



# AUTOMATITZACIÓ INDUSTRIAL

Marc Darnés Castanyer  
2n.A Batxillerat

Tutor: Joan Isart  
INS Pla de l'Estany

Banyoles, 05 d'octube de 2021





Vull agrair al meu tutor, en Joan Isart, per tota l'ajuda, consells i predisposició que m'ha proporcionat al llarg d'aquest treball de recerca, gràcies a aquesta dedicació el projecte ha avançat en bona línia.

També voldria donar les gràcies a l'empresa MITEC Enginy, on hi vaig fer l'estada a l'empresa. Per ensenyar-me tot el procés que segueixen per crear automatitzacions des de zero, proporcionar-me programes i coneixements dels quals abans no disposava. Gràcies a ells he pogut fer una part pràctica més ben organitzada i estructurada, tal com ells ho farien per entregar la màquina al client.

# RESUM

Aquest treball de recerca tracta del procés de disseny, construcció i programació d'una automatització per ús educatiu.

La primera part del treball és una part teòrica amb diferents apartats (història, parts, usos...), els quals tracten diferents aspectes sobre aquesta tecnologia que està al darrere de la gran majoria d'objectes que utilitzem durant el nostre dia a dia.

La segona part del treball té una part pràctica i una de teòrica. A la pràctica he aconseguit crear l'automatització que em plantejava com a objectiu general, mentre que a la teòrica he redactat tots els passos que he anat seguint i aportant informació interessant, segurament no coneguda pel lector.

En cas que el lector vulgui aprofundir més en el muntatge, connexions i programació del projecte pot donar una ullada a l'annex on hi trobarà tota la informació.

Tots els objectius plantejats al principi s'han complert gràcies a moltes hores d'esforç i dedicació treballant en el projecte. Els resultats obtinguts al final del treball són molt satisfactoris i recompensen les hores invertides.

# RESUMEN

Este trabajo de investigación trata del proceso de diseño, construcción y programación de una automatización para uso educativo.

La primera parte del trabajo es una parte teórica con diferentes apartados (historia, partes, usos ...), los cuales tratan diferentes aspectos sobre esta tecnología que está detrás de la gran mayoría de objetos que utilizamos durante nuestro día a día.

La segunda parte del trabajo tiene una parte práctica y otra teórica. En la práctica he conseguido crear la automatización que me planteaba como objetivo general, mientras que en la teórica he redactado todos los pasos que he ido siguiendo y aportando información interesante, seguramente no conocida por el lector.

En caso de que el lector quiera profundizar más en el montaje, conexiones y programación del proyecto puede dar un vistazo en el anexo donde encontrará toda la información.

Todos los objetivos planteados al principio se han cumplido gracias a muchas horas de esfuerzo y dedicación trabajando en el proyecto. Los resultados obtenidos al final del trabajo son muy satisfactorios y recompensan las horas invertidas.

# ABSTRACT

This research project deals with the process of design, construction and programming of an automation for educational use.

The first part of the project is a theory part with different sections (history, parts, uses ...), which deal with different aspects of this technology that is behind the vast majority of objects that we use during our daily routines.

The second part of the project has a practical part and a theory part. In practice, I managed to create the automation that I set as my general goal, while in theory I wrote all the steps that I followed and provided interesting information, probably not known to the reader.

In case the reader wants to go deeper into the assembly, connections and programming of the project can take a look at the annex where you will find all the information.

All the goals set at the beginning have been met thanks to many hours of effort and dedication working on the project. The results obtained at the end of the project are very satisfactory and reward the hours invested.

# ÍNDEX

<b>1.INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objectiu.....	1
1.2. Hipòtesis.....	1
1.3. Metodologia.....	2
<b>2.MARC TEÒRIC.....</b>	<b>3</b>
2.1. Evolució de l'automatització.....	3
2.1.1. Època antiga.....	3
2.1.2. Edat medieval.....	5
2.1.3. Edat moderna.....	7
2.1.4. Edat contemporània.....	9
2.1.5. Avui en dia.....	12
-Màquines auto-replicants.....	12
-Treball cooperatiu entre home-robot i màquines que han d'estar aïllades.....	13
2.2. Introducció a l'automatització.....	17
2.2.3. Concepte de sistema.....	17
2.2.4. Automatització industrial.....	19
2.2.5. Arquitectura d'un sistema.....	24
2.2.6. Sistema de control.....	27
2.3. Quins són els propòsits de l'automatització?.....	31
2.4. Pros i contres.....	32
2.5. Usos que se li dona actualment.....	34
2.6. Parts principals d'una automatització.....	36
2.6.1. Alimentació.....	36
2.6.2. Control.....	36
2.6.3. Actuadors i sensors.....	36
<b>3.MARC PRÀCTIC.....</b>	<b>48</b>
3.1. Preprojecte.....	49
3.1.1. Documents.....	49
3.1.2. Llistat i escandall.....	51
3.1.3. Gestió i control.....	51
3.1.4. Mecànica.....	52
3.1.5. Elèctric.....	52
3.1.6. Components.....	54
3.1.6.1 Motors.....	54
3.1.6.2 Sensors.....	55
3.1.6.3 Placa i drivers.....	55

3.2. Projecte.....	56
3.2.1. Muntatge de l'automatització.....	56
3.2.1.1. Font d'alimentació.....	56
3.2.1.2. Control.....	56
3.2.1.3. Actuadors.....	57
3.3. Programació.....	58
3.3.1. Programació IDE Arduino.....	58
3.3.2. Software de LEGO mindstorms.....	61
3.4. App per controlar l'automatització.....	67
3.4.1. App inventor.....	67
3.5. Postprojecte.....	68
3.5.1. Programa definitiu.....	68
3.5.2. Manual de funcionament i manteniment.....	68
<b>4.Conclusions.....</b>	<b>69</b>
<b>5.Bibliografia.....</b>	<b>71</b>
<b>6.Annex.....</b>	<b>Document a part</b>

# INTRODUCCIÓ

---

Des que era petit he set un aficionat dels LEGOs, sobretot els que et venien amb algun motoret que podies incorporar-li perquè tingués moviment, des d'aleshores sempre m'he preguntat com funcionen certs aparells com per exemple una impressora 3D, un motor elèctric, un ordinador... En començar l'institut de seguida em va atraure l'assignatura de tecnologia i un any després la robòtica, durant l'ESO vaig participar en molts torneigs com poden ser la First Lego League, la RoboCAT, la Robolot... també vaig veure diferents plaques, diverses maneres de programar i tota mena de sensors i actuadors. Els dos últims anys d'ESO van fer que m'adonés que el treball de recerca el faria sobre el que fins al moment m'havia agradat i cridat més l'atenció, els robots. Per aquesta raó el treball que estàs a punt de llegir parla de l'evolució de l'automatització, les seves parts amb el funcionament de cadascuna, utilitats que se li dona i molt més. Seguidament hi ha una sèrie d'objectius que em proposo en aquest treball i unes hipòtesis per començar-lo amb una bona base sòlida.

## Objectius

El meu objectiu principal en aquest treball és aconseguir fer una automatització des de zero. Començant fent tots els documents necessaris per dur a terme el projecte, dissenyant les peces amb programes com l'Autodesk Inventor, el BlocksCAD i el Tinkercad. Fent tot el muntatge d'aquesta, programant-la amb el programa IDE Arduino i finalment crear una aplicació amb l'App inventor per poder-la controlar a distància.

Un altre objectiu que tinc és aconseguir fer tot el que es pugui amb impressora 3D, ja que les peces metàl·liques són molt més cares i d'aquesta manera el cost serà menor.

A més a més vull redactar el treball de manera que tothom que el llegeixi, l'entengui i en pugui extreure nova informació, fent que aquest àmbit que per la majoria de la gent és desconegut o complex d'entendre ja no ho sigui.

## Hipòtesis

Per desenvolupar el treball em faig les següents hipòtesis de partida:

- Seré capaç de dissenyar, construir i programar una automatització?
- És possible construir-la amb impressora 3D?
- Quines són les parts d'una automatització? I la seva funció?



- Podré veure en profunditat en què consisteix el procés automatitzat? I quins usos se li dona?
- Aconseguiré crear una aplicació per governar l'automatització a distància?

## Metodologia

La metodologia d'aquest treball de recerca està dividida en dues grans seccions.

Per una banda aquest treball consta d'una part teòrica, on hi ha tota la informació necessària per entendre el funcionament d'una automatització d'una empresa com pot ser una cadena de producció de cotxes.

Per altra banda consta d'una part pràctica, en aquest bloc he realitzat tots els documents que són necessaris abans de dur a terme un projecte d'aquesta escala, seguit d'una explicació dels components seleccionats, el muntatge d'aquests. Seguit de la programació i la creació de l'aplicació, acabant fent un recopilatori del programa definitiu i l'aplicació que ho governa.

Per anar tancant el treball trobem les conclusions extretes de tota la recerca teòrica i de l'automatització feta a la part pràctica, seguit per la bibliografia, on hi he recollit tots els enllaços de les pàgines, vídeos i fotos que m'han ajudat a redactar i complementar el treball.

Per últim trobem l'annex, on hi ha recopilat tot el procés de muntatge pas a pas de cada zona de l'automatització acompanyat d'imatges, vídeos i plànols.

---

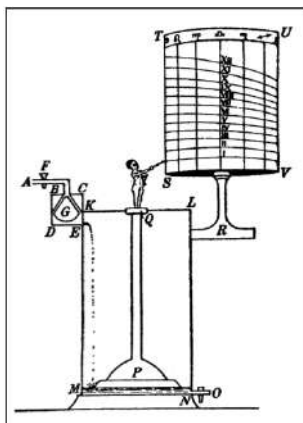
# EVOLUCIÓ DE L'AUTOMATITZACIÓ

Des dels inicis de la civilització l'home ha intentat reemplaçar l'esforç humà per màquines i sistemes de control. Fixant-nos en l'edat de pedra ens adonem que la població substituïa part de l'esforç que gastava a l'hora de caçar en el desenvolupament i construcció de trampes per fer-los més fàcil la feina, aquestes trampes es podrien considerar els primers dispositius de l'automatització que ha creat l'home (de manera inconscient).

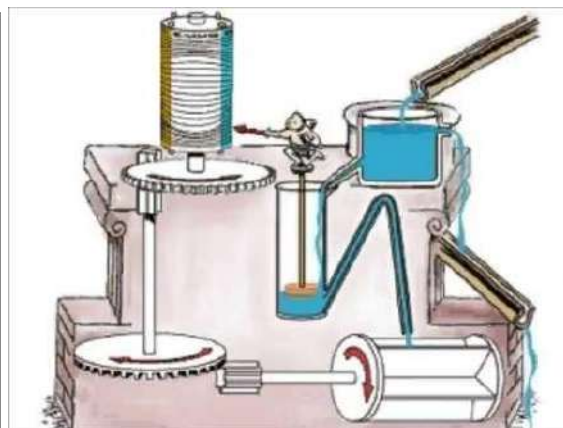
Avui en dia la societat creu que el tema de l'automatització i la robòtica és molt actual, i així és, però la seva base es remunta a fa aproximadament 2000 anys aC a Babilònia (actualment Iraq), quan l'home demostra consciència en el camp del control automàtic. En les següents pàgines hi ha explicada tota l'evolució de l'automatització, albergant des de l'època antiga (2000 aC) fins a l'edat contemporània (s. XVIII) i el dia d'avui.

## Època antiga

Ens situem al segle III aC a Egipte, on Ctesibio va millorar el rellotge d'aigua (que ja existia a la Xina) mitjançant un regulador de flotació. També va afegir-hi una boia amb una estatueta a sobre, en pujar el nivell de l'aigua aquesta també ho feia, assenyalant amb el dit l'hora que tocava. A més a més al cilindre que hi havia marcades les hores anava girant segons el dia i època de l'any que correspongués, ja que a l'estiu els dies són més llargs i a l'hivern més curts.



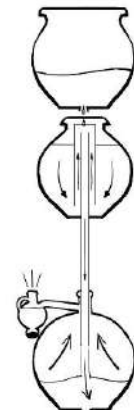
**Fig.1. Rellotge**



**Fig.2. Mecanisme al complet**

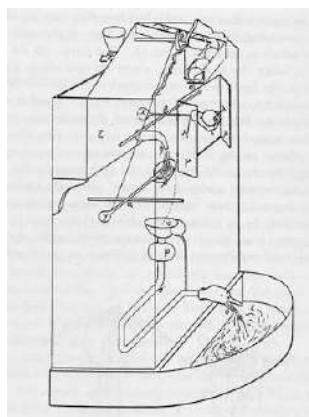
Ctesibio a més a més va escriure el primer tractat científic sobre l'aire comprimit, aquesta investigació conjunt amb els assajos d'elasticitat de l'aire (pneumàtica) que va fer, com per exemple bombes pneumàtiques i fins i tot canons, li han concedit la fama de ser "el pare de la pneumàtica".

L'any 378 aC Plató va adaptar una clepsidra per convertir-la en un despertador, ja que d'aquesta manera els seus alumnes no farien tard a les seves explicacions. Per fer-ho Plató va afegir a la clepsidra un segon recipient hermètic, col·locat a sota i amb un tub els va connectar tots dos. A l'interior de la primera hi va col·locar un sifó, que arribat al moment precís faria sortir l'aigua amb la suficient força que en arribar al segon recipient l'aire desplaçat s'escaparia per un petit orifici situat a la part superior, produint el mateix soroll que el vapor d'aigua d'una tetera.



**Fig.3. Despertador de Plató**

Aproximadament l'any 1 aC Filón de Bizancio va crear el primer molí d'aigua. Al mateix moment va idear una bomba d'aigua per traslladar-la a un punt més alt, utilitzant la força de la mateixa aigua. També va ser l'inventor de la ballesta automàtica o el rentamans. Però el seu major invent va ser una cambrera automàtica, el seu funcionament consistia que en el moment que un dels clients col·locava un got a la seva mà lliure, amb l'altra et servia vi d'una jerra, segons el client desitges la fortor del vi també podia servir aigua per fer-lo menys intens (Es podria considerar el primer humanoide de la història?).



**Fig.4. Molí de Filón**

**Fig.5. Cambrera**

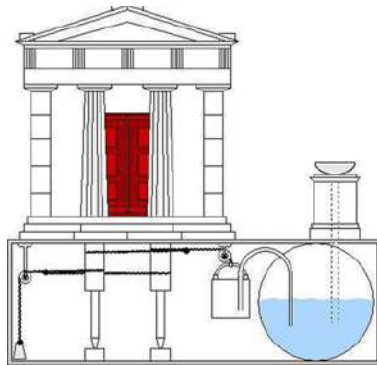
**Fig.6. Rentamans**

Entrant al segle I dC trobem a Herón de Alejandría, l'inventor de l'aelòpia o eolípila (primera turbina de vapor). Una eolípila consisteix en una cambra d'aire, generalment una esfera o un cilindre, amb tubs covats per on s'expulsa el vapor. La força de l'escapament del vapor fa que el mecanisme comenci a girar (segons la tercera llei de Newton o principi d'acció-reacció). L'aigua pot ser escalfada a la mateixa cambra, expulsant l'aire directament, o pot ser escalfada fora de la cambra i unida a aquesta amb tubs per on passa el vapor. A part d'inventar aquesta font de moviment va dissenyar un mecanisme que era capaç d'obrir les portes dels temples. El funcionament es basava igual que amb l'anterior, per proporcionar el moviment d'obertura de les portes calia encendre un foc, aquest escalfava l'aire d'un tub que comunicava amb un recipient subterrani amb aire i aigua, l'aire a pressió sortia cap al recipient fent passar l'aigua del recipient inicial a un de secundari mitjançant un sifó, aquest

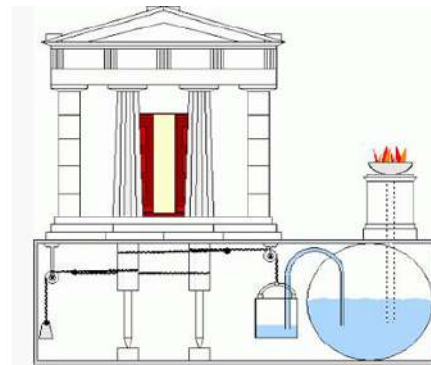
secundari en augmentar de pes feia moure una sèrie de politges i engranatges que proporcionaven el moviment de les portes. També va ser l'inventor de l'udòmetre, un aparell utilitzat per mesurar la distància que un objecte ha recorregut.



**Fig.7. Eolípila**



**Fig.8. Mecanisme per obrir portes**



Arquimedes a part de fer el seu famós teorema, també va ser l'inventor del caragol d'Arquimedes, gràcies a aquest va permetre traslladar aigua des d'un punt inicial a un altre de més elevat amb una simple maneta. També va ser l'inventor de la màquina d'Antiquitera, es calcula que es va fer ara fa 2100 anys, va ser trobada entre les restes d'un naufragi romà (es van trobar 82 fragments de la màquina), consta d'almenys 72 engranatges i 36 rodes dentades. Al principi no se sabia la seva utilitat, però en fer-ne la reconstrucció es va veure que s'utilitzava per calcular les òrbites dels 5 planetes coneguts al moment i era extremadament precís.



**Fig.9. Caragol d'Arquimedes**



**Fig.10. Màquina d'Antiquitera**



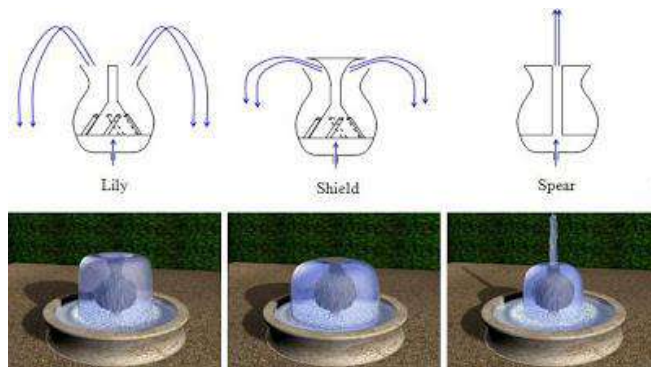
## Edat medieval

El període de l'edat mitjana va causar que el ritme tecnològic que s'estava portant disminuís dràsticament a tot Europa. Tot i això es pot destacar que l'any 1352 es va inventar el Gall d'Estrasburg, un gall autòmat que va funcionar fins a l'any 1752, actualment aquest gall es pot veure conservat a la catedral de la ciutat d'Estrasburg (l'autòmat més antic de la ciutat), el seu mecanisme deia que en donar l'hora el gall mogués les ales i el bec.



**Fig.11. Gall d'Estrasburg**

Durant l'època hel·lenística el coneixement dels sistemes de control va ser preservada per la cultura islàmica i redescoberta a finals del renaixement. A la cultura islàmica van sorgir figures com els germans Banu Musa (Mamad, matemàtic, filòsof i astrònom; Ahmad, físic i matemàtic; Al-Hasan, geòmetra). Aquests tres germans van poder heretar el saber de Filón i Herón, enginyant multitud d'artefactes. Uns dels seus millors enginyers van ser les modificacions que van fer a la font d'Herón, aconseguint font que tiraven l'aigua de diferents maneres i capaces d'alternar aquestes maneres automàticament. Podien fer els canvis utilitzant la força del vent, amb unes aspes, o la força de l'aigua, amb unes palanques. A més a més van escriure un llibre ("Llibre de mecanismes enginyosos") descrivint fins a 100 artefactes mecànics, molts d'ells perfeccionen les idees d'Herón i Filón.



**Fig.12. Fonts de Banu Musa**

Al segle IX d.C. s'atribueix a l'emperador Teófilo de Bizancio la construcció d'un tron d'autòmats que emulava al Tron del rei Salmó. Aquest tron era capaç de pujar i baixar del sostre i al mateix moment uns ocells autòmats cantaven d'acord en l'espècie que fossin o representessin.

Al segle XII d.C. neixen a món islàmic el que seria un dels seus millors invents de la seva cultura: Ibn al-Razzaz al Jazari. Va absorbir les idees de Filón i Herón, i les millores i invencions que van fer els germans Banu Musa, gràcies a tot aquest coneixement previ va poder desenvolupar nous invents. Un dels més importants és la font Royaltarki, coneguda també com a font pavó real, per tenir una d'aquestes aus incorporada. La seva funció era de neteja mans, en estirar un punt de la cua del pavó aquest treia aigua pel bec, i de mica en mica anava caiguent al desaigüe. A més a més una figureta amb forma de servent sortia d'un racó amagat i oferia cendres vegetals, les pastilles de sabó de l'època. A mesura que s'anava utilitzant l'aigua per acarar sortia una figureta del darrere d'unes portes per oferir una tovallola per eixugar les mans.



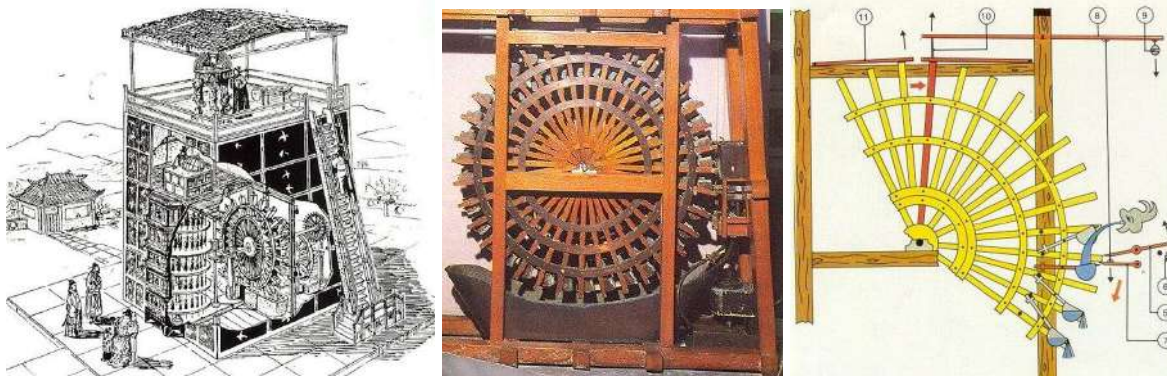
**Fig.13. Font Royaltarki**

La font Royaltarki va ser la seva font més famosa, però en va fer moltes més, de mecanismes igual de complexos i brillants per l'època en què es trobava.

L'any 725, a l'Àsia, es va agafar la idea de les clepsidres que havia fet servir a Grècia i les van convertir en un autèntic rellotge mecànic. Això va ser obra del matemàtic i astrònom I-Hsing.



El que va fer aquest monjo budista va ser idear una roda hidràulica amb unes pales als extrems. A mesura que l'aigua d'una clepsidra anava caiguent a una tassa. Quan aquesta s'omplia el seu pes feia baixar una barra que tirava un topall que mantenia quieta la roda. Gràcies a aquest mecanisme cada vegada que s'emplenava la tassa i succeïa l'efecte encadenat la gran roda aconseguia girar 36 graus, alhora una sèrie d'engranatges accionava una esfera celesta que al seu voltat hi havia la terra i la lluna, marcant la sortida i la posta del sol, les llunes noves i velles.



**Fig.14. Rellotge de I-Hsing**

**(mecanisme)**

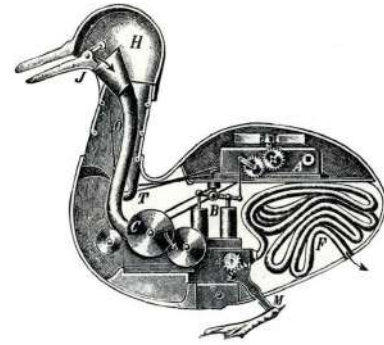
Altres avenços molt importants que van succeir a mitjans-finals de l'edat mitjana van ser el paper, la pólvora, la brúixola o la impremta, també es van desenvolupar les universitats, fent que una bona base pels següents invents, desenvolupaments i idees de l'automatització.

