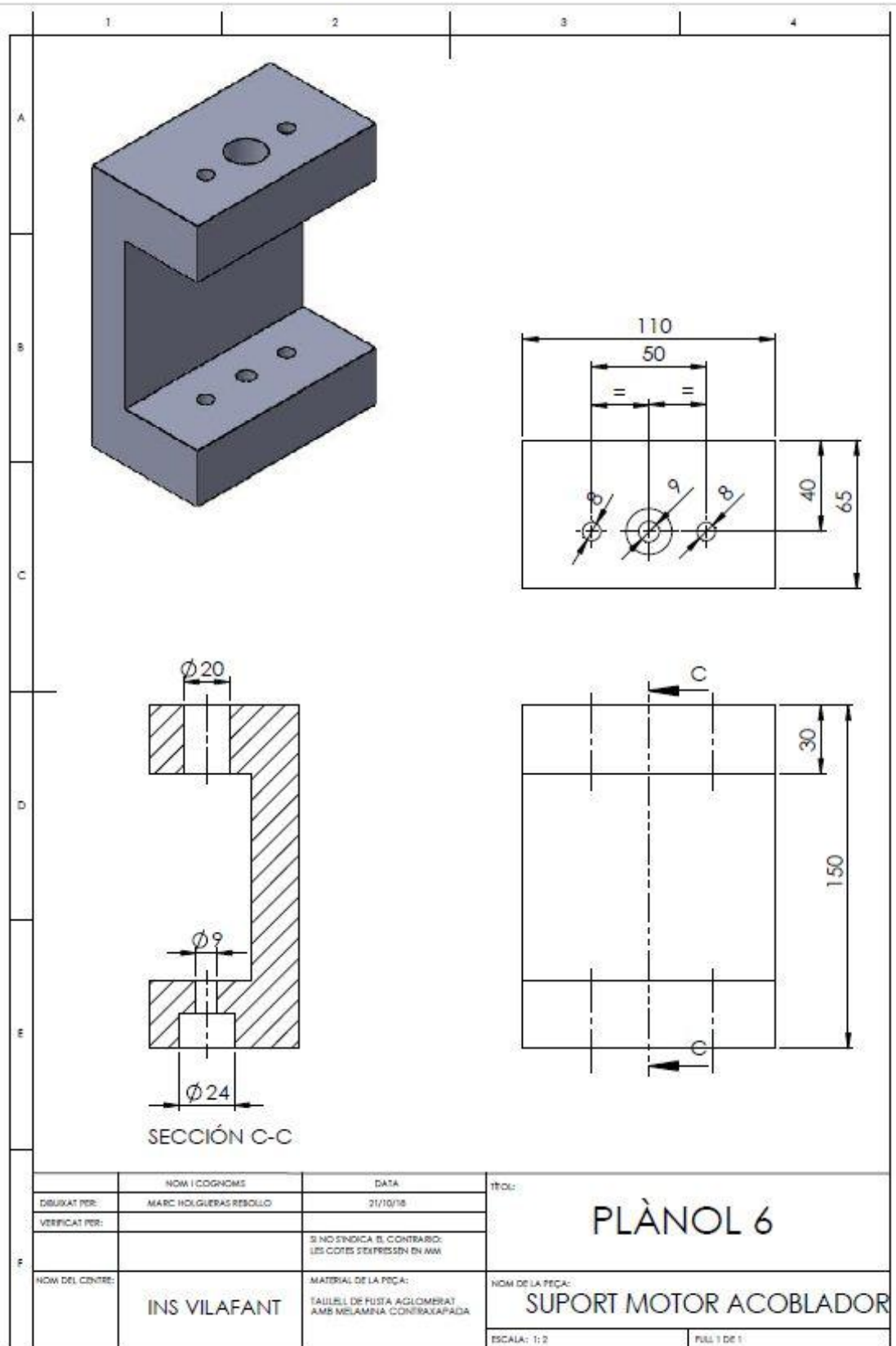
ANNEXOS



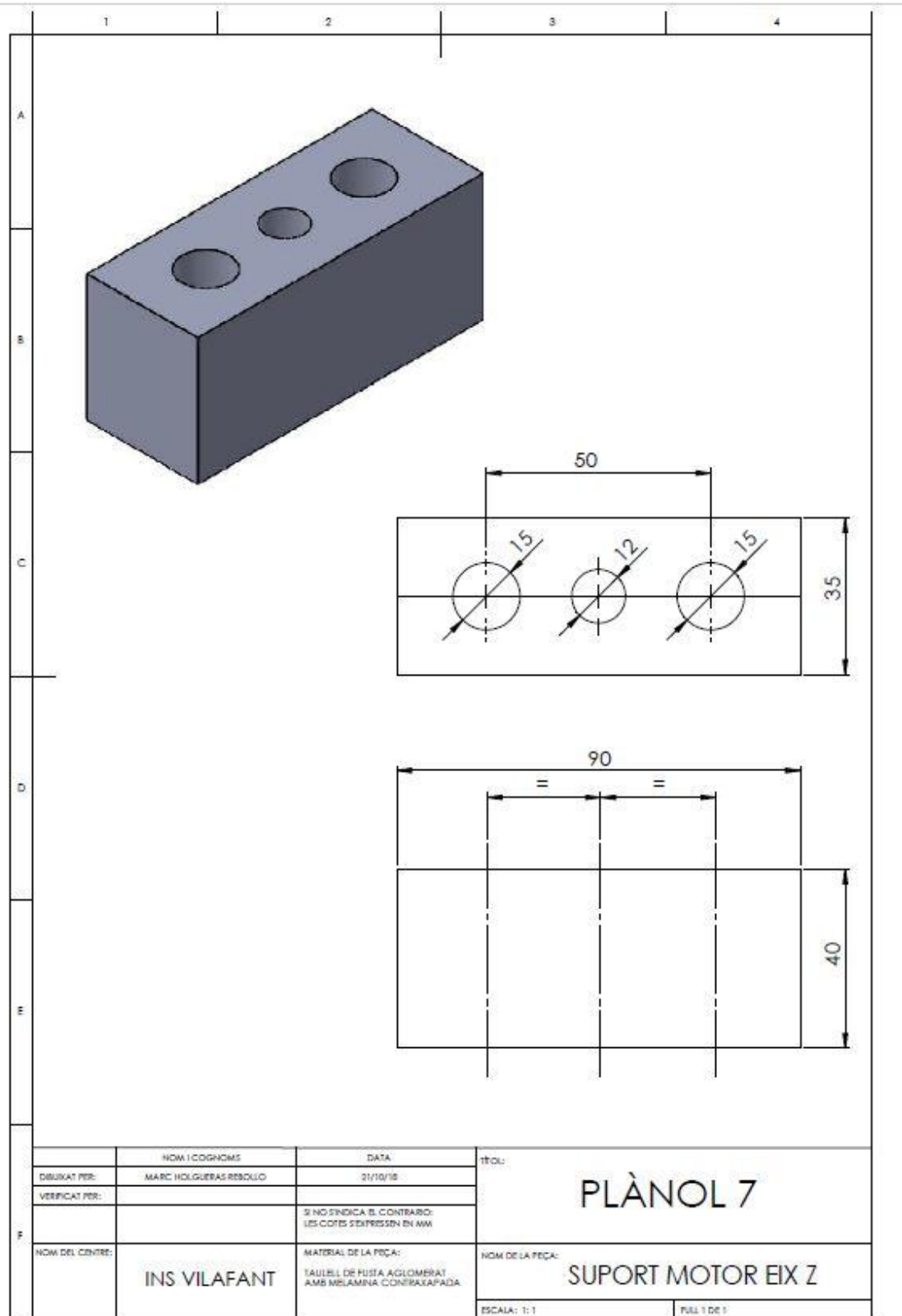


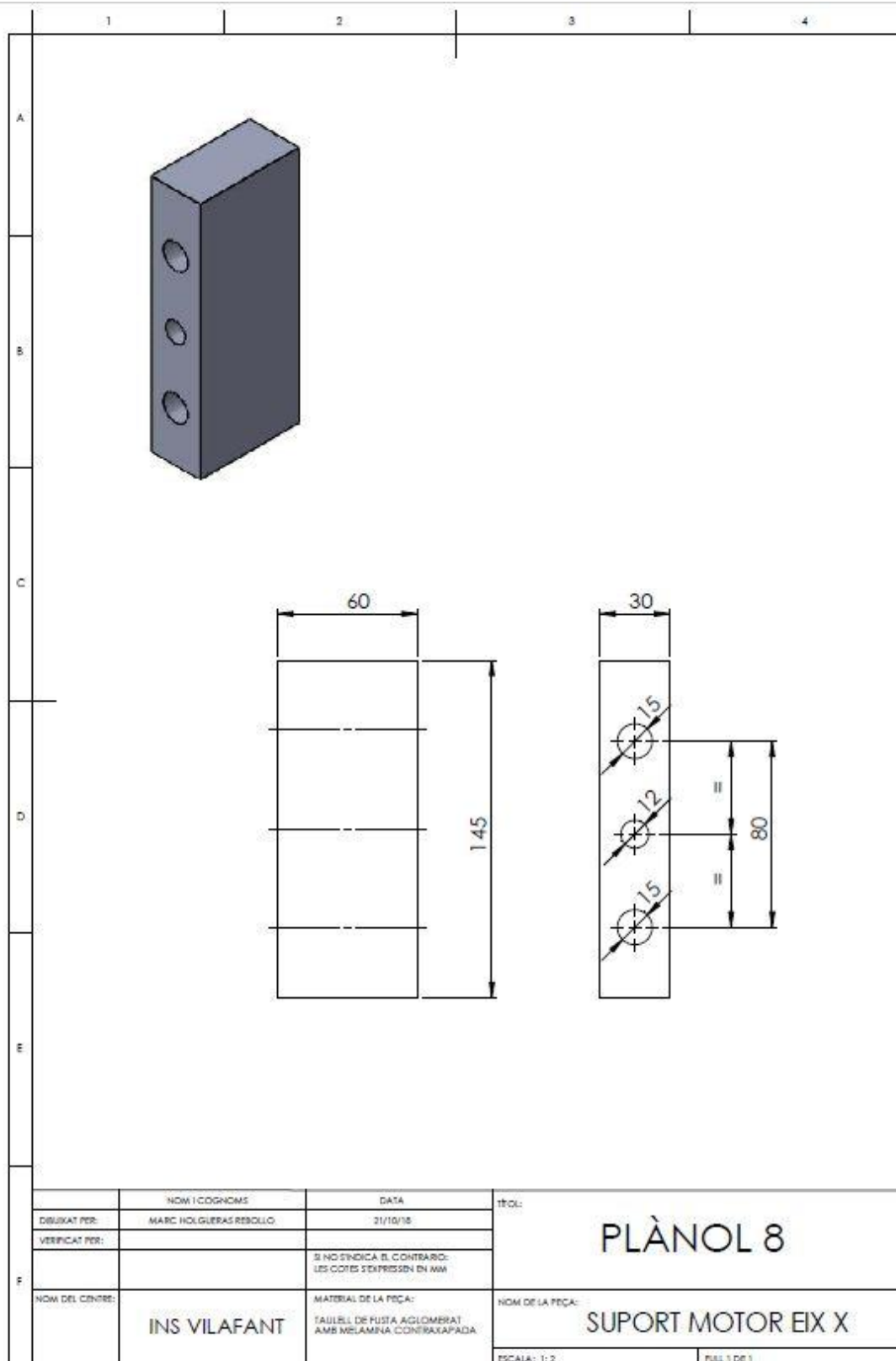


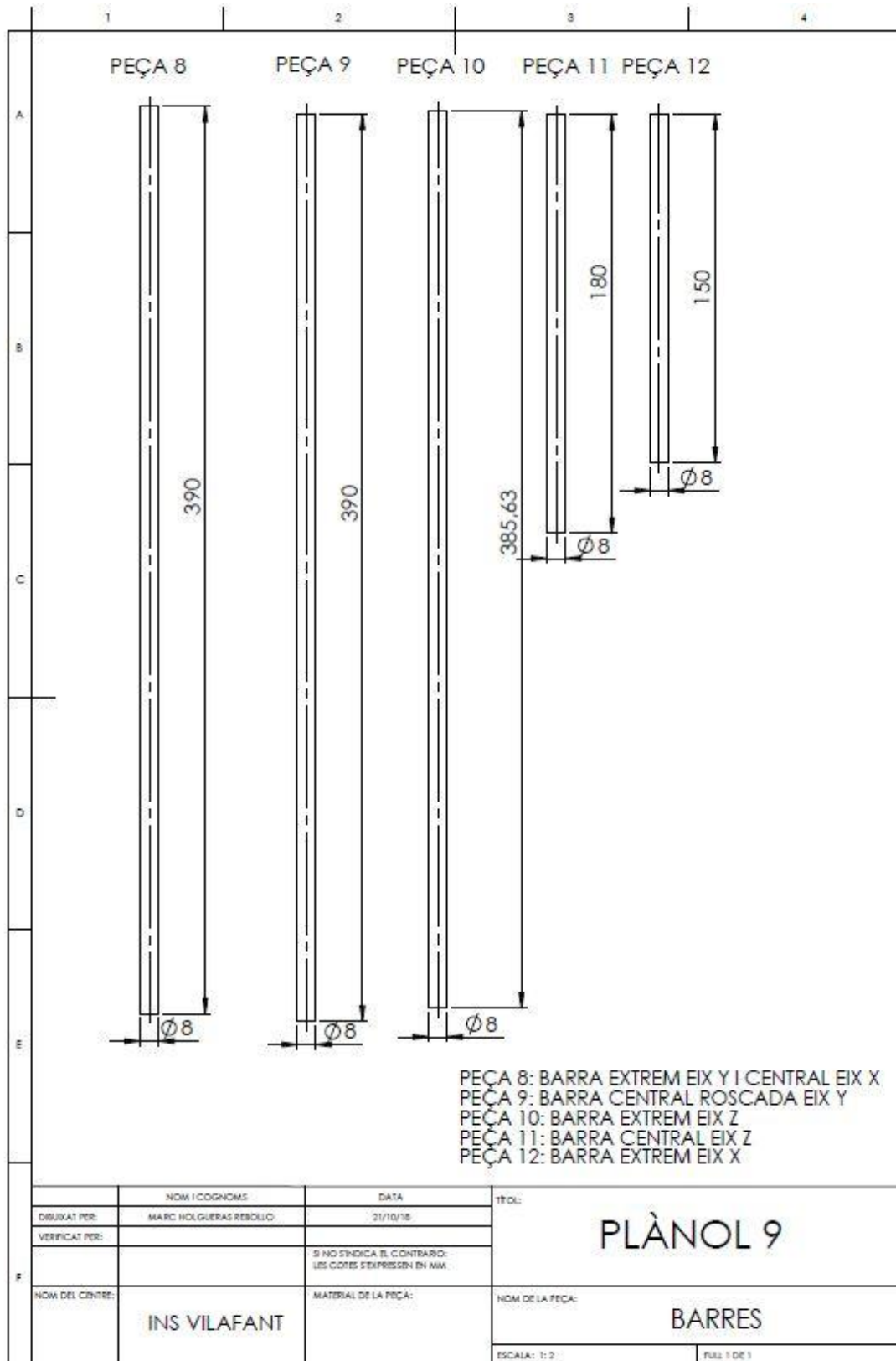




	NOM I COGNOMS	DATA	titol:
DIBUXT PER:	MARC HOLGUERAS REBOLLO	21/10/18	PLÀNOL 6
VERIFICAT PER:			