## Edat moderna

Entrem a l'edat moderna començant amb el Renaixement, on tenim una gran revolució científica, amb una gran aparició de nous científics, invents i idees, entre totes les persones que van contribuir a fer possible aquest present podem destacar-ne: Copèrnic (model heliocèntric del sistema solar), Kepler (càlcul de les òrbites que estan al voltant del sol), Galileu (inventa el primer telescopi, crea la primera llei de moviment i és considerat el pare de l'astronomia), Descartes (pensament del racionalisme i estudi de la geometria analítica), Newton (crea la llei de la gravitació universal, les tres lleis i la mecànica clàssica).

Durant els segles XV i XVI alguns representants del renaixement es van interessar pels invents descrits i desenvolupats pels grecs. Conegut com a Lleó mecànic i va ser construït per Leonardo da Vinci (1452-1519) per al rei Luis XII de França, el Lleó era capaç d'obrir-se el pit amb una de les seves urpes i mostrava l'escut del rei. Aquí a Espanya es coneixia com l'Home del pal, que va ser construït per Juanelo Turriano i entregat a l'emperador Carles V (segle XVI). Aquest autòmat tenia forma de monjo i era capaç de moure el cap, els ulls, la boca i els braços, caminant al mateix moment.

Durant el segle XVII i XVIII es van crear mecanismes molt enginyosos que tenen alguna de les característiques dels robots actuals. Jacques de Vaucanson (1709-1782) va construir un increïble ànec mecànic que va ser l'enveja de tot Europa. L'ànec era capaç d'allargar el coll per agafar menja que estigués situat a la mà d'algú proper, a més a més se'l podia empassar i digerir (dissolució), també podria veure aigua i imitar la majoria de moviments d'un ànec. A més a més era capaç d'excretar els aliments ingerits. Vaucanson també va dissenyar i construir diversos autòmats, entre els quals es pot destacar un flautista capaç de tocar melodies. **Fig.15. Ànec de Vaucanson**



Un altre projecte molt important en l'evolució de l'automatització va ser el telar de Jacquard, desenvolupat l'any 1801 per Joseph Marie Jacquard (França, 1752-1834). Jacquard va ser la primera persona a utilitzar una espècie de targetes perforades com a programa de treball, és a dir, triant con conjunt de targetes es podria decidir el tipus de patró que es vol seguir al teixit. A més a més el telar era més ràpid que de manera tradicional i els dissenys sortien sense cap error a la primera. Aquesta màquina es pot considerar la primera de totes les màquines de control numèric que tenim avui en dia.



**Fig.16. Telar de Jacquard**

El primer sistema de control realimentat, és el regulador de temperatura inventat per l'alemany Cornelius Drebbel (1572-1663), desenvolupat per escalfar una incubadora.



Si bé al llarg de segle XVIII es comencen a despuntar els dispositius de control automàtic, el seu zenit arriba amb el regulador centrífug desenvolupat per James Watt (1736-1819). A aquest se li pot prendre com a punt de partida per traçar el desenvolupament del control automàtic com a disciplina científica. Es tractava d'un dispositiu que proporcionava una acció de control proporcional a la regulació de la velocitat en les màquines de vapor.

**Fig.17. Regulador de Watt**

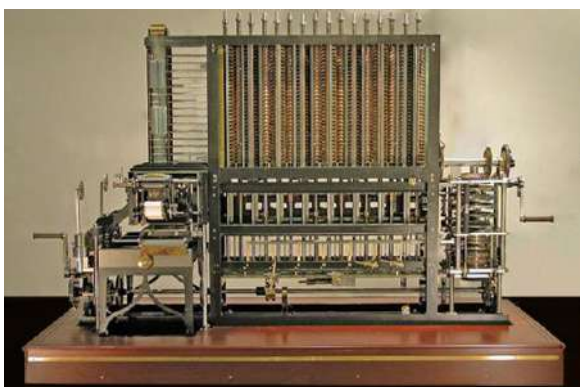
Per finalitzar podem destacar una anècdota relacionada amb un autòmat conegut com "El Turc". El Turc va ser una famosa estructura que es creu que era un autòmat que jugava a escacs. Va ser construït i revelat per Wolfgang von Kempelen (1734-1803) el 1769. Tenia la forma d'una cabina de fusta d'1,20 m × 60 cm × 90 cm, amb un maniquí vestit amb túnica i

turbant assegut sobre ell. La cabina tenia portes que un cop obertes mostraven un mecanisme de rellotgeria i quan es trobava activat era capaç de jugar una partida d'escacs contra un jugador humà a un alt nivell. Després sorprendre a nombroses personalitats (entre elles a Napoleó), es va descobrir que el seu funcionament estava basat en una persona amagada en el seu interior que movia les peces. Tot i això, el mecanisme que permetia moure les peces pròpies i conèixer l'estat de les peces de l'oponent és destacable.

## Edat contemporània

Des del segle XVIII l'automàtica ha experimentat una evolució exponencial, per la qual cosa és impossible fer presència de tots els grans invents que es van inventar, desenvolupar i millorar. Per aquest motiu he fet un recull dels més significatius de tots.

L'any 1835 Charles Babbage va presentar la seva màquina analítica, que ve a ser l'antecessora de l'ordinador. En 1842, Ada Lovelace escriu el primer algoritme per a la màquina que, tot i això, mai es va construir pels problemes de resistència dels materials de l'època. La màquina analítica havia de funcionar amb un motor de vapor i hauria tingut 30 m de llarg per 10 d'ample. Per a l'entrada de dades i programes havia pensat utilitzar targetes perforades. La sortida havia de produir-se per una impressora, un equip de dibuix i una campana. La màquina podia perforar targetes per posteriorment ser llegides. Funcionament de la màquina: 1. El mecanisme d'entrada de dades es duia a terme gràcies a unes targetes perforades, podia distingir fins a dos tipus de targetes que es podien introduir per dues entrades diferents, les que contenien dades i les que contenien instruccions. 2. La memòria d'aquest aparell consisteix en mil columnes de cinquanta rodes cada una, amb una capacitat d'emmagatzematge de mil números de cinquanta xifres un. 3. La unitat de control era un



mecanisme que controlava que les operacions es fessin en l'ordre adequat, segons les instruccions del programa de les targetes. 4. Constava d'una unitat d'aritmètica-lògica, que feia les operacions aritmètiques i les discriminacions lògiques. 5. El mecanisme de sortida es feia amb targetes perforades.

**Fig.18. Màquina analítica de Babbage.**

L'any 1863, Henri Fourneaux va inventar la pianola. És igual que un piano l'únic que per fer música no és necessària una persona, ja que funciona de manera automàtica. Toca les notes escrites a un rotlló perforat gràcies a uns circuits pneumàtics.



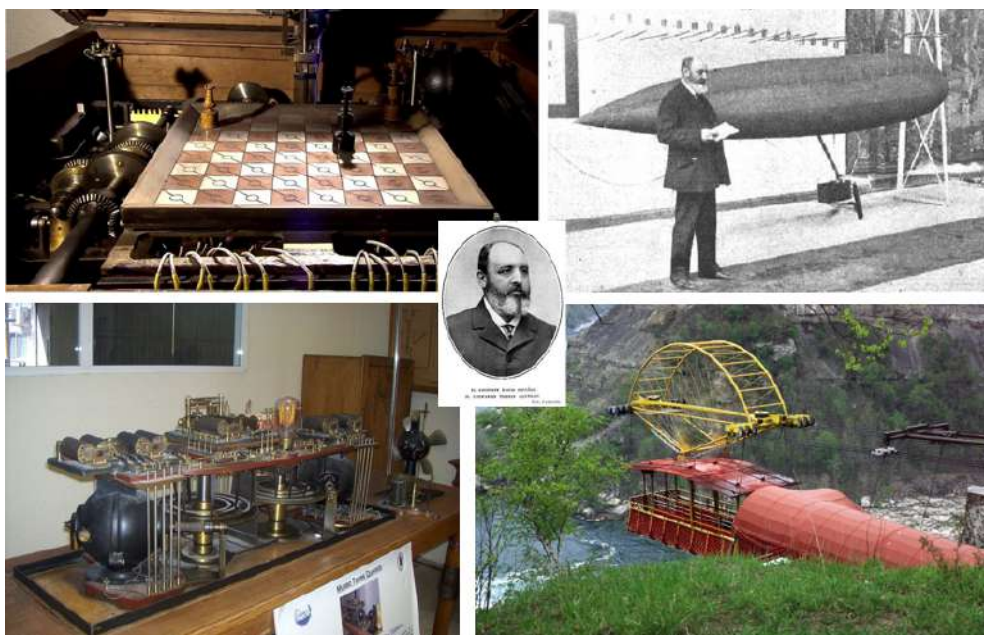
Leonardo Torres Quevedo (Cantàbria, 1852-1936) va ser un matemàtic, enginyer i inventor espanyol de finals del segle XIX i principis del segle XX. D'entre els seus nombrosos invents podem destacar-ne els següents:

El 1887 va construir el primer transbordador ("transbordador de Portolín") per salvar un desnivell d'uns 40 metres: d'uns 200 metres de longitud i tracció animal, una parella de vaques, i una cadira a manera de barqueta. També va construir l'Spanish Aerocar a les cascades del Niàgara, Canadà, un funicular aeri de 550 m gairebé horitzontal (la diferència de cota entre els dos extrems és d'un metre) que uneix dos punts diferents de la riba canadenca en una recolzada del riu Niàgara conegut com El Remolí (The Whirpool).

En 1902, va presentar un nou tipus de dirigible que solucionava el greu problema de suspensió de la barqueta en incloure una armadura interior de cables flexibles que dotaven de rigidesa al dirigible per efecte de la pressió interior.

El 1903 va presentar el Telekino, un autòmat que executava ordres transmeses mitjançant ones hertzianes. Va constituir el primer aparell de ràdio direcció del món, i va ser un pioner en el camp del comandament a distància, al costat de Nikola Tesla. El 7 de novembre de 1905, davant d'una gran multitud, va demostrar amb èxit l'invent al port de Bilbao en guiar una barca des de la riba.

El 1914 va presentar "El Ajedrecista", considerat el primer videojoc de la història. Utilitzant electroimants sota el tauler d'escacs, jugava automàticament un final de rei i torre contra el rei d'un oponent humà. No jugava de manera molt precisa i no sempre arribava al mat en el nombre mínim de moviments, a causa de l'algorisme simple que avaluava les posicions, però aconseguia la victòria en totes les ocasions.



**Fig.19. Invents de Leonardo Torres Quevedo**

El 1920, l'escriptor txecoslovac Karel Capek va servir, per primera vegada, la paraula robot a una obra de teatre, per designar un androide que realitzava funcions pròpies d'un ésser humà.

El 1913, la Ford Motor Company va introduir una línia d'acoblament de producció d'automòbils que es considera un dels tipus d'automatització pioners en la indústria manufacturera. Abans d'això, un cotxe era construït per un equip de treballadors.

La productivitat de les fàbriques va augmentar ràpidament a causa de l'electricitat (especialment l'altern gràcies a Nikola Tesla) en la dècada de 1920 i en la dècada de 1930. La indústria automotriu liderava la càrrega en l'automatització industrial. Va ser durant aquesta època quan la indústria estava aplicant controladors de retroalimentació, un temporitzador elèctric d'alta precisió i relés de protecció.

El 1944 el nord-americà Howard Aiken construeix el Mark I, un ordinador de 8 tones de pes, més de 15 metres de llarg i 2,40 metres d'alt, amb 800 quilòmetres de cables en el seu interior. Invertia 0,3 segons en les sumes i 12 segons per a les divisions.

El 1946 apareix la versió definitiva de l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator), primer ordinador electrònic. Consumia 175.000 W de potència (aproximadament, el mateix que 220 brasers elèctrics connectats simultàniament).

El 1948 Walter Brattain i John Bardeen, dels Laboratoris Bell, als Estats Units, inventen el transistor. És el gran avanç que porta al món actual.

El 1958, Jack Saint Clair Kilby inventa el microxip, que permet integrar diversos transistors en un únic muntatge, amb la consegüent evolució.

Els autòmats programables s'introdueixen per primera vegada en la indústria el 1960 aproximadament. Bedford Associates va proposar un sistema de control anomenat Controlador Digital Modular (Modicon, Modular Digital Controller) a fabricant d'automòbils General Motors. Altres companyies van proposar alhora esquemes basats en ordinador, un dels quals estava basat en el PDP-8. El Modicon 084 va resultar ser el primer PLC del món a ser produït comercialment.

El 1968 es van obrir pas en la història dels PLC (Controlador Lògic Programable) amb el Control Industrial Modular creat per Dick Morley. Així es va donar pas a l'automatització de processos electromecànics propis de les línies de muntatge. Pel que fa a les màquines, el 1978 AMK va inventar la programació CNC (Control Numèric Computat) que permetria el seu control remot.

El 1971, l'empresa Intel llança el primer microprocessador, el 4004.

El 1975 un client va encarregar un sistema de control Beckhoff amb una peculiaritat: que fos equipat amb un disc dur amb la finalitat de recollir dades. La solució es va fer integrant un PC al sistema i a partir d'aquest moment es van adonar que el PC integrat podia servir per a molt més, el que va provocar una revolució en l'automatització industrial.

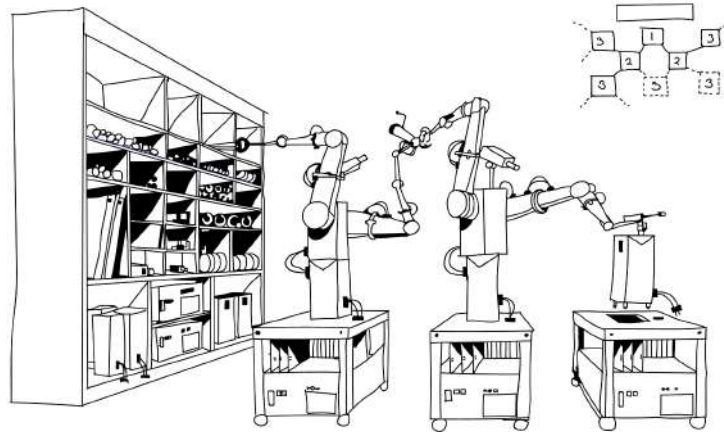
El 1990 comencen a muntar-se les fàbriques totalment automatitzades.

## Avui en dia

### Màquines auto-replicants

Una màquina auto-replicant és una construcció artificial que és teòricament capaç de fabricar, de forma autònoma, una còpia de si mateixa amb matèria primera que l'envolta. Aquest concepte ha estat proposat i experimentat per Homer Jacobsen, Edward F. Moore, Freeman Dyson, John von Neumann i més recentment per K. Eric Drexler en el seu llibre sobre nanotecnologia, "*Motors de la creació*".

Aquestes màquines necessiten tenir la capacitat d'obtenir energia i matèria primera, per processar i transformar-la en components finals, i després acoblar-los per formar una còpia de si mateixa. A més, per a una autorreplicació completa, ha de partir des de zero, produir la seva totalitat des de la més petita, com ara, rodaments, connectors i tots els components necessaris. És poc probable que tot això pogués ser contingut en una sola estructura, però seria possible per a un grup de màquines cooperant entre si o d'una fàbrica autòmat que sigui capaç de fabricar totes les màquines que la componen. La fàbrica podria produir robots miners per extreure o recol·lectar matèria primera, robots constructors per acoblar noves màquines, i robots de reparació per fer la manutenció dels seus propis components per enfrontar el deteriorament i desgast natural del seu funcionament, tot això sense intervenció o direcció d'éssers humans. L'avantatge d'aquest sistema rau en la seva habilitat per expandir la seva pròpia capacitat ràpidament i sense esforç humà addicional. En essència, la inversió inicial requerida per construir el primer dispositiu auto-replicant tindria una recuperació infinita sense cap cost addicional de mà d'obra. Aquestes màquines no violen cap llei física, i les tecnologies bàsiques necessàries per a alguns dels dissenys i propostes més detallats ja existeixen, tot i això encara no n'hi ha cap en funcionament a causa de la seva complexitat, però se n'han fet alguns prototips en universitats, com per exemple a la universitat de Bath, la universitat de Cornell o uns estudis anomenats NIAC sobre sistemes auto-replicants dut a terme per la NASA.



**Fig.20. Exemple de màquina auto-replicant**

## Treball cooperatiu entre home-robot i màquines que han d'estar aïllades

Actualment les empreses consten de dos grans grups de robots.

El primer grup són aquells robots que poden treballar amb humans, tenen incorporats diferents sensors i una programació específica que fa possible aquesta cooperació entre humans i robots. Aquesta tecnologia és coneguda com a SIL3PLe, tot i que pot rebre altres noms, consta de 5 apartats o mecanismes que gràcies a ells podem entendre com funcionen aquestes màquines i perquè són tan segures.

### 1. Safe Limited Speed (SLS):

En el moment en què un operari entra dins el camp de treball del robot, és detectat per una sèrie de sensors col·locats a les entrades, un exemple poden ser sensors d'infraroig. Al ser detectat el robot canvia a una velocitat reduïda,  $\leq 250$  mm/s. Quan detecta que l'operari surt del camp de treball, el robot recupera la seva velocitat màxima de treball.

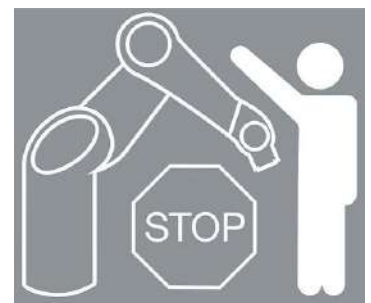
**Fig.21.SLS**



### 2. Safe Stop (SS):

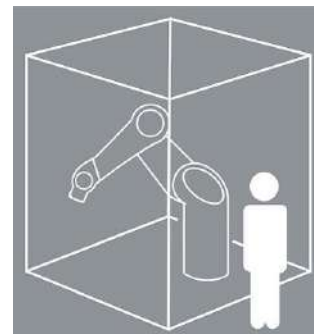
En cas que el robot no pogués estar funcionant en el moment en què l'operari entra a dins la zona de treball aquest és capaç de detectar-lo a mesura que s'acosta cap a ell. En aproximar-se aquest redueix la velocitat fins a aturar-se abans l'operari no hagi entrat dins la zona, d'aquesta manera l'operari no està en perill. Al marxar de la zona immediatament el robot recupera la seva velocitat de treball màxima i segueix amb la tasca.

**Fig.22.SS**



3. Safe Zones (SZ):

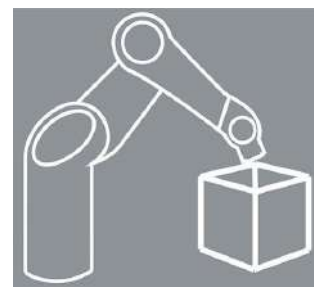
L'entorn del braç o màquina està definit per un cub, que abasta la màxima amplitud de moviment que pot fer. Aquestes zones garanteixen un rendiment adequat per la màquina i una seguretat pels operaris que l'envolten. Quan aquesta zona és "envaïda" el braç sap que dins la zona de treball hi ha algú i activa tots els mecanismes (SLS o SS...) per crear un entorn segur.



**Fig.23.SZ**

4. Safe Tool (ST):

La màquina conté un programa que en tot moment supervisa les eines del robot, en aspectes com poden ser l'estat, obert o tancat, velocitat, posició en l'espai, angle d'obertura dels mecanismes, etc. Podríem comparar-ho amb la Safe Zones però aquesta centrada només en l'accessori/eina del robot.



**Fig.24. ST**

5. Safe Touch with TX2touch (STTX2):

El sistema TX2touch és un dels més importants per poder crear aquesta cooperació entre home i robot. La funció d'aquest és que quan la màquina entra en contacte amb un operador sigui capaç d'actuar en menys de 10 mil·lisegons i aturar-se o desviar la seva trajectòria de manera oposada per evitar al màxim el contacte entre els dos. En cas de creuar-se i contactar aquest serà inofensiu, ja que el robot està recobert amb una espècie de pell d'aproximadament 20 mil·límetres de gruix per optimitzar la seguretat de totes les interaccions entre home i robot, creant un espai segur de treball.



**Fig.25. STTX2**

El segon grup són aquells robots que degut a certa situació a què treballen han d'estar aïllats dels humans, ja que la seva proximitat podria ser perjudicial, a causa de la velocitat que treballen o la quantitat de pes que mouen. A diferència del grup anterior aquests no tenen mecanismes per poder treballar amb humans, però això no vol dir que no tinguin mecanismes de seguretat per protegir tot el que envolta el seu entorn.

1. Sensor PIR:

El sensor de moviment PIR detecta la radiació infraroja emesa de forma natural per les persones, animals o objectes que passen per davant del seu camp d'acció, també conegut com a camp de visió. D'aquesta manera detecta la seva presència i pot donar ordres per actuar a aquest senyal i evitar possibles accidents. Aquest sensor se sol col·locar enfocant a les entrades de la sala on hi ha la màquina i gràcies a uns potenciómetres i pins o de manera computada es pot ajustar el temps entre

medicions, la sensibilitat, tret únic o repetit. Les sigles PIR en anglès volen dir Passive Infra Red (PIR).

**Fig.26. Sensor PIR**



2. Sensor RFID:

La Identificació per Radiofreqüència o RFID és un sistema d'emmagatzematge i recuperació de dades remotes que utilitza targetes identificadores amb lectura sense contacte. Utilitza camps de ràdio magnètics per a identificar i rastrejar automàticament les etiquetes adherides als objectes. El propòsit principal d'aquesta tecnologia és transmetre la identitat d'un objecte (similar a un número de sèrie únic) mitjançant ones de ràdio. D'aquesta manera quan un operari vol entrar dins una zona tancada utilitza la seva acreditació RFID fent que tota la màquina es pari i ell pugui entrar dins la zona amb seguretat. Aquesta parada pot tardar uns segons, ja que les màquines que treballen a velocitats elevades no es poden parar en sec.

**Sensor RFID**



**Fig.27.**

3. Sensor de fum:

Un detector de fum és un aparell de seguretat que detecta la presència de fum a l'aire i emet un senyal acústic que avisa del perill d'incendi. Es poden classificar segons el mètode de detecció: òptics o iònics, tot i que alguns fan servir ambdós mecanismes per augmentar la seva eficàcia. Aquest sensor pot donar un senyal en cas que algun component s'estigui cremant i d'aquesta manera poder-ho solucionar abans no s'estengui.

**Fig.28. Sensor de fum**



4. Càmeres:

Les càmeres de seguretat wifi permeten realitzar la vigilància des d'un ordinador o dispositiu mòbil en temps real. Posseeixen un "ratolí" que permet girar la càmera i observar diferents punts. D'aquesta manera es pot saber en tot moment la situació de l'interior de l'habitació on es troba la màquina.

Els anteriors protocols que es posen a les automatitzacions no són perjudicials per a aquestes, però el més efectiu pel que fa a seguretat personal pot acabar amb la màquina.

##### 5. Sensors magnètics:

Aquest sensor se sol col·locar a les portes d'entrada directa a la secció de l'automatització. Tan bon punt una d'aquestes portes sobre la màquina no detecta el senyal que transmetia mitjançant el contacte dels dos imants, això provoca que l'automatització es pari en sec, ja que a qualsevol moviment, per molt precoç que sigui, de l'operari podria acabar en una tragèdia. El problema que té aquest mecanisme de seguretat és que en parar una màquina, que podria contenir una espècie de llançadora de 500 quilograms que es mou 5 metres lateralment i a una velocitat de 7 m/s, fa que tot es pari en sec, fent que la inèrcia que portava la llançadora es transmeti a tota l'estructura de l'automatització i pugui acabar-la danyant, fins a l'extrem de què sigui inservible o la reparació sigui tan cara que no valgui la pena.



**Fig.29. Sensor magnètic**



# INTRODUCCIÓ A L'AUTOMATITZACIÓ

---

## Concepte de sistema

La teoria de l'Automàtica estudia el comportament dinàmic dels sistemes. Però, què s'entén per sistema? El concepte de sistema encara avui dia se segueix redefinint, no perquè sigui una realitat canviant sinó perquè el terme posseeix diferents connotacions segons el context que s'estigui considerant i és un dels termes més utilitzats amb diferents significats. Tot i això, es té una idea general i intuïtiva de què és un sistema. Només cal mirar al voltant per adonar-se que el món està format per ells: col·leccions complexes d'elements altament relacionats, en què tot va més enllà de la suma de les parts que el componen.

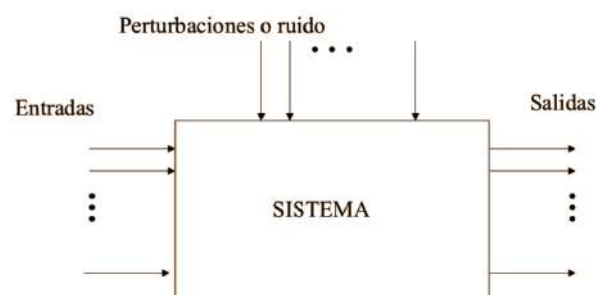
Des del punt de vista d'un enginyer, el concepte de sistema queda molt ben reflectit per les següents definicions, donades per:

### Aracil:

“Sistema es una entidad formada por un conjunto de elementos o componentes básicos del sistema, y por las relaciones existentes entre ellos, así como con el entorno. Estas relaciones se expresan formalmente empleando lenguaje matemático”.

### Ljung:

“Sistema es un objeto en el que variables de distintos tipos interactúan y producen señales observables. Las señales observables que nos son de interés se suelen denominar salidas. El sistema está afectado también por estímulos externos. Las señales externas que pueden ser manipuladas por el observador se denominan entradas; las que no se pueden manipular se denominan perturbaciones y se dividen en aquellas que son directamente medibles y aquellas que son sólo observables por su influencia sobre la salida”.



**Fig.30.Flux de la informació en els sistemes**

Des del punt de vista d'aquesta última definició es poden distingir quatre tipus de variables:

1. Variable d'entrada.
2. Variable de sortida.
3. Variable d'estat.
4. Pertorbacions.



Les variables d'estat són el conjunt mínim de variables d'un sistema, tal que, conegut el seu valor en un instant donat de temps, permet conèixer la resposta del sistema. A més, aquelles variables d'estat que siguin mesurables seran senyals de sortida i aquelles que siguin modificables des de l'exterior seran senyals d'entrada. En definitiva, les variables d'un sistema que el seu valor es pugui determinar en el temps mitjançant operativa d'instrumentació, se les dirà senyals. Aquestes no necessàriament han de ser de naturalesa elèctrica, poden ser temperatures, velocitats, pressions, etc. No obstant això, a causa que la tecnologia humana actual es basa en el processament elèctric de senyals, moltes d'aquestes fan servir transductors per convertir els senyals de qualsevol naturalesa a altres de tipus elèctric.

D'un sistema interessa comprendre el seu comportament i poder controlar-lo i predir-ho. El fet de comprendre significa conèixer i explicar. Aquest procés d'anàlisi i de síntesi (coneixement i explicació) de sistema, normalment desemboca a la construcció, testatge i validació d'un model.

Una de les aproximacions més efectiva és la construcció d'un model matemàtic que descriu les interaccions del sistema de manera quantitativa. Els models poden integrar-se en dos grups: els axiomàtics i els empírics. Els primers basats en equacions físic-matemàtiques expliquen les interioritats dinàmiques de sistema, mentre les segones fan servir relacions d'entrada i sortida emprant el conegut concepte d'enginyeria de 'caixa negra'. En tots dos casos, l'objectiu és el mateix, obtenir una expressió matemàtica, anomenada funció de transferència del sistema, tal que expliqui quantitativament el comportament dinàmic de sistema davant de qualsevol mena d'excitació temporal. La funció de transferència reflecteix la relació causa efecte en la disciplina de l'Automàtica.

En el vocabulari tècnic, el concepte de sistema és descendit i concretat amb el de planta o el de procés. S'entén per planta a un sistema físic, al qual se li vol controlar la seva dinàmica, per exemple, la temperatura en una cèl·lula Peltier, la posició de l'eix d'un motor o l'evolució temporal de la tensió de sortida d'una font commutada. Pel que fa a procés s'entén com qualsevol operació que es controlarà. Per exemple, la neteja de la pasta de paper, el gruix de l'alumini en el laminatge, etc.

# Automatització industrial

## Autòmats programables o PLC

Un autòmat programable o controlador lògic programable, més conegut per les seves sigles en anglès PLC (Programmable Logic Controller), és un ordinador utilitzat en l'enginyeria automàtica o automatització industrial, per automatitzar processos, ja siguin electromecànics, electropneumàtics, electrohidràulics, com ara el control de la maquinària de la fàbrica en línies de muntatge o altres processos de producció així com atraccions mecàniques. Els PLC són utilitzats en moltes indústries i màquines. Els PLCs van ser dissenyats per substituir als ordinadors, ja que presentaven certs inconvenients, cosa que el PLC no.

Ordinadors	PLCs
Poc aptes per l'entorn industrial	Estan adaptats per estar a l'entorn industrial: està dissenyat per a múltiples senyals d'entrada i de sortida, intervals de temperatures ampliats, immunitat al soroll elèctric i resistència a la vibració i a l'impacte. Per tant, és més fàcil mantenir-lo.
Necessiten personal especialitzat per programar-los i mantenir-los	És programable pel personal d'operació
Elevat cost de l'equip i el manteniment	És fàcilment reutilitzable

**Taula 1: Diferències entre ordinadors i PLCs.**

Un PLC és un exemple d'un sistema de temps real, on els resultats de sortida han de ser produïts en resposta a les condicions d'entrada dins d'un temps limitat, en cas contrari no produirà el resultat desitjat.

- Per a més informació pots veure el següent vídeo:

[https://www.youtube.com/watch?v=PbAGl\\_mv5XI](https://www.youtube.com/watch?v=PbAGl_mv5XI)

## Tipus de màquines

Dins l'automatització industrial podem distingir tres tipus de màquines: la màquina eina, màquina transfer i robot.

1. Màquina eina: Tipus de màquina que s'utilitza per donar forma a peces sòlides, en la majoria dels casos metalls. Solen ser màquines estacionàries a causa de la seva falta de mobilitat. **Fig.31. Màquina eina**



2. Màquina transfer: Màquina especialment construïda per fabricar una peça determinada amb una alta velocitat de producció. Consta de diverses estacions de mecanitzat successives, on les peces van sent mecanitzades, de manera que els temps de mecanitzat de cada estació se superposen (diverses peces en diferents etapes són mecanitzades simultàniament): També hi ha una estació de càrrega i de descàrrega, l'operació es duen a terme al mateix temps que les operacions de mecanitzat.



**Fig.32. Màquina transfer**

3. Robot: Manipulador programable en tres o més eixos amb diversos propòsits, per exemple programat automàticament o reprogramable. Permet utilitzar diverses eines de manera seqüencial. **Fig.33. Braç ABB**



## Distribució en planta

La distribució en planta és l'ordre que tenen els equips industrials i d'espais necessaris perquè un sistema productiu arribi als seus objectius amb l'eficiència adequada.

La distribució de la fàbrica pot ser de les següents maneres:

- Distribució basada en el producte.
- Distribució basada en processos.
- Distribució híbrida o per cèl·lules.
- Distribució per posició fixa.

### **Distribució basada en el producte:**

S'aplica quan la producció és contínua o repetitiva, és a dir, quan es fabrica una gran quantitat de productes de poca varietat. Els llocs de treball se situen un al costat de l'altre i segueixen l'ordre de les operacions que cal dur a terme; el producte va passant per aquests

llocs de treball a mesura que se li van fent les operacions corresponents. El cas més representatiu d'aquesta distribució és el de les cadenes de muntatge (per exemple, d'electrodomèstics o automòbils) o línies de producció.

És el sistema més eficient per produir en sèrie, però un problema en una màquina pot aturar tot el procés posterior.

#### **Distribució basada en processos:**

Aquest tipus de distribució és l'adequat quan la producció es realitza en lots de mida variable i d'una àmplia gamma de productes diferents. Aquesta variabilitat obliga a disposar d'una distribució bastant flexible. En aquest cas, els treballadors i els equips s'agrupen per similitud de funcions, i els productes van passant només per aquelles àrees a les quals necessiten en el seu procés productiu. Un exemple d'aquest tipus de distribució són hospitals, fleques o fabricues sense cadenes de muntatge.

#### **Distribució híbrida o per cèl·lules:**

De vegades, les característiques del procés productiu fan convenient la utilització de combinacions entre aquestes formes bàsiques. La més comuna és la que barreja les característiques de la distribució basada en el producte (per aprofitar la seva eficiència) i la basada en el procés (per buscar la seva flexibilitat), el que dona lloc a l'anomenada distribució per cèl·lules de fabricació o treball. Aquest tipus de distribució s'assembla a una distribució per procés, pel fet que cada cèl·lula es troba dissenyada per desenvolupar un conjunt d'operacions específiques, i a una distribució orientada al producte, perquè s'elaboren pocs articles amb característiques semblants.

#### **Distribució per posició final:**

Correspon a processos productius per projecte. Quan no és possible moure el producte, aquest roman immòbil. En aquest cas, el personal, els materials, els equips i les eines són els que es desplacen. La distribució en planta s'encarrega de col·locar al voltant de l'emplaçament del projecte (moltes vegades, en cercles concèntrics) en funció del nivell d'ús, és a dir, a major grau d'utilització, més proximitat. Exemple: construcció de vaixell o avió.

### Graus d'automatització

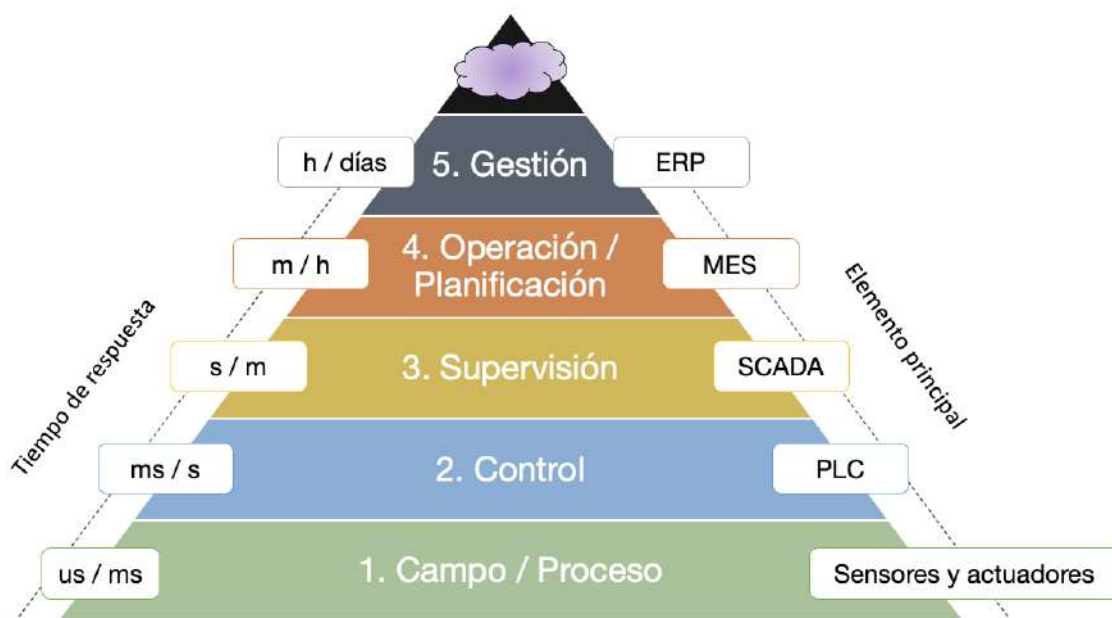
L'automatització de la producció pot realitzar-se amb un major o menor grau de flexibilitat. De manera que es parla d'automatització rígida i automatització flexible. En general, el grau de flexibilitat d'un sistema de producció està fortament lligat al volum de la producció, i aquest, al seu torn, a la varietat de productes.

L'automatització rígida és aquella en què la seqüència de les operacions està fixada per la configuració dels equips utilitzats. L'automatització rígida sol ser rendible en la producció de grans sèries de productes iguals (normalment productes de gran demanda). Se sol associar a una distribució basada en el producte. A més a més opera amb sèries altes o molt altes de peces amb alts valors de productivitat i relativa inflexibilitat a canvis en el procés de producció.

L'automatització flexible, també anomenada programable, permet canviar el producte fabricat mitjançant un canvi en les ordres de control de sistema, però amb alteracions mínimes o nul·les en el sistema de fabricació en si. Per tant, els equips s'adapten a la fabricació de productes diferents modificant la seqüència d'operacions mitjançant el canvi d'un programa. Se sol associar a una distribució basada en processos. Normalment l'automatització flexible opera amb sèries mitjanes de productes en què la fabricació és organitzada per lots de productes que es processen de la mateixa manera.

## La piràmide de l'automatització

La piràmide de l'automatització és una representació pictòrica dels diferents nivells d'automatització en una fàbrica, és una bona manera de donar sentit a tota la complexitat d'una fàbrica. A la imatge es mostren els cinc nivells, amb els dispositius més característics i els corresponents temps de resposta.



**Fig.34. Piràmide de l'automatització.**

### Nivell 1:

Es tracta del nivell més baix en la jerarquia de l'automatització. Inclou els actuadors, sensors i altres elements de hardware que formen una màquina. En aquest nivell s'adquireixen les

dades del procés mitjançant els sensors situats en ell i s'actua mitjançant els actuadors. Aquests sensors i actuadors que interaccionen directament amb el procés productiu solen rebre el nom de dispositius de camp.

- Elements principals: Sensors i actuadors.
- Temps de resposta: us/ms.

#### **Nivell 2:**

Aquest nivell està format per les màquines individuals que intervenen en el procés productiu. Per tant, des del punt de vista de control, en aquest nivell se situen els autòmats programables (PLC), els sistemes de control numèric de les màquines, els robots industrials, els computadors industrials, etc. Tots aquests dispositius es coneixen de forma genèrica com a controladors de màquines.

- Element principal: PLC.
- Temps de resposta: ms/s.

#### **Nivell 3:**

El nivell 3 és on es troben els sistemes de control de supervisió i adquisició de dades (SCADA), així com la interfase entre home-màquina. En aquesta capa, les dades de procés se supervisen a través d'interfícies d'usuari, i s'emmagatzemen en bases de dades. El SCADA s'utilitza típicament per controlar múltiples màquines en processos complexos, incloent-hi processos que involucren múltiples llocs. Una diferència entre el nivell 2 i el 3 és que el SCADA s'utilitza sovint per refinar o restablir valors en el nivell de control.

- Element principal: SCADA.
- Temps de resposta: s/min.

#### **Nivell 4:**

El quart nivell de la piràmide d'automatització es diu nivell d'operació o de planificació. En aquest nivell es monitoritza tot el procés de fabricació en una planta o fàbrica des de les matèries primeres fins al producte acabat. Això permet a la gerència veure exactament el que està succeint i els permet prendre decisions basades en aquesta informació. Poden ajustar les comandes de matèries primeres o els plans d'enviament des de dades reals rebuts dels sistemes. Aquest nivell sol utilitzar un sistema de gestió informàtic conegut com a MES (Manufacturing Execution System).

- Element principal: MES.
- Temps de resposta: min/h.

### Nivell 5:

El cim de la piràmide és el que s'anomena el nivell de gestió. Aquest nivell utilitza el sistema de gestió integrat de les empreses que es coneix com a ERP (Enterprise Resource Planning) o planificació de recursos empresarials. Aquí és on l'alta direcció d'una empresa pot veure i controlar les seves operacions. L'ERP sol ser un conjunt d'aplicacions informàtiques que poden veure tot el que passa dins d'una empresa. Utilitza tota la tecnologia dels nivells anteriors més alguns programes per aconseguir aquest nivell d'integració. Això permet a l'empresa ser capaç de monitoritzar tots els nivells del negoci des de la fabricació, les vendes, les compres, les finances i la nòmina, entre molts altres. Mentre que el MES supervisa i controla una sola planta, ERP proporciona supervisió, informes i control per a corporacions senceres.

- Element principal: ERP.
- Temps de resposta: h/dies.

A més a més actualment es podria assenyalar un altre nivell per sobre del nivell 5: El núvol. El núvol és el que forma la part de transformació digital de la fàbrica on les dades de qualsevol dels nivells anteriors poden ser directament alimentats en un "pool" de dades o altres aplicacions. Aquí és on s'aconsegueix el següent nivell d'eficiència i excel·lència operativa, el que s'anomena Indústria 4.0.

## Arquitectura d'un sistema

Els sistemes de producció industrial són els diferents mètodes que utilitza una companyia per transformar una matèria primera fins a convertir-la en una matèria elaborada (producte final) que després es pot comercialitzar.

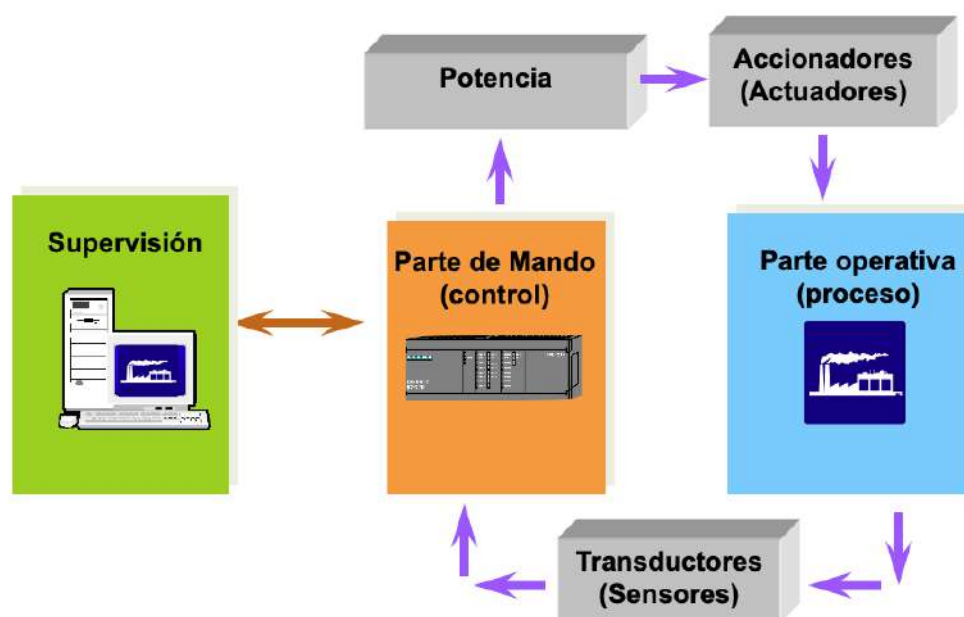


Fig.35.Sistema de producció industrial.

Un sistema de producció industrial genèric, es compon de les següents parts:

1. **Zona de control:** Aquesta part és l'encarregada de realitzar les ordres que li són programades per l'operari, deixant més temps als treballadors per enfocar-se en altres àrees de la producció. Ha de ser capaç de comunicar-se amb tots els elements del sistema. Actualment aquesta part sol consistir en un autòmat programable, és a dir, un sistema tecnològic que funciona sense la necessitat que un humà ho controli directament. Anteriorment s'utilitzava tecnologia cablejada que solia tenir relés electromagnètics, targetes electròniques o mòduls lògics pneumàtics. En canvi aquesta tecnologia s'ha vist substituïda pels PLCs.
2. **Zona operativa:** És la part que actua directament sobre la màquina. Són els elements que fan que la màquina es mogui i faci l'operació desitjada. Els elements que formen la part operativa són els actuadors o de les màquines com motors, cilindres, compressors...
3. **Actuadors:** Són els elements que permeten que la zona de control actui sobre la part operativa. Per exemple: motors, cilindres pneumàtics, relés elèctrics, electrovàlvules.
4. **Sensors:** Són els elements que permeten a la zona de control conèixer l'estat de la part operativa. Exemple: sensors de temperatura, posició, força.
5. **Sistema supervisor:** Aquest sistema permet monitoritzar i controlar la instal·lació remotament a través d'una interfase. Poden ser panells de polsadors i llums, però normalment es tracta d'un sistema SCADA (Simultaneous Control and Data Acquisition) executat en ordinadors centrals.

## Zona operativa

La zona operativa és la que actua físicament sobre la planta. Està composta pel següent:

- **Sensors:** Detectors de presència, posició, càmeres, sensors de temperatura...
- **Potència:** Variadors de velocitat, relés, distribuïdor pneumàtic, limitador de pressió...
- **Actuadors:** Cilindre i motor pneumàtic, cilindre i motor hidràulic, motors elèctrics, servomotors...

## Zona de control

La zona de control es pot implementar de dues maneres diferents:

- **Tecnologia cablejada:** L'automatisme es fa a base d'unions fixes mitjançant cables. Compost per lògica pneumàtica i sistemes de relés (PLDs).
- **Tecnologia programada:** L'automatisme es fa mitjançant la confecció d'un programa. Compost per autòmats (PLCs), microcontroladors, computadores i robots.



En la tecnologia cablejada els sensors estan directament connectats als actuadors mitjançant cables. Per passar a la tecnologia programada és necessari introduir un sistema de control programable i connectar els sensors a les seves entrades i els actuadors a les seves sortides.

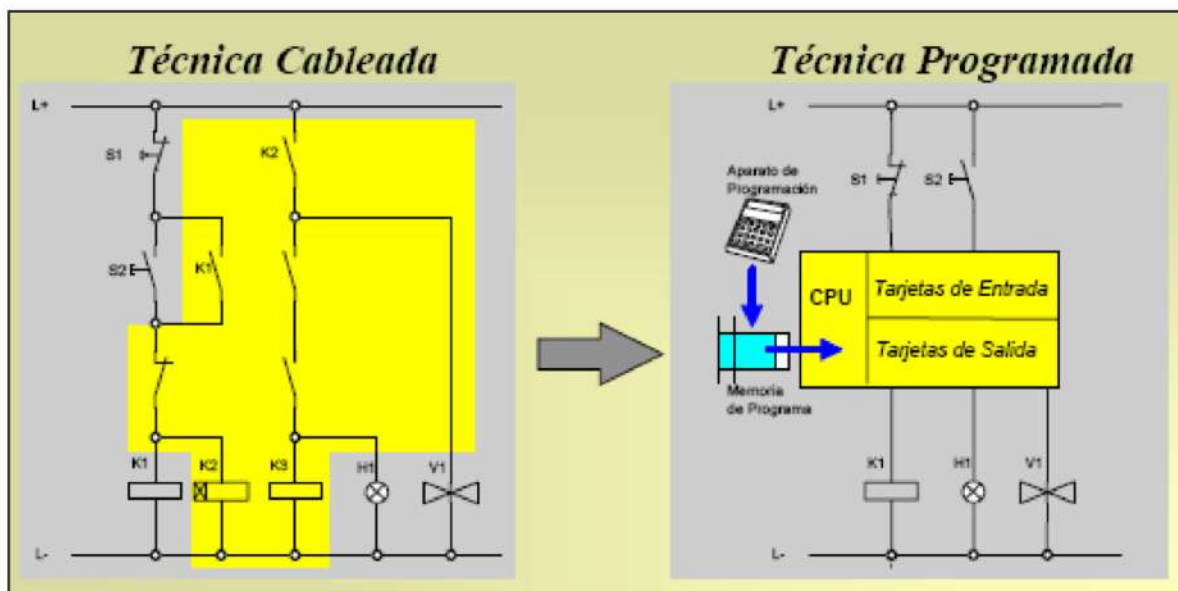


Fig.36. Salt de la tecnologia cablejada a la programable.

## Sistema supervisor

SCADA, acrònim de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisió, Control i Adquisició de Dades) és un programari per a ordinadors que permet controlar i supervisar processos industrials a distància. Facilita la retroalimentació en temps real amb els dispositius de camp (sensors i actuadors), i controla el procés automàticament. Es proveeix de tota la informació que es genera en el procés productiu (supervisió, control de qualitat, control de producció, emmagatzematge de dades, etc.) i permet la seva gestió i intervenció. Mitjançant un SCADA es poden monitoritzar i controlar diversos PLCs al mateix temps.