		SI NO S'INDICA EL CONTRARI: LES COTES S'ENTENDEU EN MM	
NOM DEL CENTRE:	INS VILAFANT	MATERIAL DE LA PEÇA: TAULELL DE FUSTA AGLOMERAT AMB MELAMINA CONTRAEXPANSIÓ	NOM DE LA PEÇA: SUPORT MOTOR ACOBLADOR
		ESCALA: 1:2	PÀG. 1 DE 1







PEÇA 0: TAULA DE FRESAT
 PEÇA 1: SUPORT EIX Y FRONTAL
 PEÇA 2: SUPORT EIX Y POSTERIOR
 PEÇA 3: SUPORT EIX X LATERAL DRET
 PEÇA 4: SUPORT EIX X LATERAL ESQUERRE
 PEÇA 5: SUPORT MOTOR ACOBLADOR EIXOS
 PEÇA 6: SUPORT MOTOR EIX Z
 PEÇA 7: SUPORT MOTOR EIX X
 PEÇA 8: BARRA EXTREM EIX Y I CENTRAL EIX X
 PEÇA 9: BARRA CENTRAL ROSCADA EIX Y
 PEÇA 10: BARRA EXTREM EIX Z
 PEÇA 11: BARRA CENTRAL EIX Z
 PEÇA 12: BARRA EXTREM EIX X

	NOM I COGNOMS	DATA	TÍTOL:
	DIBUIXAT PER: MARC HOLGUERAS REBOLLO	21/10/18	ENSAMBLATGE
	VERIFICAT PER:		
		SI NO S'INDICA EL CONTRARI: LES COTES S'EXPRESSEN EN MM	
	NOM DEL CENTRE:	MATERIAL DE LA PEÇA:	NOM DE LA PEÇA:
	INS VILAFANT		FRESADORA CNC
		ESCALA: 1:2	PÀG. 1 DE 1