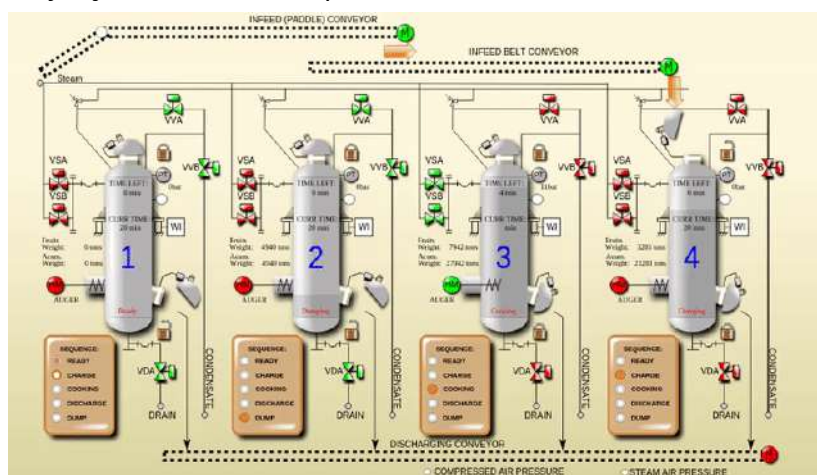


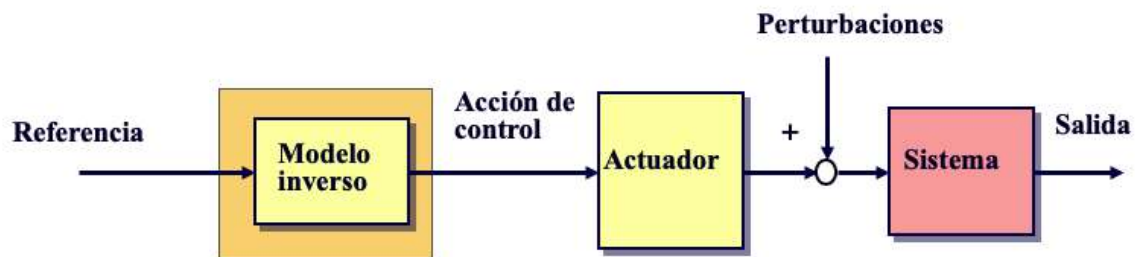
Fig.37. Exemple de SCADA.

# Sistema de control

Un sistema de control és aquell en el qual les variables de sortida es comporten segons les ordres donades per les variables d'entrada. En aquesta secció descriurem quatre tipus de sistemes de control.

## Control en bucle obert i control en bucle tancat

Un sistema de **control en bucle obert** (Open loop control system) es caracteritza perquè el sistema de control no rep informació sobre el valor que té la variable del producte o procés que vol controlar. Un exemple seria una rentadora "automàtica" comú, ja que aquesta realitza els cicles de rentada en funció a una base de temps, sense mesurar el grau de neteja de la roba, que seria la sortida a considerar. Un altre exemple seria una torradora: en fer una torrada, es col·loca el temps que suposem suficient perquè el pa surti amb el grau de torrat que volem, per si sola la torradora no pot decidir si ja està prou torrat o no.



**Fig.38. Sistema de control en bucle obert.**

Els sistemes de control en bucle tancat (Closed loop control systems) es caracteritzen per rebre informació en les seves entrades sobre el valor de la variable que controlen. Es diu per això que són sistemes que estan realimentats (Feedback control systems). Un exemple de sistema de control lògic en bucle tancat és el control del nivell d'aigua d'un dipòsit. L'entrada d'aigua al dipòsit depèn del nivell d'aigua en cada moment. Un altre exemple de sistema de control en bucle tancat és el de control de la velocitat d'un motor de corrent continu. Per a això aquesta velocitat es mesura mitjançant un taquímetre la sortida es connecta a l'entrada del sistema de control. Els sistemes que realitzen el control en bucle tancat són els veritables sistemes de control automàtic que fan que un producte o procés prengui decisions sense necessitat de la intervenció d'un ésser humà i per això solen rebre el nom de sistemes de regulació automàtica o simplement reguladors.

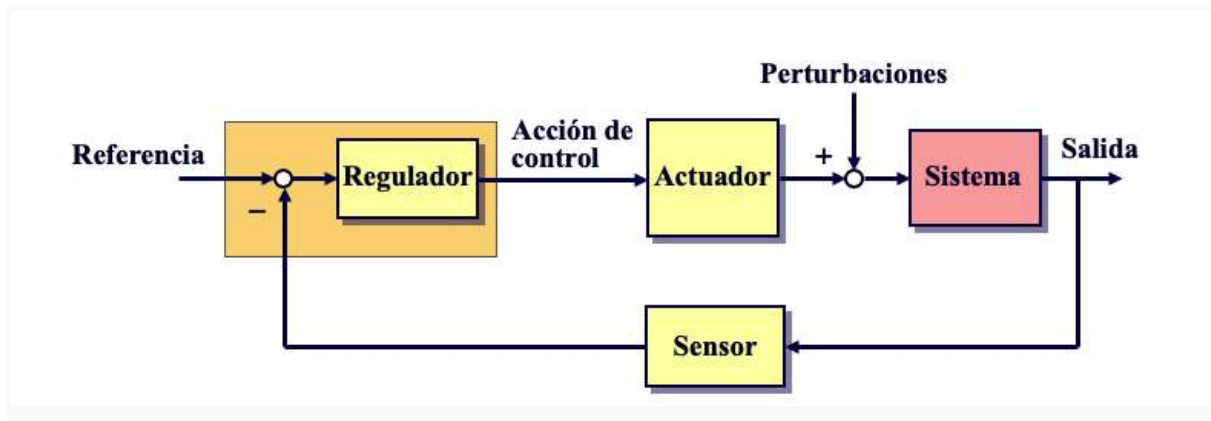


Fig.39. Sistema de control en bucle tancat.

Control en bucle obert	Control en bucle tancat
Senzill i de fàcil manteniment	Complex i amplis en quantitat de paràmetres
Està afectat per pertorbacions	Més estable davant a pertorbacions i variacions internes
Depèn altament de la calibració del sistema	

Taula 2: Característiques dels sistemes de control en bucle obert i tancat.

## Control seqüencial i control continuu

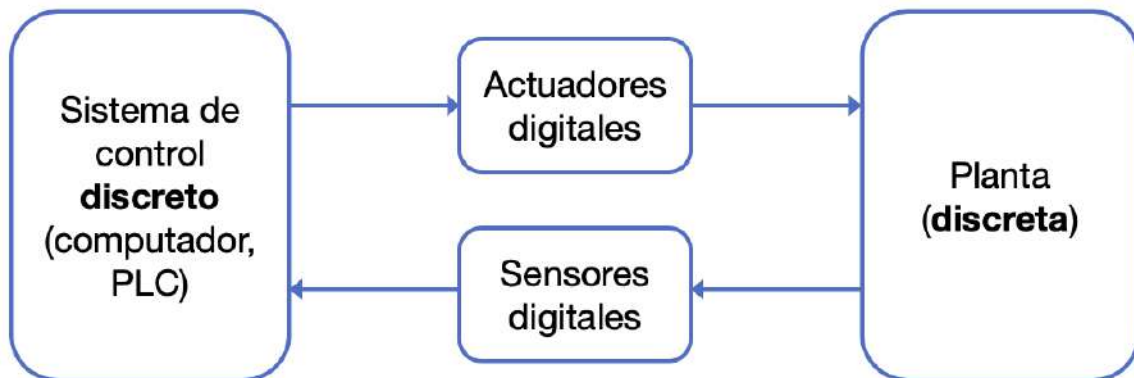
A l'hora de controlar un procés industrial, el primer és identificar el tipus de senyals amb les que es va a treballar. Les variables involucrades en un procés industrial poden ser de dos tipus principals.

- Senyals tot-res o binàries (on-off signals): només poden tenir dos valors diferents en règim permanent al llarg del temps i per la qual cosa se les anomena digitals. Per exemple: botó premut / no premut, vàlvula oberta / tancada, presència d'objecte / no-presència.
- Senyals analògics (analog signals) que poden tenir qualsevol valor dins d'uns determinats marges i que porten la informació en la seva amplitud. Un exemple de variable analògica és la velocitat un d'un motor. Altres exemples: temperatura, humitat, lluminositat.

Conseqüentment, la planta que es vulgui controlar pot ser contínua (si utilitza senyals analògics) o discreta (si utilitza senyals tot-res, binàries o entrades digitals)). I, al seu torn, el

controlador pot ser continu (analògic) o discret (tot-res, binari o entrada digital), atenent la mateixa raó.

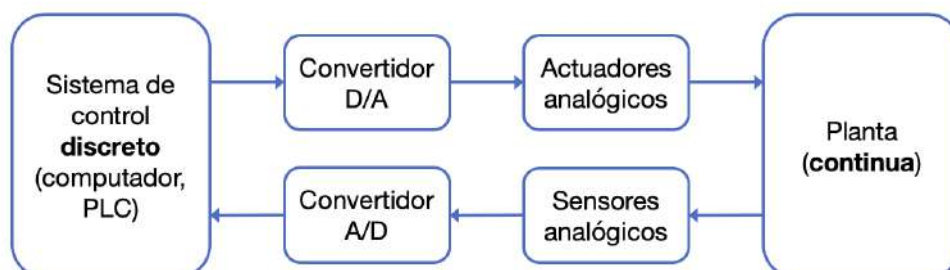
Si la planta i el controlador són discrets, parlem de sistemes de control lògic, controladors lògics (logic controllers) o sistemes de control seqüencial (sequential control systems).



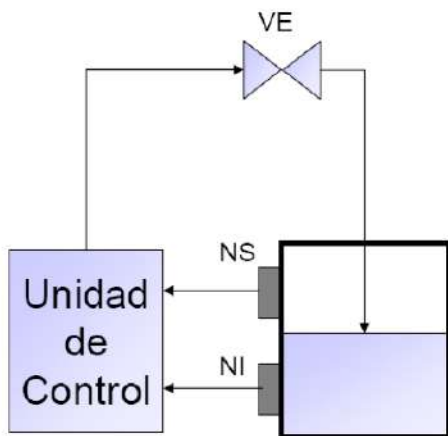
**Fig.40. Sistema de control seqüencial.**

Si la planta és contínua parlem de sistemes de control de processos continus o simplement sistemes de control de processos (process control systems). En funció del controlador tindrem:

- Si el controlador és continu, parlarem de control continu tradicional. Els sistemes analògics de control solen estar formats per electrònica analògica. Presenten la característica de no ser programables, és a dir, que per canviar la funció que realitzen cal modificar els elements que formen part d'ells o el cablejat entre aquests.
- Si el controlador és digital, sol utilitzar un microcontrolador com a element central. Al control de processos mitjançant un computador se li va donar el nom de control digital directe, conegut com a DDC (Direct Digital Control). Aquests sistemes utilitzen convertidors analògics digitals (CAD) per digitalitzar els senyals obtinguts de la planta, i convertidors digitals analògics (CDA) per convertir les sortides del sistema de control a senyals contínues a la planta.



**Fig.41. Sistema de control digital directe.**



**Automatismo**

función lógica:

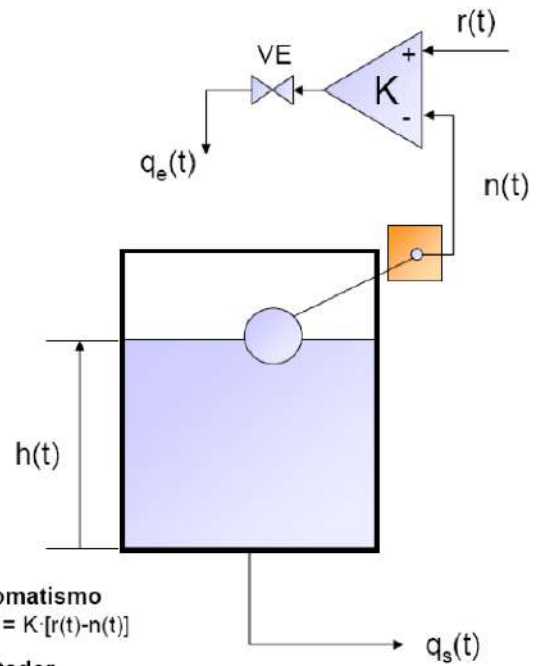
*si NS=1 entonces VE=0*  
*si NI=0 entonces VE = 1*

**Captadores**

Sensores de nivel NS, NI

**Actuadores**

Válvula todo-nada VE



**Automatismo**

$$q_e(t) = K \cdot [r(t) - n(t)]$$

**Captador**

Flotador

**Actuadores**

Válvula proporcional VE

**Referencia**

Se da una señal de referencia de forma explícita

**Fig.42. Control seqüencial i control continu en un dipòsit d'aigua.**

# PROPÒSITS DE L'AUTOMATITZACIÓ

---

Les automatitzacions es dissenyen d'una manera o d'un altre segons els propòsits o objectius que han de complir. Els objectius generals que es plantegen a qualsevol projecte d'automatització actual són els següents:

- Obtenir els costos menors en la mà d'obra, materials i energia.
- Eliminar els treballs forçosos o pesats (millora de les condicions de treball).
- Millorar la qualitat i uniformitat del producte, limitant el factor humà, utilitzant controls automàtics i processos repetitius.
- Realització d'operacions impossibles de control manual o intel·lectualment. Alguns exemples poden ser assemblatges miniatures, operacions molt ràpides o coordinacions complexes.
- Minimitzar els esforços i els temps de producció.
- Millorar la productivitat reduint els costos de manufactura mitjançant un major control de la producció.
- Estalviar espai a la planta, és a dir menys metres quadrats, fent més eficients l'arreglo de les màquines i el flux de materials.
- Augmentar la seguretat del personal.

Havent vist els objectius, el concepte d'automatització tracta de millorar la complexitat del producte directa o indirecta. Els factors que influeixen a la complexitat són costos, qualitat, innovació i disponibilitat. També millora la qualitat de treball i seguretat del personal.

---

# PROS I CONTRES

---

## Avantatges

- Substitució dels éssers humans per màquines en entorns que són perillosos per l'espècie: instal·lacions nuclears, sota aigua, zones volcàniques, espais inflamables...
- Tasques que es troben més enllà de les capacitats humanes com per exemple la manipulació de càrregues massa pesades, objectes o substàncies massa grans, excés de calor o fred, o la necessitat de fer la tasca de manera massa ràpida o massa lenta.
- Treballa les 24 hores del dia.
- Disminució del cost de la producció de cert producte.
- Qualitat impecable en els productes.
- Millora l'economia del país.

A vegades, alguns d'aquests tipus d'automatització impliquen millores en l'economia de les empreses i de la societat. Les empreses poden invertir en tecnologia d'automatització per a la recuperació de la seva inversió; els Estats o països, per exemple, Alemanya o el Japó al segle XX van poder augmentar els seus ingressos gràcies a l'automatització, fins i tot, un usuari se serveix d'aquesta automatització quan navega per Internet. També es desenvolupen satèl·lits i altres motors automatitzats.

## Desavantatges

- La tecnologia té certs límits, ja que actualment no és capaç d'automatitzar totes les tasques que realitzem.
- Les despeses que té el desenvolupament d'un projecte són imprescindibles. És molt complicat predir el cost amb exactitud que tindrà la recerca, desenvolupament i muntatge d'una automatització, atès que aquest cost pot tenir un impacte en la rendibilitat i és possible posar fi a un projecte en descobrir que no hi ha cap avantatge econòmic.
- Els costos inicials són relativament alts. L'automatització d'un nou producte requereix grans inversions en comparació amb el cost unitari del producte, encara que el cost de l'automatització s'estén en molts lots de producte. L'automatització d'una planta requereix una inversió inicial gran, encara que aquest cost es reparteix en els productes que es produeixen.

## Fabricació

Les automatitzacions home-màquina (HMI) o Home-Computadora (CHI), formalment conegudes com a Home-Màquina, són comunament emprades per a comunicar-se amb els PLC i altres ordinadors. Introdueixen i monitoren temperatures o pressions per a controls automàtics i donen resposta a missatges d'alarma. Els enginyers d'estació s'encarreguen de controlar i monitorar aquestes interfícies. La fabricació automatitzada es refereix a l'aplicació de l'automatització per produir coses en el camí de la fàbrica. La majoria dels avantatges de la tecnologia d'automatització té la seva influència en els processos de fabricació. Els principals avantatges de la fabricació automatitzada són: donar una major coherència i qualitat, reduir els terminis, simplificar la producció, reduir la manipulació, millorar el flux de treball i augmentar la moral dels treballadors quan es realitza una bona aplicació de l'automatització.

## Factors controvertits

Molts creuen que l'automatització implica l'atur a causa del fet que el treball d'un ésser humà és reemplaçat en part o totalment per una màquina. No obstant això, la desocupació no és causada per aquesta automatització, sinó per la política econòmica que du a terme l'administració quan acomiada a treballadors en lloc de canviar les seves funcions. La política econòmica general de la majoria de les plantes industrials és acomiadar la gent. Actualment, això implica l'automatització d'atur. Els costos de l'automatització per al medi ambient són diferents depenent de la tecnologia, del producte o del motor automatitzat. Hi ha motors automatitzats que consumeixen més recursos d'energia de la Terra en comparació amb els motors anteriors. En el futur hi ha la possibilitat que la intel·ligència artificial pugui substituir i millorar el cervell humà i convertir els robots en éssers totalment autònoms dels éssers humans, coneguda com a singularitat tecnològica.

---



# USOS QUE SE LI DONA ACTUALMENT

---

Actualment l'automatització es troba darrere de tots els objectes que utilitzem durant el nostre dia a dia, per exemple:

Sector constructiu:

- Construcció de ponts de ferro
- Sistemes de perforació de túnels

Indústria alimentària:

- Fabricació d'aliments precuinats
- Processament d'aliments ⇒ neteja, classificació, tallat i envasat.

Oci:

- Projectors per a cinemes
- Animacions en museus o parcs temàtics
- Parc d'atraccions

Medicina:

- Aparells de respiració artificial
- Esterilització

Indústria química i farmacèutica:

- Dosificació
- Mesurament de la contaminació de l'aire
- Congelació criogènica
- Cromatografia de gas
- Embalatge

Indústria del plàstic:

- Sistemes de soldadura de plàstic
- Sistemes de gestió d'energia per a màquines de modelat per injecció.
- Càrrega i descàrrega de màquines
- Test de màquines de modelat per influència d'aire comprimit

Agricultura:

- Sistemes de regadiu
- Màquines recol·lectores
- Serraries

Gestió tècnica d'edificis:

- Sistemes de detector de fum
- Ventilació i regulació de la temperatura

- Control d'ascensors
- Control de portes giratòries
- Centrals telefòniques
- Distribució d'energia
- Control de piscines

Serveis públics:

- Tractament d'aigües residuals
- Bombes per aigües potables
- Depuradores

Transports:

- Control de sistemes sanitaris en vaixells de passatgers
- Control de sistemes sanitaris en vagons de ferrocarrils
- Control de bombes per a vehicles contra incendis
- Control de camions de la brossa

Indústria tèxtil

Impremtes

Indústria automobilística

---

# PARTS PRINCIPALS D'UNA AUTOMATITZACIÓ

---

## Alimentació

Zona de l'automatització on el corrent d'entrada es transforma per tal de poder-lo administrar en tots els components amb tota seguretat de no fer-los malbé. Exemple: passar de corrent continu a alterna i viceversa, augmentar o disminuir el voltatge, potència, intensitat... També hi podem trobar el quadre amb el diferencial general, diferencials de seccions en concret, aquest quadre pot ser més gran o més petit depenent en la complexitat de l'automatització. En el meu cas he escollit una font d'alimentació extreta d'un PC reciclat.

## Control

Zona de l'automatització on trobem el PLC, drivers... Tots els components necessaris per poder controlar l'automatització. En aquesta zona s'estableix connexió entre el PLC i els sensors i actuadors de l'automatització per fer que vagin sincronitzats. En el meu cas per controlar el braç utilitzo una placa Arduino Mega 2560, programada amb IDE Arduino. En canvi per la classificadora utilitzo el brick de LEGO Mindstorms amb el seu propi software.

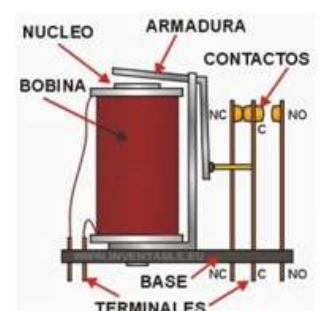
## Actuadors i sensors

Els actuadors i sensors són els encarregats de proporcionar informació al PLC, els sensors, i respondre a les ordres que dona per generar moviments, els actuadors. En el meu cas pel braç utilitzo motors NEMA 14, 17 i 23, i a la classificadora motors i sensors de la marca LEGO.

### Actuador elèctric

#### 1. Relé

Un relé és un dispositiu electromagnètic que consisteix en un interruptor automàtic governat per un circuit elèctric, en el que per mitjà d'un electroimant (bobina) s'actua sobre uns contactes. En el moment en què es fa passar corrent per la bobina es genera un camp magnètic, que interacciona amb uns contactes els quals poden obrir o tancar un circuit independent o extern. Gràcies al relé es pot obrir i tancar un circuit amb una potència molt elevada sense que l'operari corri cap risc.



**Fig.43. Relé**

## 2. Contactors

Aquest dispositiu electromagnètic pot obrir o tancar el pas de corrent a distància. Constructivament és similar al relé, però la seva aplicació és diferent, els contactors s'utilitzen en circuits que porten una elevada tensió i potencia, en canvi els relés es posen a circuits de poc voltatge.

**Fig.44. Contactor**



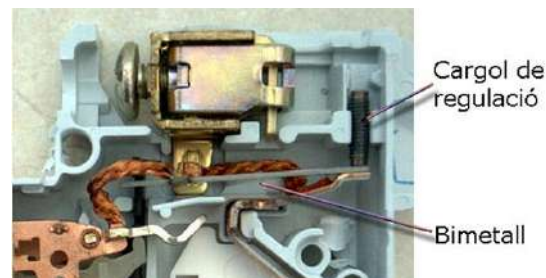
## 3. Relé magnètic/magnetotèrmic

Un magnetotèrmic és un dispositiu de protecció de les instal·lacions elèctriques davant a sobreintensitats i curtcircuits elèctrics. El funcionament d'aquests aparells es basa en dos efectes:

- Efecte tèrmic:

“Es produeix un curtcircuit quan els conductors entren en contacte, és a dir quan es connecta un receptor d'impedància (resistència) nul·la (o exageradament petita), produint una sobrecàrrega superior a 3 cops la nominal. En aquest cas, el camp magnètic creat per la bobina augmenta i atrau la tija, cas que provoca la desconexió instantània.”

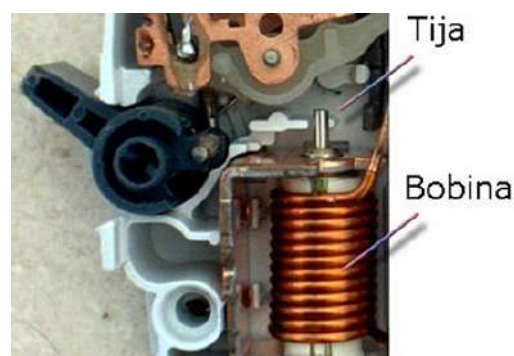
**Fig.45. Magnetotèrmic, efecte tèrmic**



- Efecte magnètic:

“Es produeix un curtcircuit quan els conductors entren en contacte, és a dir quan es connecta un receptor d'impedància (resistència) nul·la (o exageradament petita), produint una sobrecàrrega superior a 3 cops la nominal. En aquest cas, el camp magnètic creat per la bobina augmenta i atrau la tija, cas que provoca la desconexió instantània.”

**Fig.46. Magnetotèrmic, efecte magnètic.**



## 4. Motor elèctric

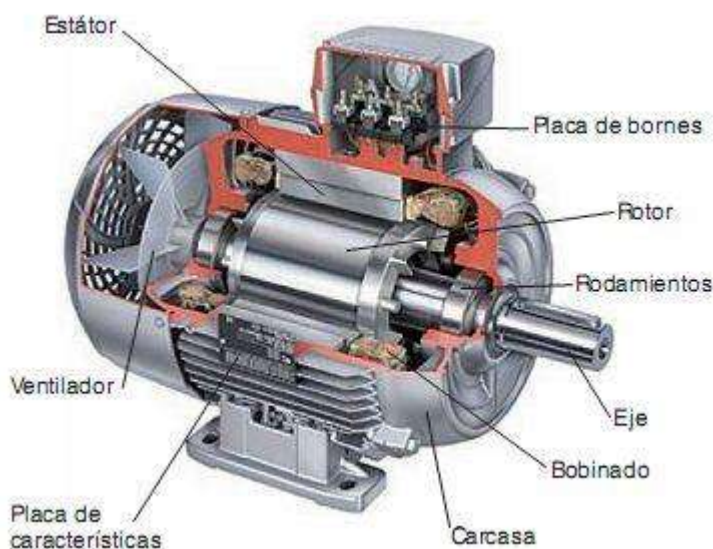
Els motors són els actuadors encarregats de transformar energia elèctrica en mecànica per fer un treball mitjançant l'acció de camps magnètics variables.

Les característiques principals d'un motor són:

1. Rendiment: és la divisió entre la potència útil que genera i la potència consumida (si aquest quocient es multiplica per 100 el resultat s'obté en %), el resultat obtingut mesura la capacitat que té el motor per convertir l'energia elèctrica en mecànica.
2. Velocitat nominal: és el nombre de revolucions per minut (rpm) que gira el motor.
3. Potència: és la força aplicada al llarg d'una distància (treball) que el motor és capaç de fer en la unitat de temps a una determinada velocitat. Normalment es mesura en cavalls de vapor (CV),  $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$  (watts)
4. Par motor: és el moment de força (es mesura en Newtons-metre (N·m)), es calcula amb el producte vectorial del vector de posició del punt d'aplicació de la força i el vector força que actua sobre l'eix del motor.

Parts principals d'un motor:

- L'estator és la part fixa on hi ha els pols magnètics.
- El rotor/eix o part mòbil que gira dins d'un camp magnètic.

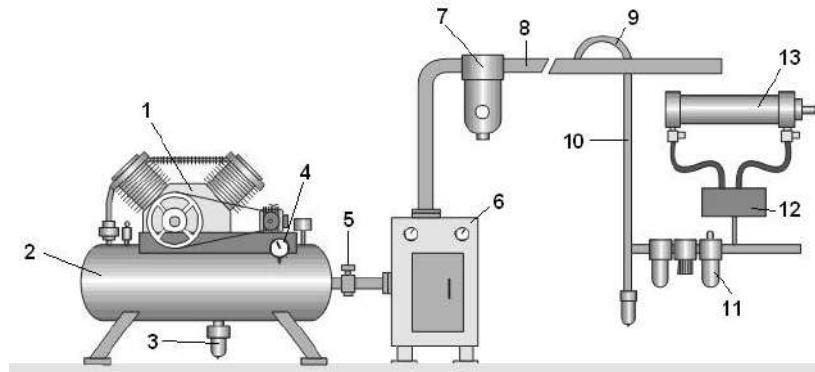


**Fig.47. Parts d'un motor elèctric.**

## Actuador pneumàtic

### 1. Sistema de producció i distribució d'aire comprimit

L'aire atmosfèric es comprimeix fins a elevar la pressió, normalment 6 bars, i es distribueix a diferents elements, on s'expandirà i generarà moviment. Per fer-ho cal que aquest aire sigui net d'impureses i en unes certes condicions, ja que d'aquesta manera la instal·lació es mantindrà en més bones condicions.



**Fig.48. Sistema de producció d'aire comprimit**

La instal·lació es pot dividir en dues parts:

Sistema de producció (fig.48.):

1. Compressor: Màquina (motor) que s'utilitza per comprimir aire, aquest és agafat de l'exterior i s'injecta dins d'un recipient, com més aire es vagi injectant dins del recipient més pressió acumularà.
2. Dipòsit: Recipient hermètic i normalment de metall, que s'utilitza per emmagatzemar l'aire comprimit pel compressor a pressions elevades.
3. Vàlvula purga condensador: S'utilitza per treure l'aigua que es pugui haver generat en comprimir l'aire.
4. Manòmetre: Aparell utilitzat per mesurar la pressió que es troba l'aire dins el dipòsit.
5. Vàlvula de control: S'utilitza per tancar el pas de l'aire entre el compressor i dipòsit, aire brut, i la resta de la instal·lació, on l'aire ja està sent tractat per poder ser utilitzat.
6. Unitat de condicionament
7. Filtre i purgador: Filtre per treure les impureses de l'aire amb un purgador al fons per poder treure la brossa acumulada i el vapor d'aigua que porta en suspensió.

8. Línia principal: Aquesta línia és l'encarregada de subministrar aire a tots els actuadors que ho necessitin
9. Baixant: Ramificació que surt de la línia principal per unir-se a una línia secundària.
10. Línia secundària.
11. Unitat de manteniment: L'aire que arriba per una línia secundària passa per la unitat de manteniment abans de poder ser utilitzada. Aquesta unitat consta de tres parts. La primera part és un filtre, per acabar d'assegurar que l'aire està net. La segona part és un regulador, en aquest cas regula la pressió de l'aire, per exemple fins al moment l'aire podia portar una pressió de 10 bars, però el regulador impedeix el pas de tot aquest aire, al fer passar-hi menys aire també farà disminuir-ne la pressió. En tercer lloc hi ha una zona de lubricació, on l'aire rep un lubricant per fer que els diferents actuadors funcionin de manera fluida.
12. Vàlvules i/o elements de control.
13. Actuator.

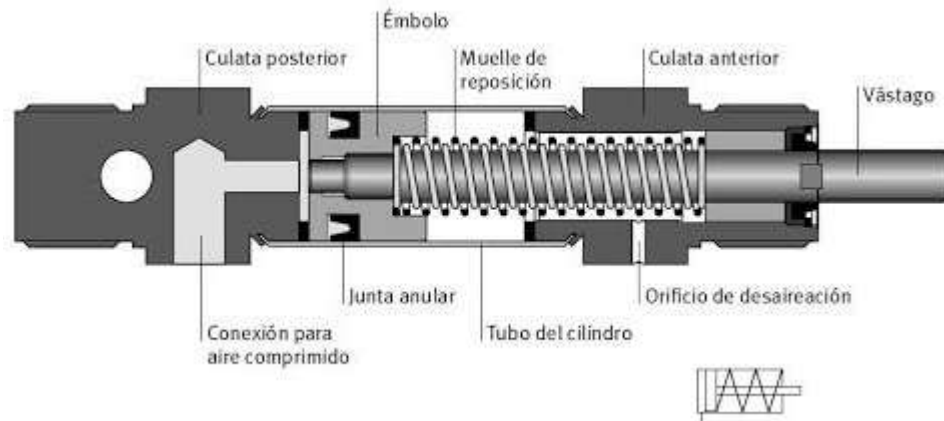
Distribució de l'aire comprimit:

La xarxa distribuïdora es compon per canonades que condueixen l'aire fins al punt on serà consumit. Els tubs solen ser de coure, llautó, acer o plàstic. També solen ser resistents a la corrosió i els tubs permanents se solden entre si, ja que d'aquesta manera s'eviten pèrdues de pressió. La xarxa distribuïdora ha de ser completament segellada perquè la pressió de servei sigui més estable. Normalment la xarxa sol estar formada per una gran canonada que d'aquesta en surten ramificacions fins als punts de consum.

## 2. Cilindre pneumàtic

Cilindre d'efecte simple:

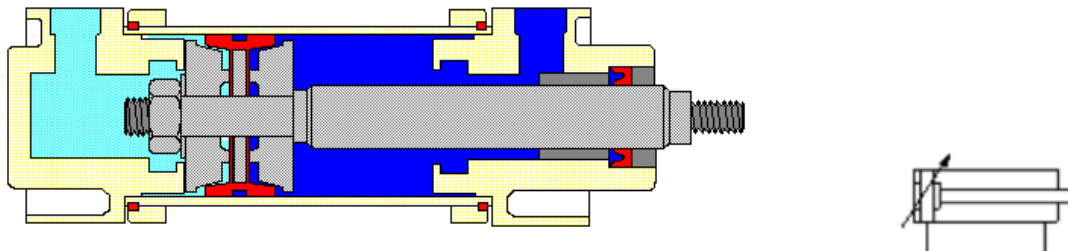
En el cilindre de simple efecte es mou endavant gràcies a la pressió que exerceix l'aire sobre l'èmbol, mentre que el retrocés es fa aprofitant la força d'una molla que hi ha a l'interior del cilindre. Quan es vol utilitzar un cilindre d'efecte simple cal tenir en compte que aquest només realitza esforç en una sola direcció, ja que la molla fa la força mínima per moure l'èmbol a la posició inicial.



**Fig.49. Cilindre de simple efecte.**

Cilindre de doble efecte:

En els cilindres de doble efecte tant l'avanç com el retrocés ("sortida i entrada") de l'èmbol s'aconsegueix mitjançant la força de l'aire sobre aquest, i per tant pot exercir força a les dues direccions.



**Fig.50. Cilindre de doble efecte.**

### 3. Vàlvula de distribució

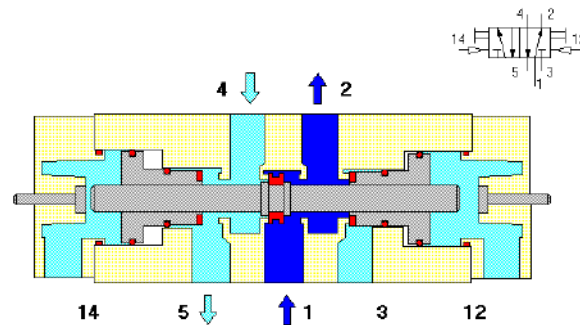
Les vàlvules de distribució són les encarregades de dirigir l'aire cap a diferents conductes en funció de diferents senyals de comandament. Aquests senyals poden ser mecànics, elèctrics o pneumàtics. Aquestes vàlvules poden estar en una posició o un altre (exemple: 1 o 0), però no poden estar en termes intermedis (exemple: 0.5).

Les vàlvules es coneixen a partir del nombre de vies i posicions que tenen:

- El nombre de vies és el nombre de conductes que poden ser connectats a la vàlvula.
- Les posicions són les diferents connexions que poden establir-se entre els conductes.



S'indica el tipus de vàlvula posant el nombre de vies que té i separat per una barra el nombre de posicions. (exemple: vàlvula 5/2 = 5 vies i 2 posicions)

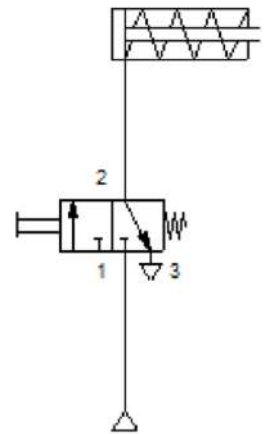


**Fig.51. Vàlvula 5/2 ⇒ Funcionament i representació segons el conveni.**

#### 4. Control de sistemes pneumàtics

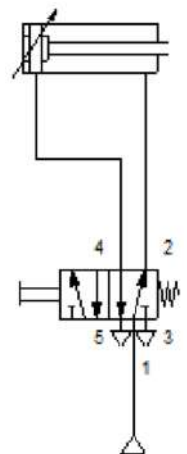
Sistema amb un cilindre d'efecte simple i una vàlvula distribuïdora 3/2:

1. Si el pulsador no està premut (com a la imatge) la vàlvula 3/2 està en posició 1 (inicial) no deixa que l'aire passi cap al cilindre de simple efecte i per aquest motiu no es mou.
2. Si el pulsador està premut la vàlvula 3/2 estarà en posició 2, deixant que l'aire passi cap al cilindre d'efecte simple i aquest generarà moviment. En el moment en què el pulsador es deixi anar la vàlvula retornarà a la posició inicial i el cilindre es contraurà de nou gràcies a una molla.



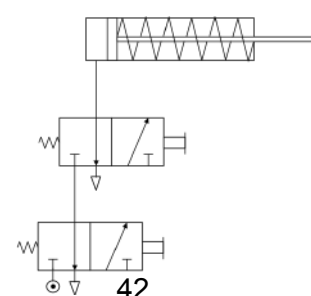
Sistema amb un cilindre de doble efecte i una vàlvula distribuïdora 4/2:

1. Si el pulsador no està premut (com a la imatge) la vàlvula 4/2 està en posició 1 (inicial) i condueix l'aire a l'entrada frontal del cilindre, fent que aquest estigui comprimit.
2. Si el pulsador està premut la vàlvula 4/2 estarà en posició 2, en aquest moment sortirà l'aire de la part frontal del cilindre i n'injectarà per la part del darrere, fent que el cilindre s'expandeixi i generi moviment. En el moment en què el pulsador es deixi anar la vàlvula retornarà a la posició inicial i el cilindre es contraurà de nou mitjançant aire.



Sistema amb un cilindre d'efecte simple i dues vàlvules distribuïdores 3/2:

1. Si una de les dues vàlvules 3/2 està pulsada el cilindre seguirà en posició inicial, però en el moment en què es premin les dues



vàlvules alhora el cilindre produirà moviment, ja que l'aire aconseguirà passar per les dues vàlvules fins al cilindre.

## 5. Motors pneumàtics

Els motors pneumàtics s'utilitzen quan és necessari aconseguir girs continus. L'avantatge d'aquest motor és la relació potència-pes, així com el seu reduït pes i absència de problemes de sobreescalfament davant sobrecarregues. La majoria dels motors pneumàtics funcionen gràcies a unes paletes, però també n'hi ha d'altres que basen el seu funcionament en l'ús de pistons o turbines. Actualment hi ha una empresa, FESTO, que està potenciant aquest tipus de motors en els seus braços robòtics.

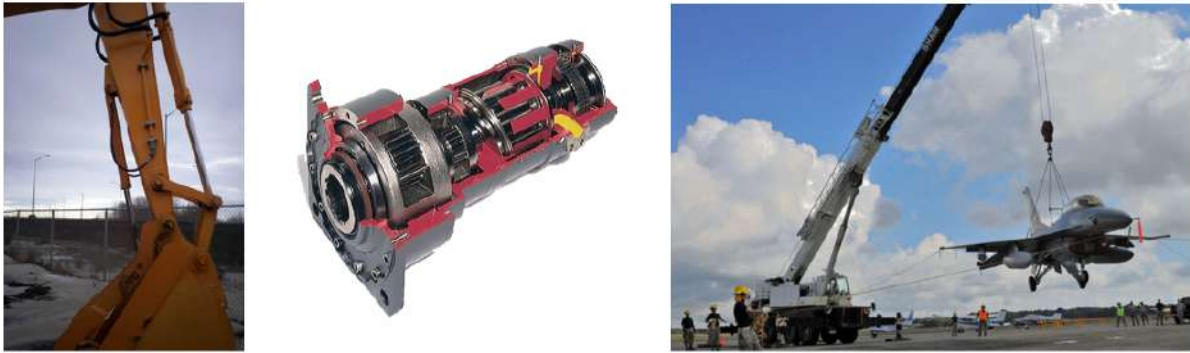


**Fig.52. Braç robòtic FESTO, amb motors pneumàtics.**

## Actuador hidràulic

Els sistemes hidràulics tenen un principi de funcionament molt semblant als de pneumàtica. Obtenen treball a partir de la compressió de fluids. Els actuadors principals que podem trobar són els cilindres i els motors hidràulics. Aquest sistema s'utilitza en màquines que cal una potència molt elevada, per això podem identificar aquests actuadors a grues i excavadores. Aquest sistema té certs aspectes positius, com poden ser un control precís i ràpid de l'actuador, dotat d'una gran potència. Però també en té alguns de negatius, per exemple requereix una instal·lació complexa pel seu funcionament, control de manteniment

periòdic per evitar fugues i necessita un circuit de retorn del fluid, cosa que la pneumàtica no necessita.



**Fig.53. Exemple d'actuadors hidràulics: Excavadora, motor, grua.**

## Sensors industrials

Per poder controlar automàticament un procés de fabricació cal disposar d'informació sobre l'estat del procés. Això es pot fer mesurant diferents magnituds físiques que intervenen en el mateix. Malgrat rebre diferents noms: detector, sonda, transductor, el sensor és el nom més utilitzat en el control d'automatitzacions per referir-se al dispositiu que mesura una magnitud física.

### 1. Característiques dels sensors

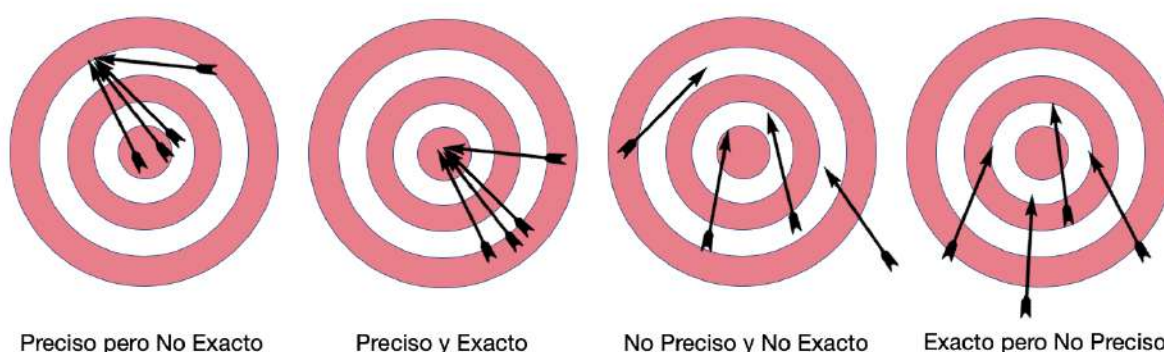
A continuació es mostren algunes característiques que defineixen el comportament dels sensors. A les definicions s'utilitza la variable  $X$ , per referir-se a l'objecte físic que es vol mesurar, i la variable  $Y$ , per referir-se a la mesura donada pel sensor. Segons el règim de funcionament del sensor en podem distingir dues característiques: estàtica (quan es té un règim permanent a la variable a mesurar o aquesta varia de forma lenta) i dinàmica (relativa a un règim transitori de la variable a mesurar).

#### **Característiques estàtiques:**

- Camp de mesura: rang de valors de l'objecte físic ( $X$ ) que pot mesurar el sensor.
- Sensibilitat: ràtio  $dX/dY$ .
- Resolució: mínim canvi de  $X$  detectable a  $Y$ .
- Llindar: mínim valor de  $X$  amb sortida no nul·la a  $Y$ .
- Precisió: màxim error de mesura esperat (com més precís és el sensor l'error relatiu entre diverses mesures és petit).

- Exactitud: diferència entre el valor X i el valor mesurat per Y (si el sensor és exacte la mesura de Y estarà en un entorn proper al valor real de X).
- Repetibilitat: màxima desviació de valors de sortida obtinguts en mesurar diverses vegades la mateixa entrada, amb el mateix sensor i en idèntiques condicions ambientals.
- Linealitat: Proporcionalitat entre X i Y.
- Histèresis: Diferents valors de Y per una mateixa X en funció de l'evolució de X (ascendent o descendent)

Normalment es confon precisió i exactitud. A la següent imatge es poden apreciar les diferències entre les dues.



**Fig.54. Precisió VS Exactitud.**

#### **Característiques dinàmiques:**

- Velocitat de resposta: Capacitat perquè el senyal de sortida segueixi al senyal d'entrada sense retard (temps de pujada / temps de retard).
- Resposta de freqüència: Capacitat que té el sensor per seguir les variacions del senyal d'entrada a mesura que augmenta la freqüència.

## 2. Classificació dels sensors

Els sensors es poden classificar d'acord amb un conjunt de característiques diferents:

- Principi físic de funcionament: finals de cursa, termo resistius, capacitadors, inductors, etc.
- Aporto d'energia: Actiu/Passiu. En els sensors actius la magnitud física a mesurar proporciona l'energia suficient per fer el senyal de sortida (termoelèctric, fotoelèctric, magnetoelèctric, piezoelèctric). En canvi els sensors passius necessiten una font d'alimentació externa (resistius, termo resistius, capacitadors, inductors).

- Senyal elèctric generat: Analògic/Digital. El sensor analògic pot perdre qualsevol valor dins uns determinats marges. En canvi els sensors digitals prenen un nombre finit de valors.
- Magnitud mesurada: presència, proximitat, temperatura, pressió, humitat, velocitat, caudal...
- Rang de valors que proporciona: Sensors de mesura/High-Low. Els sensors de mesura proporcionen a la sortida tots els valors possibles corresponents a cada valor de l'entrada (exemple: sensor analògic termo resistiu). Els sensors High-Low, tot-res o 1-0, la seva sortida només pot agafar dos valors diferents. Sensors que detecten la presència d'un objecte al seu davant és un exemple de sensor 1-0.

### 3. Tipus de sensors

- Interruptors d'acció mecànica

Aquest tipus de sensors s'acciona mitjançant el contacte físic i força suficient sobre certa part del sensor, normalment una palanca o polsador. Aquest tipus de sensors té un ús molt extens gràcies al poc espai que ocupen, però també té algunes limitacions, per exemple té una vida curta, a causa del desgast fet pel fregament en accionar el sensor

- Sensor de proximitat sense contacte

La detecció d'un objecte sense cap mena de contacte recau sobre els sons de proximitat. Però per poder detecta o no l'objecte cal tenir en compte diferents factors, com poden ser: El material de l'objecte i la distància a la qual es troba. D'acord amb els principis físics en què es basa el seu funcionament podem classificar aquests sensors en els següents tipus: Optoelectrònic (accionat per llum), inductiu (accionat mitjançant el magnetisme), capacitiu (accionat en detectar metalls) i ultrasònic (mitjançant ultrasons). Aquests sensors poden ser digitals (0-1) o analògics (1,1-1,2-1,3...), normalment oberts (NO) o normalment tancats (NT), i es poden complementar amb relés o transistors.

## - Sensor de posició

Per controlar el procés d'una indústria sol anar bé saber la posició i l'avanç dels objectes, per això s'utilitzen encoders (codificadors rotatius) o potenciómetres.

### - Encoders/Codificador rotatiu:

Definició: "Sol ser un dispositiu electromecànic usat per convertir la posició angular d'un eix a un codi digital, el que el converteix en una classe de transductor. Aquests dispositius s'utilitzen en robòtica, en lents fotogràfiques d'última generació, en dispositius d'entrada d'ordinador (com ara el ratolí i el ratolí de bola), i en plataformes de radar rotatòries. Els tipus principals són dos: *absolut* i *incremental* (relatiu)."

### - Potenciómetres:

Aquest sensor consisteix en una resistència, que el seu valor varia en funció del moviment d'un contacte, per tant en aplicar-hi corrent la tensió de sortida també varia. El principal inconvenient és el desgast per fregament entre el contactor i la resistència.

## 4. Criteris de selecció

A l'hora de triar el sensor més adequat per a certa aplicació cal tenir en compte les següents variables:

- Magnitud a ser mesurada
- Tipus d'informació: discreta/continuo
- Ús de la mesura (resolució, precisió, fidelitat...)
- Compatibilitat amb altres dispositius
- Condicions ambientals (criteris de seguretat)
- Preu

# MARC PRÀCTIC

La part pràctica d'aquest treball consisteix a aconseguir fer una automatització des de zero. Per fe-ho m'he basat en l'aprenentatge que vaig obtenir a l'empresa MITEC Enginy, on hi vaig fer l'estada a l'empresa. Basant-me en la seva manera de treballar he dividit el marc pràctic en tres parts:

1. PREPROJECTE: Es recopila tota la documentació necessària, es fa una aproximació de costos i es fan els primers dissenys basant-se en diverses idees.
2. PROJECTE: Es calcula el cost exacte del projecte, es fan els dissenys definitius a partir de la idea amb més efectivitat a l'hora de portar-ho a terme, es realitza el muntatge del projecte automatitzat.
3. POSTPROJECTE: Per finalitzar el projecte es programen els diferents moviments, o operacions a realitzar i s'escriu un manual de funcionament i manteniment que anirà adjunta amb la màquina que s'entregarà al client.

L'automatització disposarà d'una font d'alimentació que proporcionarà l'electricitat als diferents components elèctrics. Una zona de control on hi haurà tots els divers, placa i cables per controlar el **braç** i la pinça. També disposarà d'una **classificadora** que serà capaç de classificar petits objectes ( $x=30\text{mm}$ ,  $y=30\text{mm}$ ,  $z=30\text{mm}$ ) entre 3 colors diferents. Per últim disposarà d'un mòdul de Bluetooth incorporat a la instal·lació, aquest servirà per donar diferents ordres a l'automatització des d'un dispositiu mòbil utilitzant una App.

# PREPROJECTE

---

Abans de començar el disseny d'una automatització cal dur a terme una sèrie de documents, per veure quines característiques ha de tenir el projecte (en funció de l'automatització que vol el client), les funcions que ha de fer, el cost que tindrà, el material que serà necessari, les hores que caldrà dedicar, el nombre de personal, entre molts altres aspectes. En aquest apartat de "PREPROJECTE" he fet tots els documents i excels anteriorment dits per tenir la documentació bàsica que caldria fer abans de començar el projecte d'una automatització. En tenir fets aquests documents pot fer-nos estalviar feina en punts del projecte posteriors.

## Documents

Primer de tot cal fer una sèrie de documents per tenir una base que ens serveixi de guia 'per desenvolupar el projecte. Aquests documents es fan quan es comença un projecte que encara no se sap del tot si s'acabarà fent o no (rep el nom d'oferta). Gràcies als següents documents es posa sobre la taula els inconvenients que hi ha o les diferents maneres que es pot fer l'automatització.

Aquests documents són els següents:

- **AMFE:** ("Anàlisis Modal de Fallos y Efectos")  
AMFE és una metodologia que s'utilitza per estimar i preveure els errors o imperfeccions que hi poden haver en un producte que es troba en procés/fase de disseny.  
Exemple de document AMFE: [Enllaç al document](#)
- **PDCA:** (Plan-Do-Check-Act)  
Aquest document permet controlar de manera eficient els processos interns i externs reduint errors i millorant la presa de decisions en cada un dels sectors de l'empresa que crea el producte.  
Exemple de document PDCA: [Enllaç al document](#)
- **Comandes:**  
Aquest document sol ser una informació de text (info.txt) on es col·loquen tots els comunicats per saber quins components cal demanar, d'aquesta manera tothom pot saber com van de material, que falta... i d'aquesta manera fer les comandes amb temps.



Exemple de document de comandes: [Enllaç al document](#)

\*Aquest document no se sol fer en tots els projectes, segons la quantitat d'informació que vulgui el client es farà o no, ja que si es tira endavant el projecte s'especificarà en uns altres documents.

- **Comunicats de treball:**

Aquest document sol ser una informació de text (info.txt) on es diu com s'avança en cada projecte, al punt on està, informació general del projecte perquè tothom estigui al dia.

Exemple de document de Comunicats de treball: [Enllaç al document](#)

\*Aquest document no se sol fer en tots els projectes, segons la quantitat d'informació que vulgui el client es farà o no, ja que si es tira endavant el projecte s'especificarà en uns altres documents.

- **Declaració CE:**

La declaració CE és un document en format Excel al qual el fabricant, o el representant de la Unió Europea declara que el producte que es vol comercialitzar satisfà tots els requisits essencials. La firma en aquest document autoritza la col·locació de la marca "CE" en el producte.

Exemple de document de declaració CE: [Enllaç al document](#)

Per a més informació sobre el mercat CE mirar el següent enllaç: [Enllaç mercat CE](#)

- A la declaració CE també cal ajuntar-hi una avaluació de riscos del producte, aquest document sol ser un Excel on cal avaluar molts aspectes de l'objecte a comercialitzar.

Exemple de document d'avaluació de riscos: [Enllaç al document](#)

- **Documentació rebuda:**

En cas que el client vulgui fer una automatització seguida d'una altra és necessari disposar d'informació d'aquesta altra màquina, per tal de fer-les funcionar al mateix temps, velocitat... Aquesta informació es recopila en un document en format informació de text.

Exemple de document "Documentació rebuda": [Enllaç al document](#)

- **Fotos i Vídeos:**

Carpeta on es col·loca material visual (fotos i vídeos) que s'ha obtingut sobre l'oferta que s'està fent per presentar-ho al client a la pròxima reunió.

- **Informes de reunió:**

En un document de text s'apunta tot el que s'ha anat decidint durant el curs de les reunions, ja sigui entre l'equip d'un departament, tota l'empresa o empresa i client, perquè hi hagi constància de les decisions preses i evitar possibles problemes.

Exemple de document "Informes de reunió": [Enllaç al document](#)

- **Ofertes proveïdors:**

Es recopilen les diferents ofertes que fan els proveïdors en un document en format info.txt, per poder triar la més adient pel projecte, tenint en compte el preu, dia d'arribada...

Exemple de document d'Ofertes proveïdors: [Enllaç al document](#)

\*Aquest document no se sol fer en tots els projectes, segons la quantitat d'informació que vulgui el client es farà o no, ja que si es tira endavant el projecte s'especificarà en uns altres documents.

- **Validació de disseny:**

Consisteix en un document en format Excel en el qual es van anotant tots els canvis que es fan en el disseny durant el procés. Tant l'empresa com el client han d'estar d'acord en les decisions i per això hi ha de constar la firma dels dos, d'aquesta manera queden registrats els canvis i s'eviten confusions.

Exemple de document "Validació de disseny": [Enllaç al document](#)

I una vegada fets els documents anteriors es fa un recopilatori de les característiques de l'automatització, programari i funcions a realitzar, en una espècie de pòster informatiu (també pot ser un díptic o un tríptic).

[Enllaç al document](#)

Aquest document s'envia al client i si l'aproven es passa a calcular el cost que tindria dissenyar, muntar i programar l'automatització des de zero. A partir d'aquest punt s'entra en l'apartat d'oferta/estudi, es calcularan els preus de tot el material que cal i es faran els primers dissenys mecànics i elèctrics (no els definitius, són proves).

## Llistat i escandall

El document en format Excel, anomenat llistat i escandall, és un document al qual s'hi agrupa tot el material que serà necessari per muntar el projecte. A més a més serveix per tenir un control del dia que es van demanar els materials, el dia que arribaran, els possibles proveïdors, tractaments que hagin de rebre alguns materials, document amb informació del producte, entre altres.

Exemple de document "Llistat i escandall": [Enllaç al document](#)

## Gestió i control

El document "Gestió i control" també està en format Excel. En aquest document es recopilen tots els costos del projecte, inclou el material estimat al document de "Llistat i escandall", a més d'una estimació de les hores que s'invertiran en diferents aspectes, disseny,

programació, posada a punt, transport del projecte a l'empresa del client... En definitiva aquest document mostra el cost que tindrà el projecte.

Exemple de document "Gestió i control": [Enllaç al document](#)

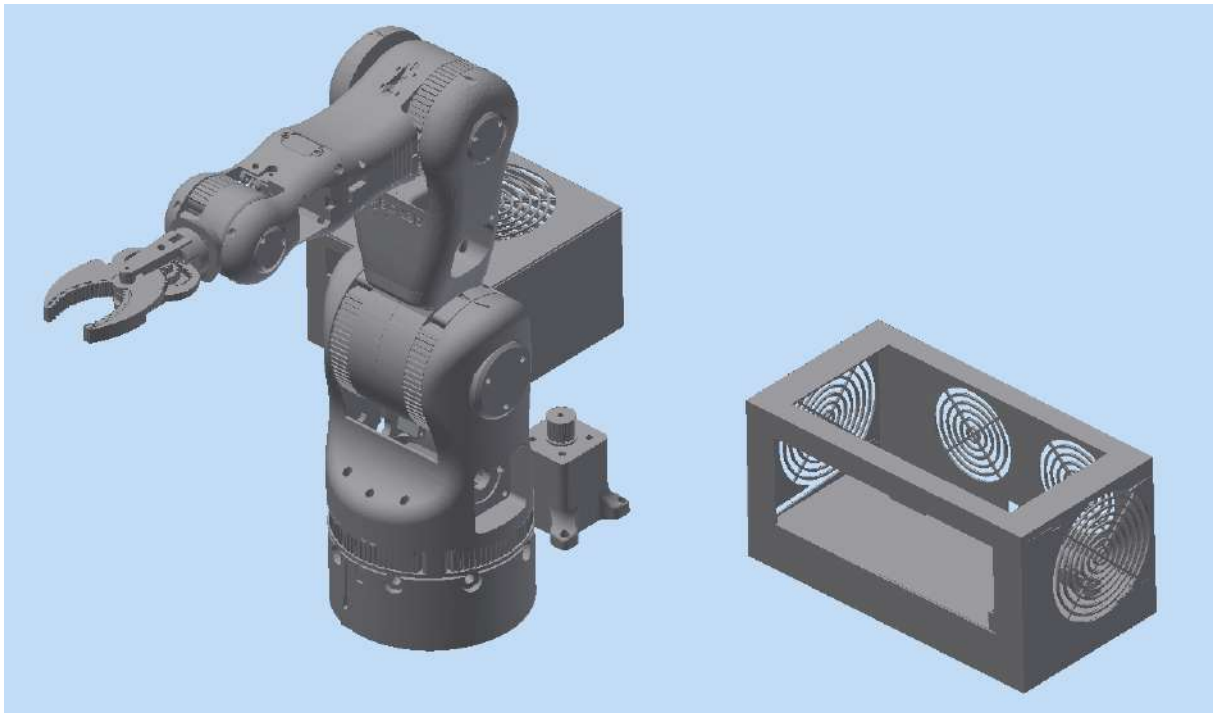
\*Una vegada el client ha vist el document de "Llistat i escandall" i "Gestió i control" hi ha decidit tirar endavant l'automatització es passa de dir oferta/estudi a projecte, i es comencen a fer dissenys tant mecànics com elèctrics de la solució pel client (ja no és un estudi de disseny sinó que es fan els dissenys definitius per l'automatització).

## Mecànic

La major part del projecte ha estat construït a base de peces dissenyades mitjançant programes 3D, i després impreses utilitzant una impressora tridimensional per fer-ne el muntatge. Per dur a terme el disseny de les peces he utilitzat els següents tres programes:

1. Autodesk Inventor: Aquest programa l'he utilitzat durant l'estada a l'empresa que he fet a MITEC Enginy, algunes de les peces de l'automatització han estat dissenyades des d'aquest programa.
2. BlocksCAD: Programa gratuït i en línia, s'aconsegueixen fer tota mena de peces, ja que el muntatge de les peces es fa mitjançant la unió de diferents blocs de comandos amb coordenades.
3. Tinkercad: Programa gratuït i en línia, el més senzill i fàcil d'utilitzar de tots, el seu funcionament es basa a moure diferents objectes tridimensionals per fer les figures. Com que no va amb coordenades és un programa poc precís, en el meu cas l'he utilitzat per buidar unes peces.
4. Thingiverse: Aquest no és un programa de disseny 3D, sinó que aquí pots trobar diferents objectes ja dissenyats. Per fer el muntatge del braç el disseny el vaig treure d'aquesta pàgina, després amb els programes anteriors vaig haver de retocar algunes peces, tant del braç com de la pinça.

Una vegada finalitzat el procés de disseny de les diferents parts les vaig unir a l'Autodesk Inventor, per tenir una primera visió de com quedaria el projecte una vegada muntat.



Carpeta amb tots els dissenys 3D (Font d'alimentació, caixa electrònica, pinça, braç i classificadora): [Enllaç a la carpeta](#)

## Elèctric

Quan l'apartat mecànic (disseny 3D) va estar enllestit vaig buscar imatges de tots els components elèctrics per fer-ne uns esquemes, de tal manera que després a l'hora de connectar-o fos més senzill. Per una banda hi ha l'esquema del braç, la pinça i el mòdul de Bluetooth, que van connectats a una placa Arduino Mega 2560. Per altra banda vaig fer l'esquema de connexions del LEGO Mindstorms, el qual és molt més senzill i ràpid de connectar. Al principi vaig intentar fer els esquemes amb un programa que es diu Fritzing, però a causa de la falta de components d'Arduino, com poden ser els drivers o motors més grans, vaig decidir fer-lo utilitzant el Canva, un programa que permet posar diferents fotografies i després poder-les unir amb línies o fer pràcticament el que vulguis. El resultat dels dos esquemes (Un amb la part d'Arduino i l'altre amb la part de LEGO Mindstorms) és el següent:

En aquesta carpeta hi ha els esquemes elèctrics anteriors en format PNG i PDF: [Enllaç a la carpeta](#)

També podeu trobar els esquemes a l'annex apartat 6 i 7 pàgines 51 i 52.

# COMPONENTS

---

Per donar moviment a l'esquelet dissenyat en 3D són necessaris una sèrie de components. A l'apartat anterior, "Elèctric", es poden veure els diferents components elèctrics i les connexions entre ells. En aquest apartat entrarem més a veure els aspectes principals de cada un dels components, com poden ser utilitat, funcions i localitzacions a l'automatització.

## Motors

L'automatització disposa de 9 motors, d'entre ells 6 són pas a pas de la marca NEMA (pensats per Arduino), 2 són de LEGO Mindstorms (pensats per anar amb el seu propi controlador, "Brick", i software de programació) i 1 és un servomotor de 180º per controlar la pinça (pensats per Arduino).

### **Motors pas a pas:**

NEMA 17 (eix 1)

<https://docs.google.com/document/d/1RfQwRp2i0qC8xJsnwEZOriWPhs5mUUUn-1ARUFsIW0Xc/edit?usp=sharing>

NEMA 23 (eix 2)

[https://docs.google.com/document/d/13SfoedsDev\\_OBsq15Wihl8zFuUNbCCScK-4oQfAO\\_f4/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/13SfoedsDev_OBsq15Wihl8zFuUNbCCScK-4oQfAO_f4/edit?usp=sharing)

NEMA 17 + reductor 5:1 (eix 3)

[https://docs.google.com/document/d/1Maq\\_al9cOVNePubYhPM9VyT\\_gPk7Tc2FlbHQ53ZdaZ0/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1Maq_al9cOVNePubYhPM9VyT_gPk7Tc2FlbHQ53ZdaZ0/edit?usp=sharing)

NEMA 17 (eix 4)

<https://docs.google.com/document/d/1RldyEZVpUttw6cxI9iMKPdtFeeiJGWsQ0grZUFWu5mU/edit?usp=sharing>

NEMA 14 (eix 5)

[https://docs.google.com/document/d/1eKpDfBAANTQ\\_bCTmQYQKSODkkFbL\\_s-GbtXWlxtkrJo/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1eKpDfBAANTQ_bCTmQYQKSODkkFbL_s-GbtXWlxtkrJo/edit?usp=sharing)

### **Servomotor LEGO Mindstorms EV3:**

Servomotor gran

[https://docs.google.com/document/d/1SK\\_2HoijrGIOLuTP51xyVt9pACq2jNJUcl3Z4BL0ftQ/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1SK_2HoijrGIOLuTP51xyVt9pACq2jNJUcl3Z4BL0ftQ/edit?usp=sharing)

Servomotor mitjà

<https://docs.google.com/document/d/1SOHyDXtaOFHBMfuPRKj7QZBX0Ph6WA2UOLfMouzOnt4/edit?usp=sharing>

### **Servomotor 180º:**

[https://docs.google.com/document/d/1pTm5quKcTksh1YXcQY0PMtZ4PHkdIOxHNza\\_w7XnUHI/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1pTm5quKcTksh1YXcQY0PMtZ4PHkdIOxHNza_w7XnUHI/edit?usp=sharing)

## Sensors

Els sensors que utilitzarem seran per donar informació als controladors i d'aquesta manera puguin prendre algunes decisions per tal que l'automatització funcioni de la millor manera possible. Per una banda tenim el mòdul de Bluetooth HC-06 que estarà connectat a l'Arduino Mega 2560, i per altra banda els sensors de contacte i color que estaran connectats al Brick de LEGO Mindstorms.

### **Mòdul Bluetooth HC-06:**

[https://docs.google.com/document/d/1q4G8wBUpR8\\_8n8GLa3FJ7nrgaoAQU\\_nRwL7lqzIQxa8/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1q4G8wBUpR8_8n8GLa3FJ7nrgaoAQU_nRwL7lqzIQxa8/edit?usp=sharing)

### **Sensor de contacte LEGO Mindstorms:**

<https://docs.google.com/document/d/1hxuvVkxUvQFQjpt1ZBYpddU5L0U1SQMCkrGwZG8tTc0/edit?usp=sharing>

### **Sensor de color LEGO Mindstorms:**

<https://docs.google.com/document/d/1wmigya1WaVTLolwEBXnem-u0fIEHLO6y9Q4vhdD5bGU/edit?usp=sharing>

## Placa i drivers

Per governar els actuadors i sensors anteriors són necessaris tres controladors diferents. En el cas dels motors NEMA ens cal un driver, el TB6560, per controlar aquests drivers ens cal un Arduino, en el meu cas l'Arduino Mega 2560, al qual també connectarem el sensor de Bluetooth. Per últim necessitarem el Brick EV3 de la marca LEGO Mindstorms per connectar-hi els seus corresponents actuadors i sensors.

### **Arduino Mega 2560:**

Tota la informació es pot tovar aquí: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3> Des dels diferents ports que té, fins a les connexions entre aquests i els diferents xips que té.

### **Driver TB6560:**

<http://www.ribu.at/PDF/Tb6560.pdf>

### **Brick EV3 + bateria corresponent:**

<https://docs.google.com/document/d/1VAmxeG9OTR1MMQ1CCR-wkzjNWZ1G9tefUrHvRPEBlMk/edit?usp=sharing>

---

# PROJECTE

## MUNTATGE DE L'AUTOMATITZACIÓ

---

Tota la informació necessària i els arxius STL de les peces que cal imprimir per muntar l'automatització es troba al següent enllaç:

[https://drive.google.com/drive/folders/115c\\_hWECEW404jmfjKwUS5\\_e9NHXEsE?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/115c_hWECEW404jmfjKwUS5_e9NHXEsE?usp=sharing)

En el següent vídeo es pot veure el material que serà necessari per dur a terme el muntatge complet de l'automatització.

Enllaç al vídeo:

[https://drive.google.com/file/d/12h2o-R\\_yZpdu6PM6nLiliJ7ziVVajKI5/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/12h2o-R_yZpdu6PM6nLiliJ7ziVVajKI5/view?usp=sharing)

Codi QR al vídeo:



El següent enllaç us portarà a un document on hi ha una llista del material que serà necessari per poder fer els següents passos.

Enllaç: [Enllaç al document](#)

## Alimentació (Font d'alimentació)

Per poder muntar una font d'alimentació primer de tot ens caldrà aconseguir-ne una d'un PC, pot ser reutilitzada. Després de comprovar que aquesta funciona haurem d'imprimir 8 peces diferents per poder muntar-la. A més a més ens caldran una serie de components com poden ser bornes mascles i femelles, cables, ventilador 120x120mm... A l'annex apartat 1, des de la pàgina numero 2 fins a la 4, hi ha explicat pas per pas com fer el muntatge d'una font d'alimentació amb tot el material i eines necessàries.

## Control (Electrònica)

Una vegada disposem de tots els components elèctrics que utilitzarem per controlar els diferents actuadors podrem passar a muntar l'espai on els tindrem. Necessitarem imprimir i

muntar un total de 17 peces. Igual que amb el muntatge de la font d'alimentació també hi ha un apartat a l'annex on hi ha explicat pas per pas com muntar aquesta zona on hi col·locarem la major part de l'electrònica. Annex apartat 2, des de la pàgina numero 5 fins a la 7. Per fer-ho més fàcil a continuació hi ha un enllaç que us portarà a un vídeo on es pot veure exactament el mateix que hi ha redactat a l'annex, el muntatge de la zona de control.

Enllaç al vídeo:

[https://drive.google.com/file/d/1KmtRbi-2nqVnHxSKH\\_q4kTfX\\_fF3Z03/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1KmtRbi-2nqVnHxSKH_q4kTfX_fF3Z03/view?usp=sharing)

Codi QR al vídeo:



## Actuadors

Pinça: Per muntar l'actuador que es trobarà a la punta del braç necessitarem un servomotor, i 8 peces impreses amb impressora 3D. El muntatge d'aquest actuador és relativament senzill, comparat amb el braç o la classificadora. Els passos de muntatge estan escrits a l'annex apartat 3, de la pàgina 8 a la 9.

Braç: Per dur a terme el muntatge del braç ens cal una llista més extensa de material, també serà l'apartat al qual hi haurem de dedicar més temps abans no el tinguem muntat. Caldrà imprimir un total de 25 peces, pintar-les al nostre gust amb esprai i una vegada fet això seguir les instruccions de muntatge que hi ha redactades a l'annex apartat 4, des de la pàgina numero 10 fins a la 44. Seguidament hi ha un enllaç al vídeo del muntatge complet del braç.

Enllaç al vídeo:

<https://drive.google.com/file/d/195A8L926cYqe8nJQHk13dqAEhcSoSGym/view?usp=sharing>

Codi QR al vídeo:



Classificadora: Per muntar l'últim actuador de l'automatització ens caldrà tenir disponible un quid complet de LEGO Mindstorms EV3, metacrilat i imprimir 4 peces amb impressora 3D. El muntatge d'aquesta part està explicat a l'annex apartat 5, de la pàgina 45 a la 50, acompanyat de diferents imatges per fer més fàcil el muntatge.



# PROGRAMACIÓ

---

A les següents captures de pantalla es poden veure els diferents programes per controlar les diferents parts mòbils del breç i la classificadora:

## BRAÇ ⇒ Programat amb IDE Arduino

- Programa per moure un motor pas a pas:

```
//Marc Darnés Castanyer.
//Treball de Recerca.
//20/06/2021.
//Programa per moure un motor

//.....

//PROGRAMA:                                // DESCRIPCIÓ DEL PROGRAMA:

#define MOTOR_1_STEP  26                    //STEP motor eix 1 al pin 26
#define MOTOR_1_DIR  27                      //DIR motor eix 1 al pin 27

void setup() {

pinMode (MOTOR_1_STEP, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_1_DIR, OUTPUT);

}

void loop() {

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW);              // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
for(int i = 0; i < 2000; i++) {             // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 2000 passos
digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
delay(1);                                    //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_1_STEP, LOW);
delay(1);                                    //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
delay (1000);                                // Temps d'espera 1 seg
digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH);            // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
for(int i = 0; i < 4000; i++) {             // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 4000 passos
digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
delay(1);                                    //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_1_STEP, HIGH);
delay(1);                                    //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}
```

- Programa per moure més d'un motor pas a pas al mateix moment, en aquest cas 4 motors pas a pas:

```
//Marc Darnés Castanyer.
//Treball de Recerca.
//01/07/2021.
//Programa per moure 4 motors pas a pas al mateix moment

//.....

//PROGRAMA:                                // DESCRIPCIÓ DEL PROGRAMA:
// Assignem noms als pins ocupats de la placa
#define MOTOR_1_STEP 26                    // STEP motor eix 1 al pin 26
#define MOTOR_1_DIR 27                     // DIR motor eix 1 al pin 27
#define MOTOR_3_STEP 35                    // STEP motor eix 3 al pin 35
#define MOTOR_3_DIR 36                     // DIR motor eix 3 al pin 36
#define MOTOR_4_STEP 38                    // STEP motor eix 4 al pin 38
#define MOTOR_4_DIR 39                     // DIR motor eix 4 al pin 39
#define MOTOR_5_STEP 41                    // STEP motor eix 5 al pin 41
#define MOTOR_5_DIR 42                     // DIR motor eix 5 al pin 42

void setup() {
  pinMode (MOTOR_1_STEP, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR_1_DIR, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR_3_STEP, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR_3_DIR, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR_4_STEP, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR_4_DIR, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR_5_STEP, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR_5_DIR, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW);          // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH);       // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  digitalWrite(MOTOR_4_DIR, HIGH);       // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW);        // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  for(int i = 0; i < 2500; i++) {        // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 2500 passos
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_4_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
    delay(1);                             //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_4_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
    delay(1);                             //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  }
  digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH);       // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW);        // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  digitalWrite(MOTOR_4_DIR, LOW);        // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH);       // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vulguem
  for(int i = 0; i < 2500; i++) {        // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 2500 passos
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_4_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
    delay(1);                             //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_4_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
    delay(1);                             //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  }
}
}
```

## PINÇA ⇒ Programat amb IDE Arduino

- Programa per obrir i tancar la pinça, mitjançant un servomotor de 180°:

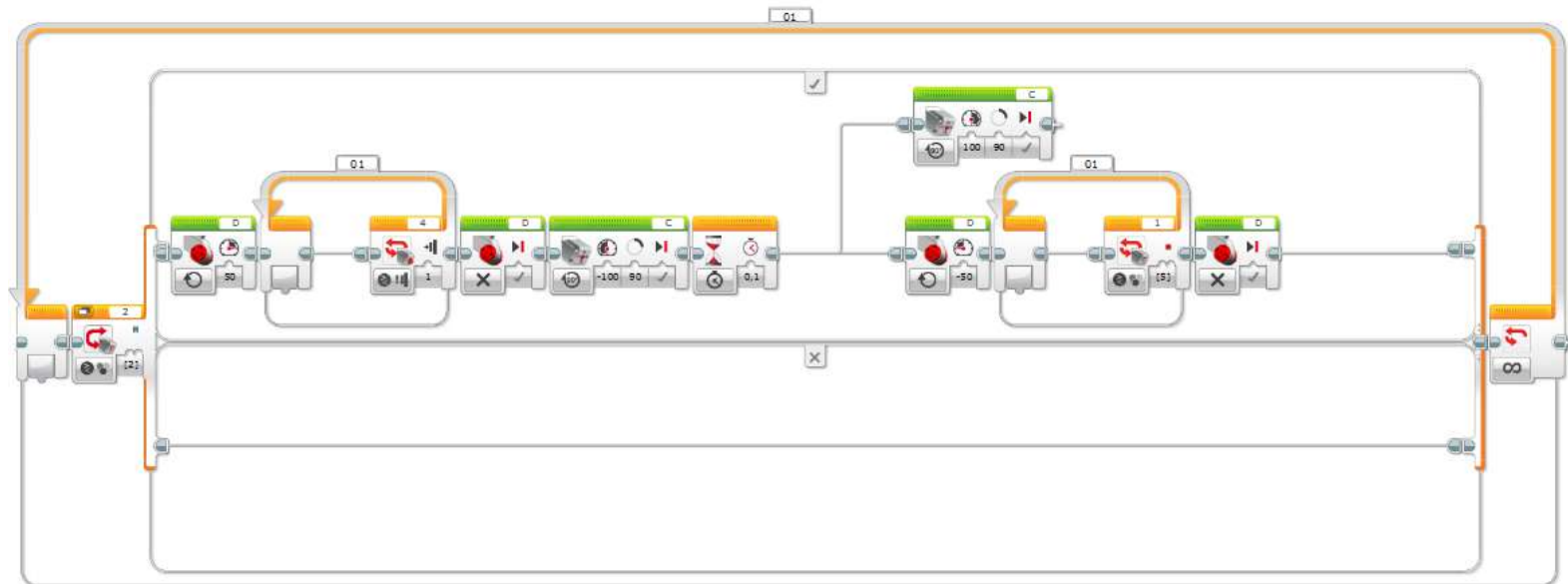
```
//Marc Darnés Castanyer.  
//Treball de Recerca.  
//10/08/2021.  
//Programa pinça (obrir i tancar)  
  
//.....  
//PROGRAMA:                                // DESCRIPCIÓ DEL PROGRAMA:  
  
#include <Servo.h>                          // Llibreria per controlar el servo  
  
Servo servomotor;                           // Nom que donem al nostre servomotor  
  
void setup() {                               // Pin de la placa on tenim connectat el servomotor  
  servomotor.attach(53);  
}  
  
void loop() {  
  servomotor.write (0);                     // Obertura màxima de la pinça, si el nombre > 0 la pinça no s'obrirà tant  
  delay (1000);                             // Temps d'espera 1 seg  
  servomotor.write (180);                   // Pinça tancada al màxim, si el nombre < 180 la pinça no es tancarà al màxim  
  delay (1000);                             // Temps d'espera 1 seg  
}
```

## CLASSIFICADORA ⇒ Programat amb el Software de LEGO MINDSTORMS EV3

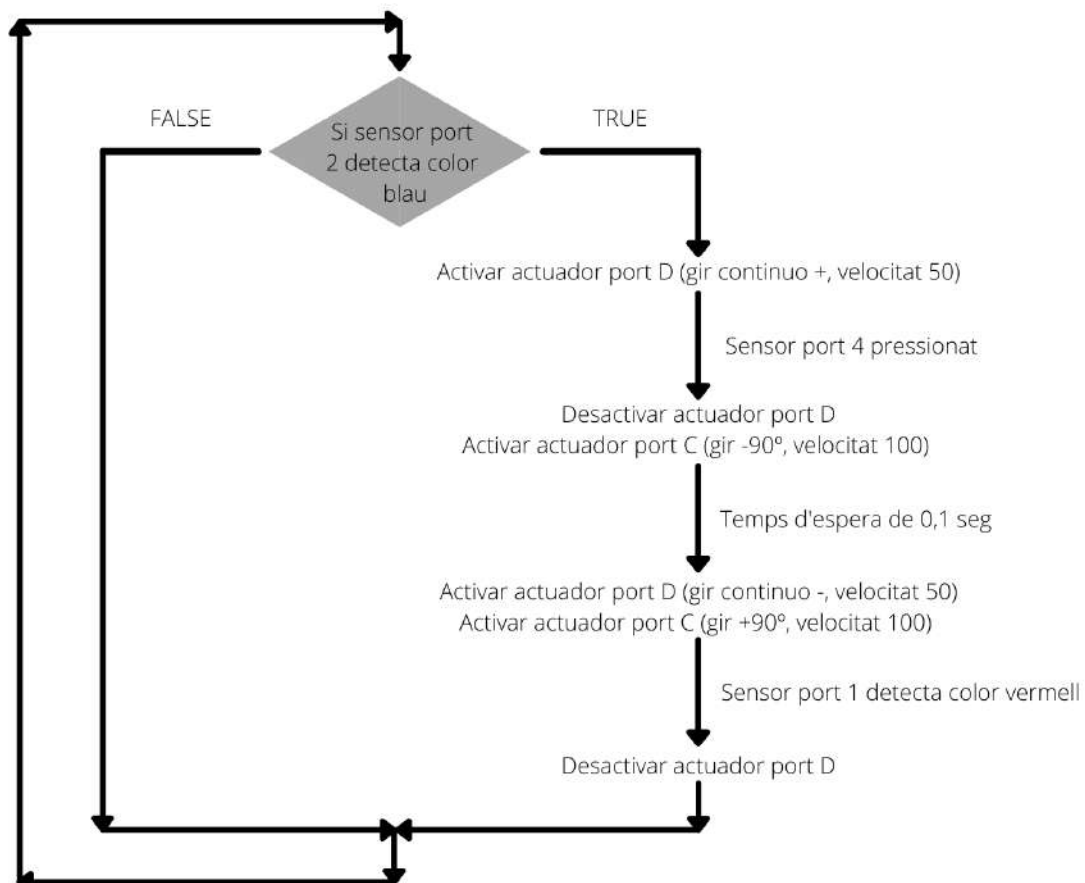
Per entendre millor cada secció del programa a la part inferior de cada un hi ha un esquema GRAFCET, una representació gràfica dels successius comportaments d'un sistema lògic, predefinit per les seves entrades i sortides.

### - Cubs blaus

Programa:

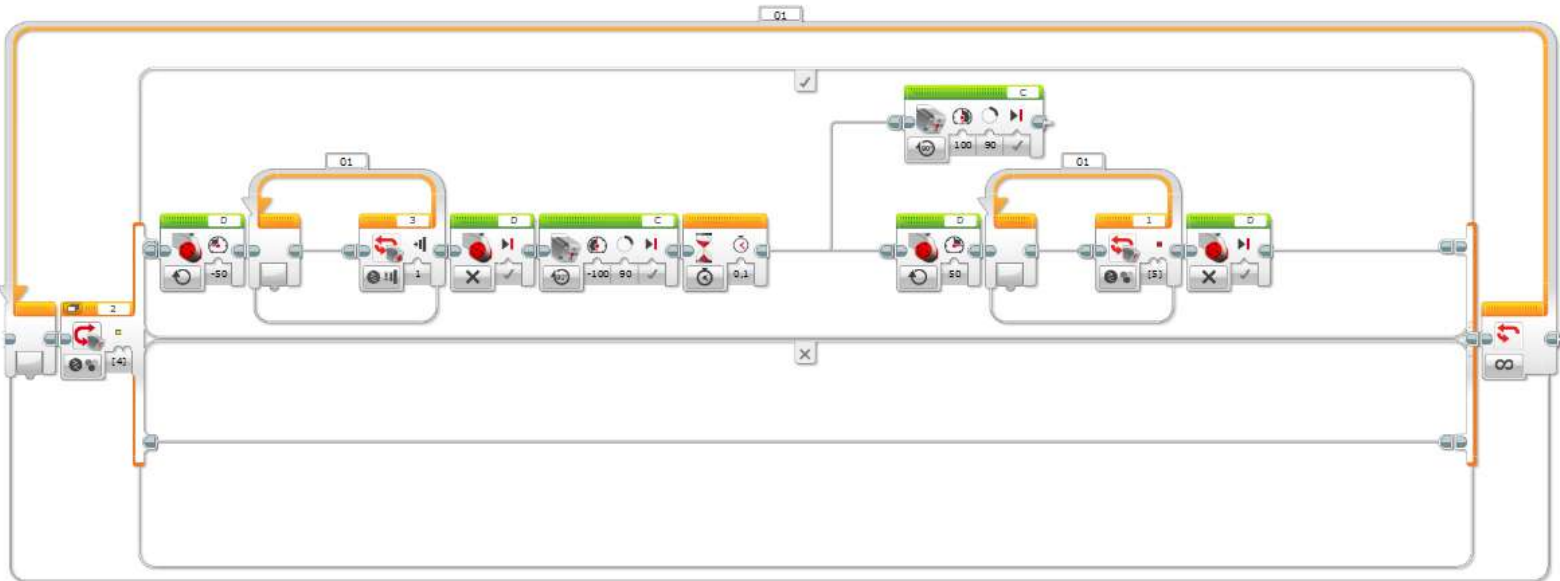


Esquema GRAFCET:

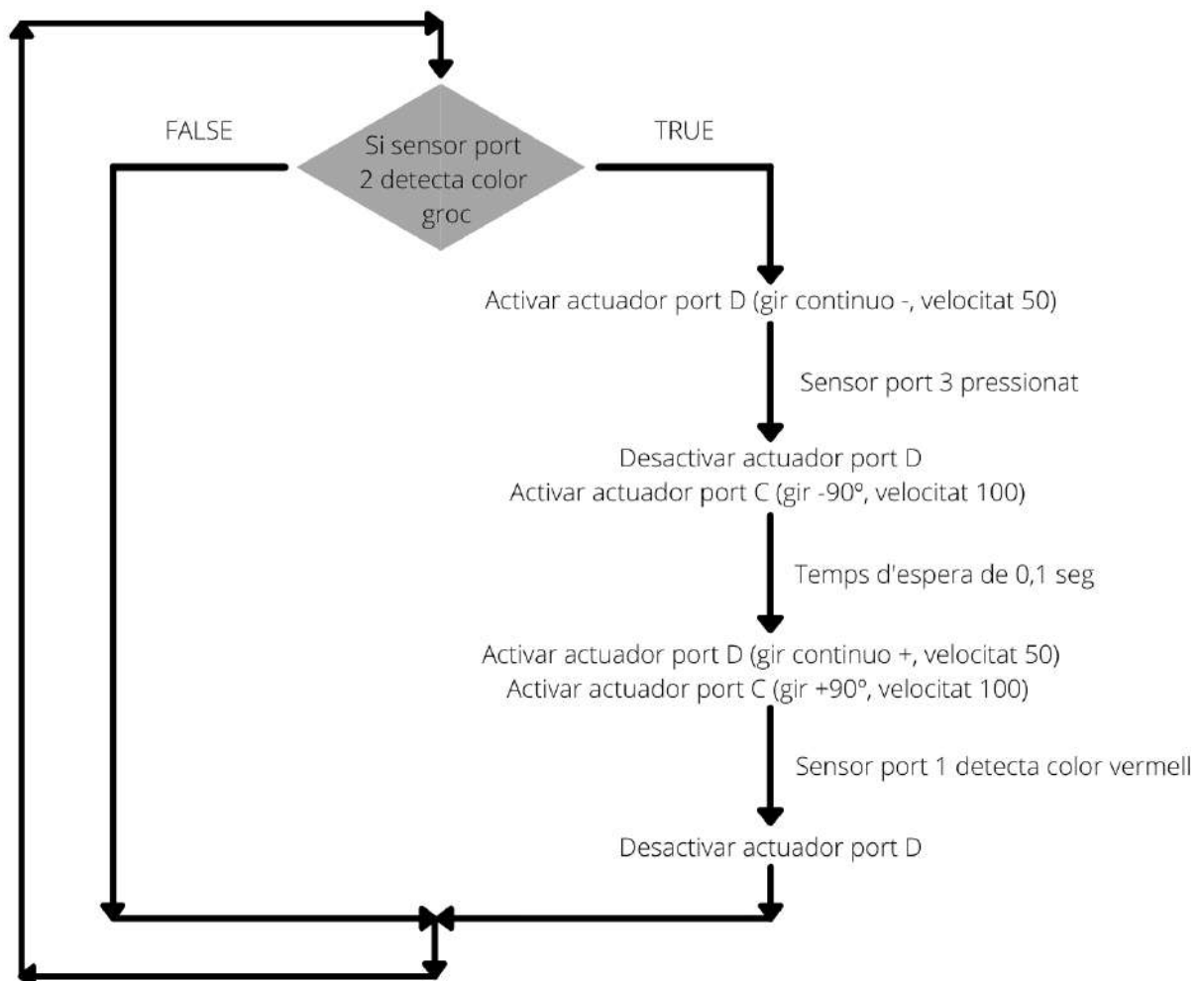


- **Cubs grocs**

Programa:

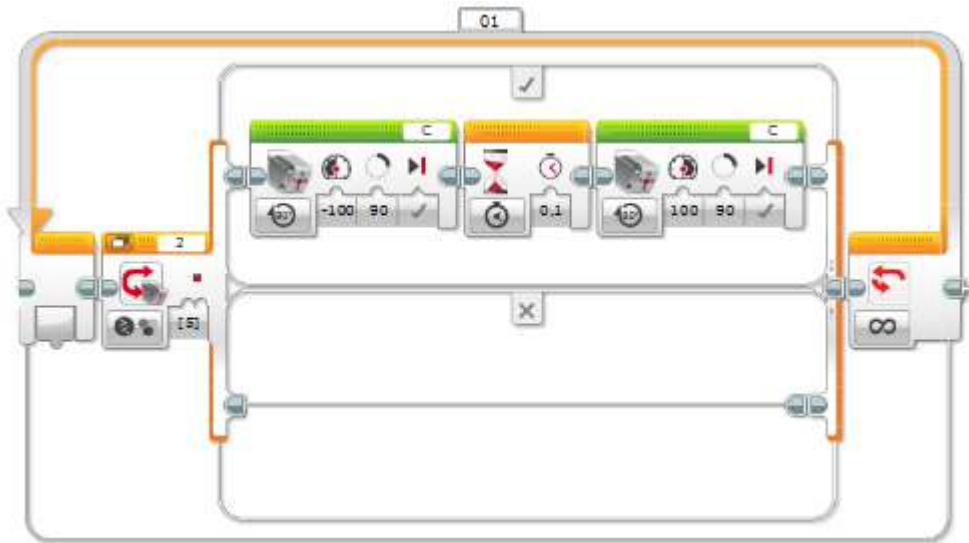


Esquema GRAFCET:

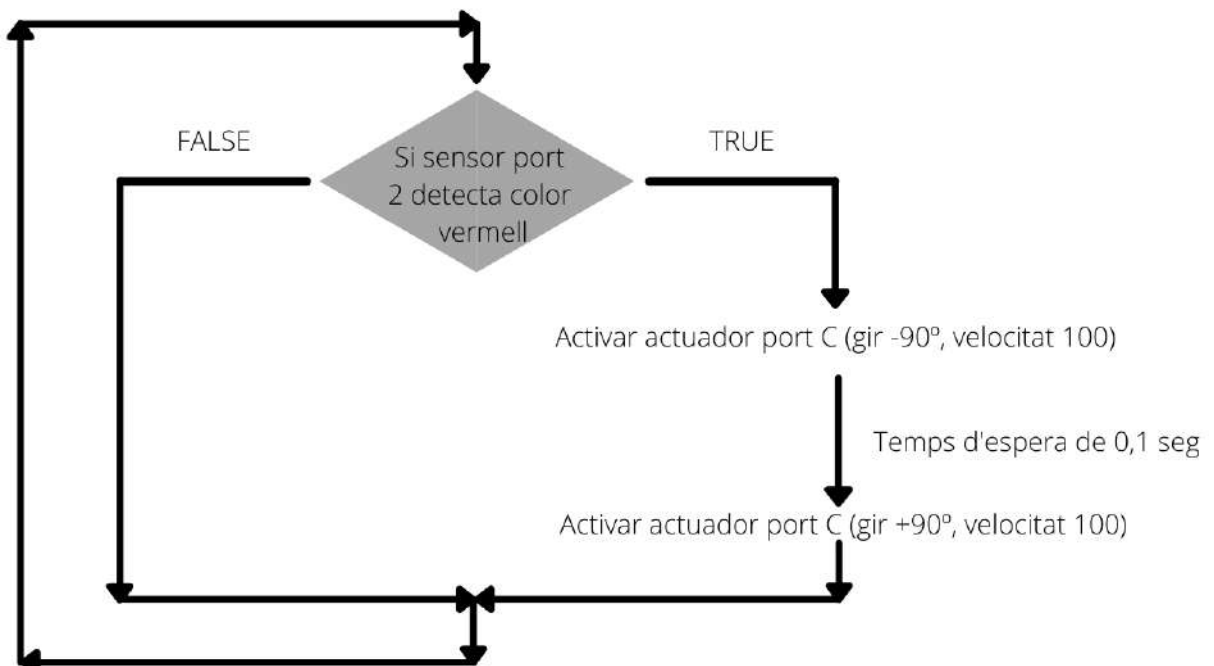


- **Cubs vermells**

Programa:

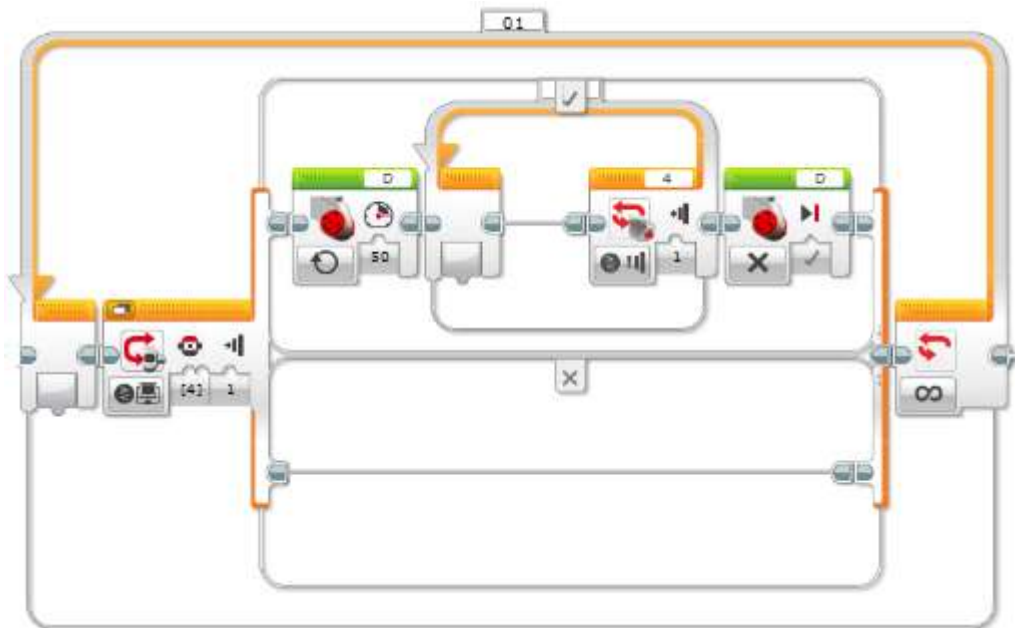


Esquema GRAFCET:

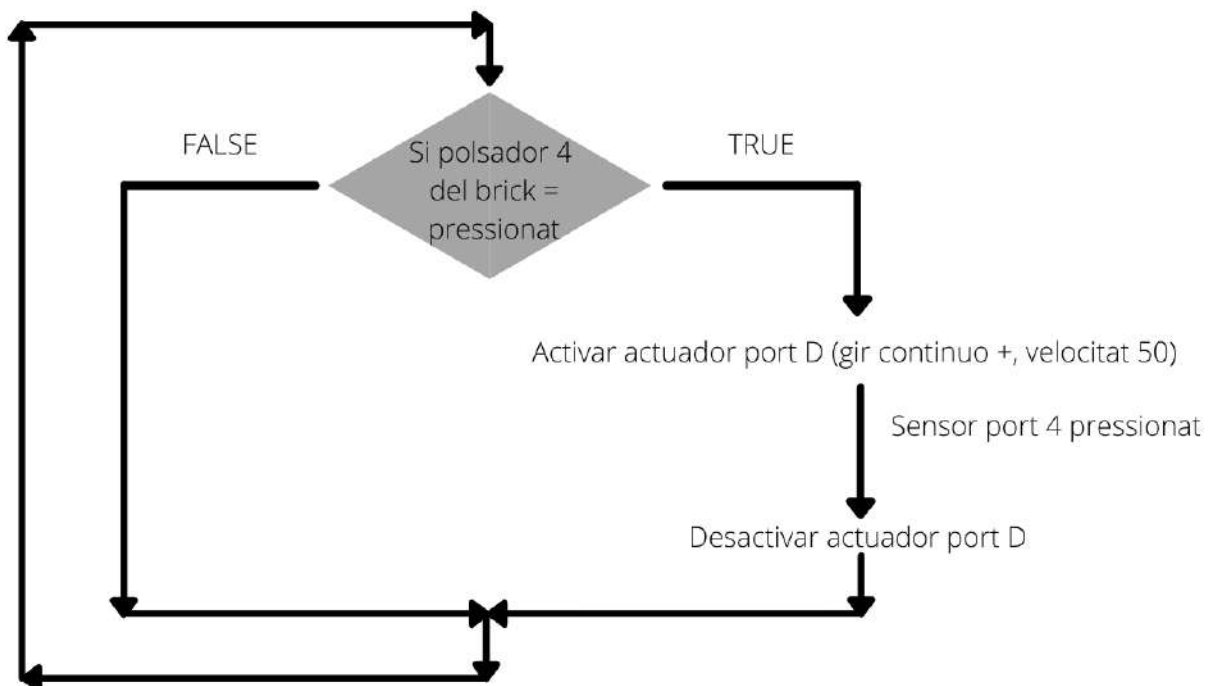


- Retirar cubs blaus i vermells

Programa:

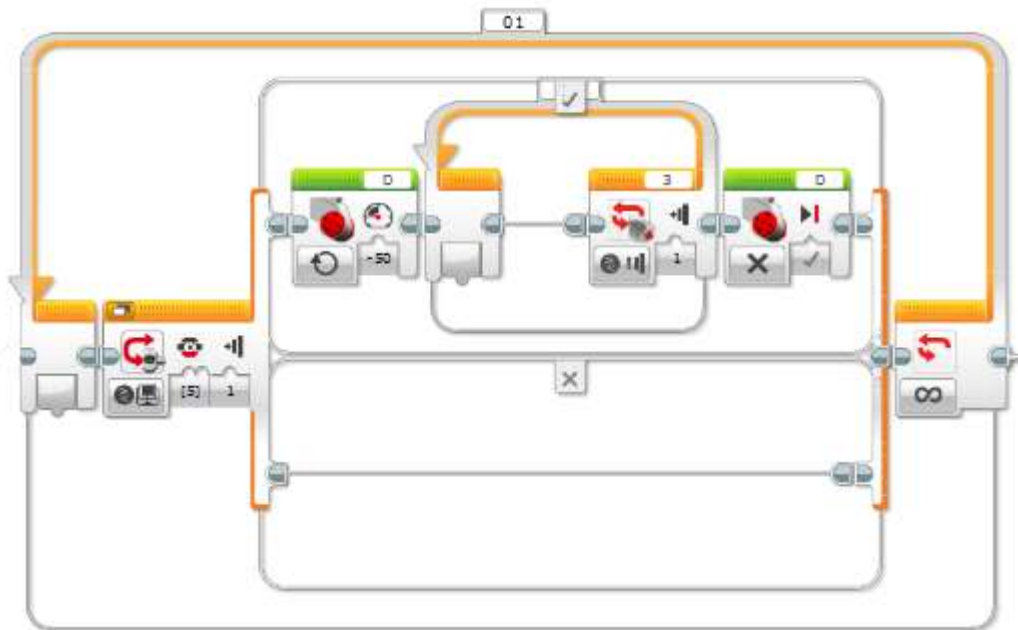


Esquema GRAFCET:

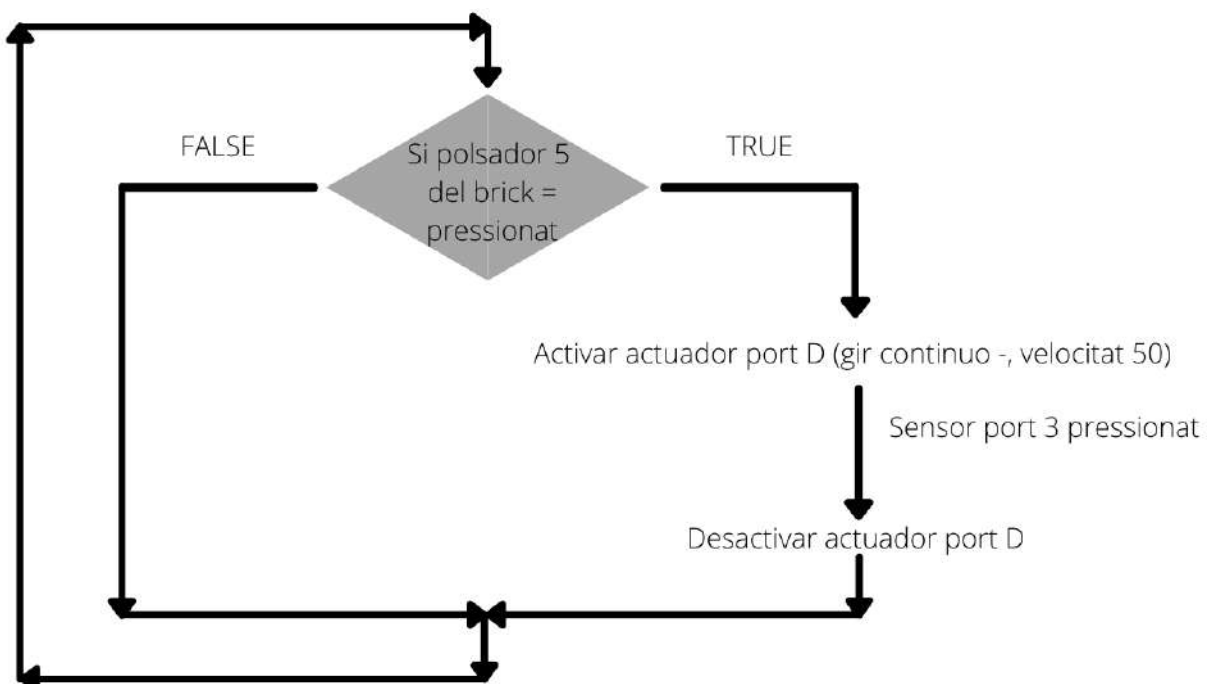


- Retirar cubs gros

Programa:



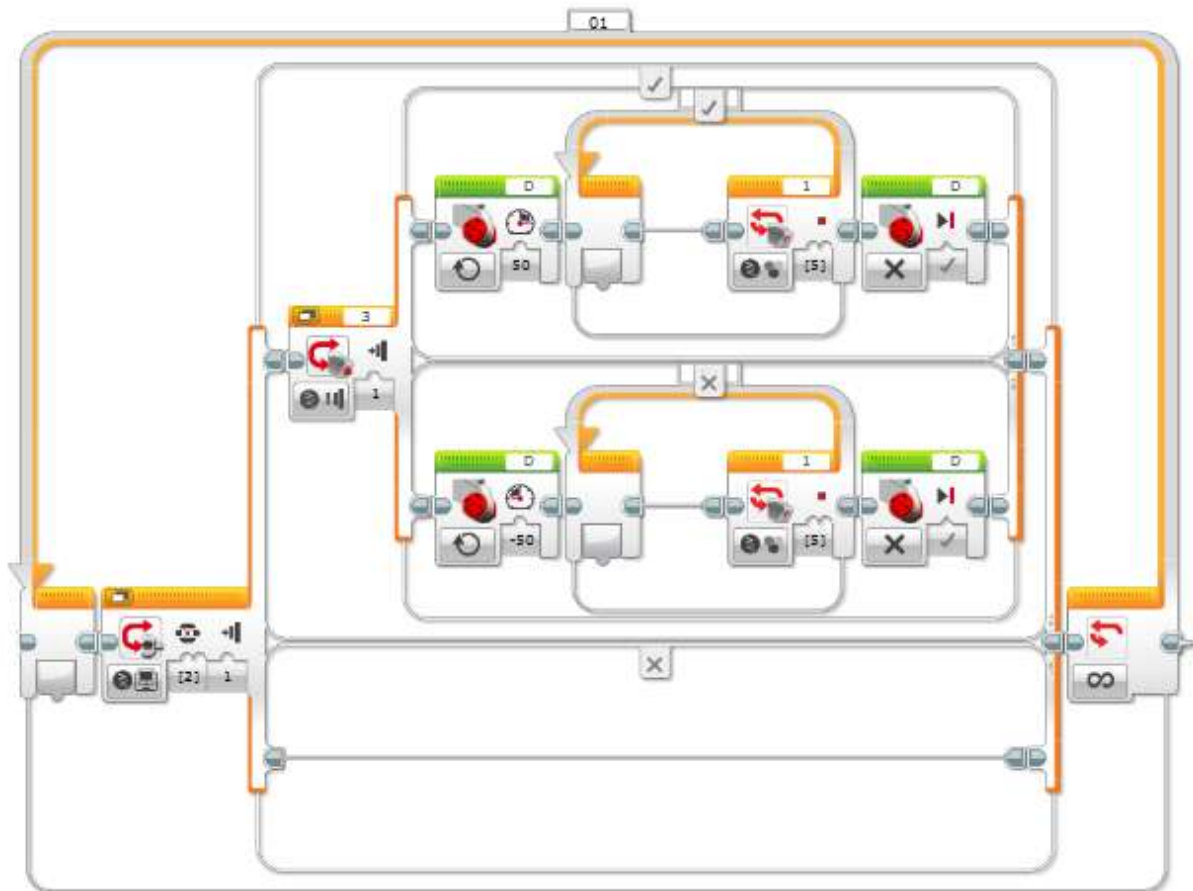
Esquema GRAFCET:



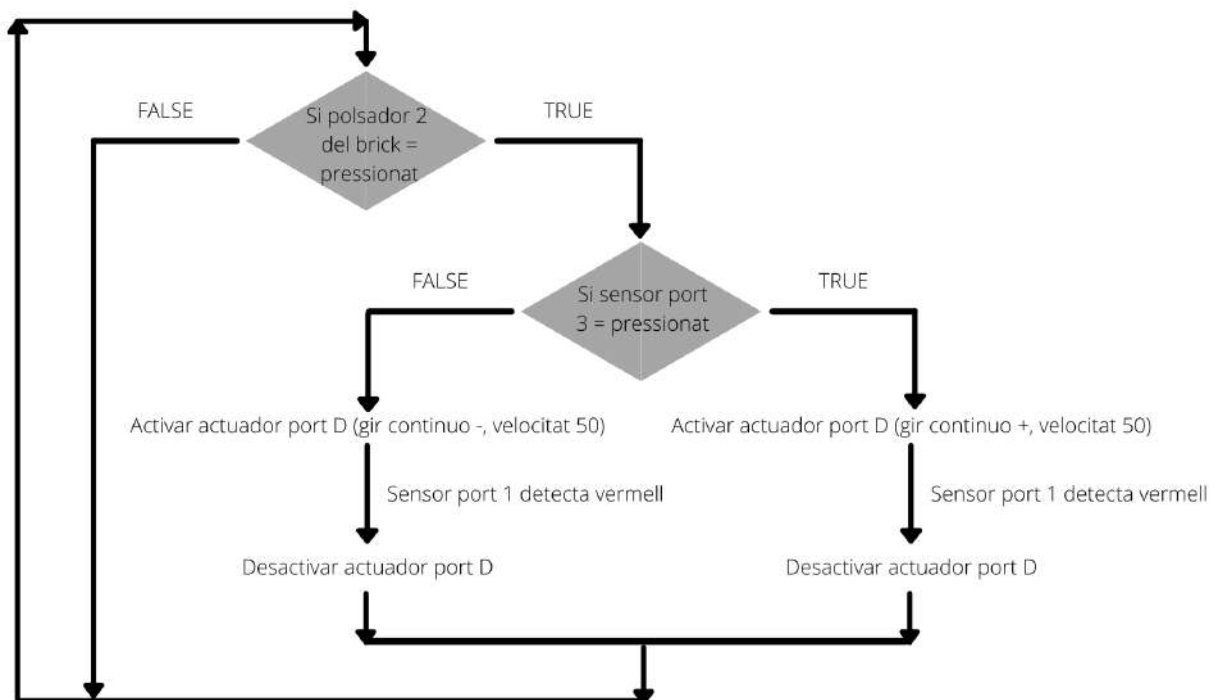


- Retornar a la posició inicial

Programa:

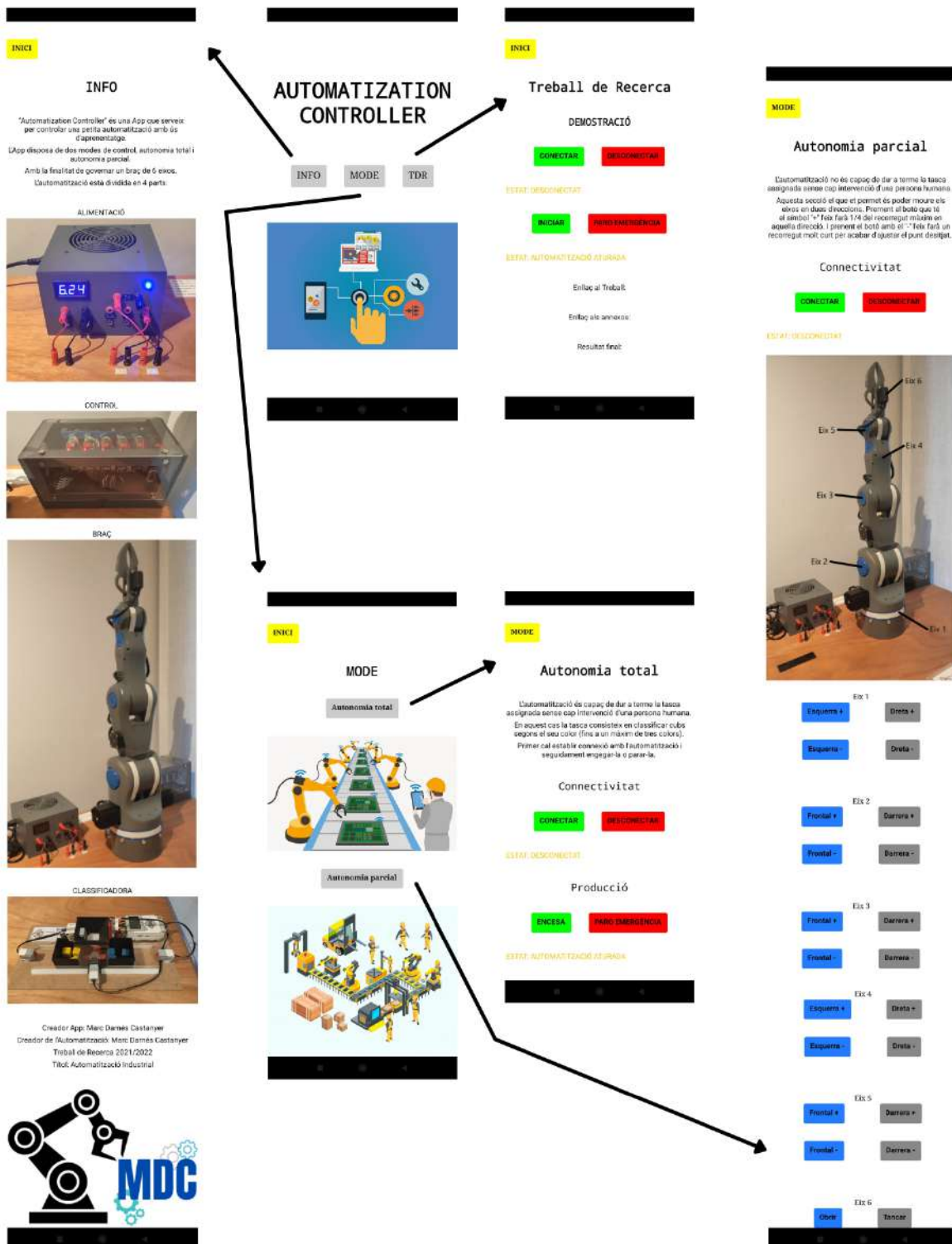


Esquema GRAFCET:



# APP PER CONTROLAR L'AUTOMATITZACIÓ

L'automatització està governada per una App, des d'aquesta es poden executar diferents modes de funcionament, acompanyats d'una petita explicació del que fan, també hi ha informació sobre les parts que componen l'automatització, utilitat principal de l'aplicació, etc. L'App ha set dissenyada utilitzant el programa en línia "App Inventor", al qual investigant i remenant una mica es poden arribar ha fer moltes coses. Després de diverses proves i versions el resultat final de l'App és el següent:



# POSTPROJECTE

---

## Programa definitiu

Els programes definitius es troben als apartats 8 (Programa complet LEGO Mindstorms EV3) i 9 (Programa complet Arduino Mega 2560) del document d'annexos. També es poden descarregar de la següent carpeta:

[https://drive.google.com/drive/folders/1ek80V5nZXWFQ6A5hjl\\_rxJnnAse95tHG?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1ek80V5nZXWFQ6A5hjl_rxJnnAse95tHG?usp=sharing)

## Manual de funcionament i manteniment

En cas que aquesta automatització s'hagués de vendre a algun client o comercialitzar caldria adjuntar-hi un document. Aquest ha de contenir tota la informació sobre el projecte, alguns dels apartats que conté són els següents: Com instal·lar la màquina, com engegar la màquina per primera vegada, el nombre d'operaris que refereix, tasques de manteniment periòdiques...

Enllaç al document:

<https://drive.google.com/file/d/1vz0Gj8TPZYnat7LdWG26ePogRJAkOfI8/view?usp=sharing>

\*Aquest tipus de document, en ser el més important de tots, cal que estigui escrit en la llengua més parlada de la nació, en aquest cas castellà.

---

# CONCLUSIONS

---

L'objectiu que em vaig plantejar a l'inici d'aquest treball de recerca era, dissenyar, construir i programar una petita automatització per a ús educatiu. Vaig fer el disseny utilitzant diferents programes, però el que em va agradar més va ser l'Autodesk Inventor (programa que vaig utilitzar per primera vegada) a causa de la gran amplitud de funcions que proporciona. Per construir l'automatització vaig fer ús de la impressió 3D gairebé en la totalitat de les peces. Finalitzat el treball puc afirmar que l'objectiu general ha estat complet i el resultat compleix les expectatives que tenia.

Abans de començar el projecte vaig escriure unes hipòtesis de partida:

- Seré capaç de dissenyar, construir i programar una automatització?
- És possible construir-la amb impressora 3D?
- Quines són les parts d'una automatització? I la seva funció?
- Podré veure en profunditat en què consisteix el procés automatitzat? I quins usos se li dona?
- Aconseguiré crear una aplicació per governar l'automatització a distància?

Amb el projecte ja acabat penso que he set capaç de dissenyar, construir i programar el treball, i utilitzant, en la major part possible, una impressora 3D (Creality Ender 5). A més a més he aconseguit que tot el procés es pugui controlar des del mòbil utilitzant una aplicació. Per acabar he pogut veure les parts que té una automatització, el seu funcionament, els usos que se li dona i el concepte de procés automatitzat.

El camí per arribar a aquest resultat no ha set fàcil i ha estat ple de problemes i entrebancs, seguidament hi ha una llista dels més importants:

Un d'ells ha set la incorporació de l'app i el Bluetooth que durant força temps no va funcionar a causa del mòdul que utilitzava, un HC-05, segurament per la incompatibilitat entre el mòdul i el programa utilitzat per dissenyar l'app. Finalment per resoldre aquest problema vaig haver de canviar el mòdul per un HC-06, el qual va funcionar a l'instant.

La font d'alimentació que inicialment feia servir es va fer malbé i vaig haver de buscar-ne un altre i fer el canvi, el qual comporta unes quantes hores de feina.

Vaig fer una mala configuració dels drivers, fent que fossin molt precisos però alhora lents, i al final vaig fer un canvi per fer que la precisió "disminuís", però gràcies a això la seva velocitat de treball va augmentar el doble, per fer-ho vaig haver de retocar el programa de 1310 línies de codi.

Durant el muntatge del braç sem va trencar la peça més gran, ja que amb la configuració que la vaig imprimir no era la correcta i va fer que certs punts fossin molt febles (50 hores més d'impressió).

Però gràcies a tots aquests entrebancs he aprofundit més en temes d'electrònica, pel Bluetooth, drivers, programació, disseny amb Autodesk Inventor... I ara dispeno de més coneixements sobre aquestes àrees que abans no havia experimentat.

Per tancar el treball he de dir que m'ho he passat superbé, tant amb la part teòrica com amb la part pràctica. Durant tot el procés he estat en constant aprenentatge, ja que la informació que en tenia al principi era molt superficial, en canvi ara he aprofundit més en aquest àmbit que tant m'agrada. Quan es fa el treball de recerca s'hi inverteixen moltes hores, però a l'haver triat un tema que tant m'apassiona ha fet que les gaudís cadascuna d'elles.

\*Vídeo del resultat final de la part pràctica:

Enllaç:

<https://drive.google.com/file/d/19rKzdOpEXZ0ey7O6r1Y2pdt3lkaAjhUf/view?usp=sharing>

Codi QR:



# BIBLIOGRAFIA

---

## ARTICLES:

---

- BCN3D MOVEO - Un braç robòtic de codi obert imprès en 3D - BCN3D Technologies. Visitat per última vegada 28 Setembre 2020  
<https://www.bcn3d.com/ca/bcn3d-moveo-un-brac-robotic-de-codi-obert-impres-en-3d/>
  - Passat, present i, sobretot, futur de l'automatització de terminals de contenidors - PierNext. Visitat per última vegada 13 Octubre 2020  
<https://piernext.portdebarcelona.cat/ca/tecnologia-ca/passat-present-i-sobretot-futur-de-lautomatizacio-de-terminals-de-contenidors/>
  - Maquina Analítica 1816. Visitat per última vegada 15 Octubre 2020  
<https://maquinaanaliticablog.wordpress.com/2017/08/29/maquina-analitica-1816/>
- 

## PÀGINES WEB:

---

- Automatización industrial - Wikipedia, la enciclopedia libre. Visitada per última vegada 21 Novembre 2020  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n\\_industrial](https://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n_industrial)
  - 3.3.1 Definición y objetivos de la automatización - 152iiGutierrezAldamaSergio. Visitada per última vegada 17 Desembre 2020  
<https://sites.google.com/site/sergioegtza21/3-marcos/3-3-1>
  - AUTOMATIZACIÓ N. Visitada per última vegada 20 Desembre 2020  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
  - El Interruptor Magnetotérmico. Funcionamiento, Curvas, Selectividad. Visitada per última vegada 27 Gener 2021  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/magnetotermico.html>
  - TB6560 Controlador Motor a Pasos - Tutoriales HeTPro. Visitada per última vegada 8 Febrer 2021  
<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/tb6560-controlador-motor-pasos/>
  - Robot, B. Brazo Robot. Visitada per última vegada 10 Febrer 2021  
[http://ingenio-triana.blogspot.com/p/blog-page\\_20.html](http://ingenio-triana.blogspot.com/p/blog-page_20.html)
-

## LLIBRES:

---

- El libro de la automatización- Mitsubishi Electric. Visitat per última vegada 25 Abril 2021  
<https://www.ncsolutions.es/wp-content/uploads/2016/04/El-libro-de-la-automatizacion.pdf>
  - Alberto Brunete, P. Prefacio | Introducción a la Automatización Industrial. Visitat per última vegada 10 Abril 2021  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/prefacio.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/prefacio.html)
- 

## VÍDEO MUNTATGE ROBOT:

---

- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 15 Gener 2021  
<https://youtu.be/h-gtwOP9xv4>
  - Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 28 Febrer 2021  
<https://www.youtube.com/watch?v=Sz4pLOS5GgY>
- 

## STL BRAÇ:

---

- BCN3D MOVEO - A fully OpenSource 3D printed Robot Arm by BCN3D. Visitat per última vegada 5 Desembre 2021  
<https://www.thingiverse.com/thing:1693444/comments>
- 

## VÍDEO PROGRAMACIÓ:

---

- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 15 Gener 2021  
<https://youtu.be/DrmdnLQH44c>
- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 20 Gener 2021  
[Explicació motor pas a pas i com fer-lo servir](#)
- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 18 Febrer 2021  
[Control motor pas a pas amb driver\(anglès\).](#)
- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 17 Març 2021  
<https://youtu.be/EfDOIwilzXQ>
- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 20 Març 2021  
[Com crear Apps amb App Inventor](#)
- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 25 Març 2021  
[Com utilitzar mòdul bluetooth HC-05.](#)

- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 28 Març 2021  
[Com utilitzar mòdul bluetooth HC-25 + app](#)
- 

### VÍDEO DEL FUNCIONAMENT DEL BRAÇ ROBÒTIC:

---

- Vídeo YouTube. Visitat per última vegada 25 Setembre 2021  
<https://youtu.be/2YTb6gWo40Q>
- 

### IMATGES

---

- Fig.1. Rellotge:  
<http://historiaautomatas.blogspot.com/2010/06/grecia-v-ctesibio.html>
- Fig.2. Mecanisme:  
[https://www.youtube.com/watch?v=Nf\\_krPIUWvA](https://www.youtube.com/watch?v=Nf_krPIUWvA)
- Fig.3. Despertador de Plató:  
<https://historiasdelahistoria.com/2015/10/27/sabias-que-el-despertador-lo-invento-e-l-filosofo-planton>
- Fig.4. Molí de Filón:  
<http://historiaautomatas.blogspot.com/2010/06/grecia-ii-filon-de-bizancio.html>
- Fig.5. Cambrera de Filón:  
<http://historiaautomatas.blogspot.com/2010/06/grecia-ii-filon-de-bizancio.html>
- Fig.6. Rentamans:  
<http://historiaautomatas.blogspot.com/2010/06/grecia-ii-filon-de-bizancio.html>
- Fig.7. Eolípila:  
[https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-La-eolipila-de-Heron-Qe-es-el-calor-de-entrada-Qs-el-calor-de-salida-y-W-es\\_fig1\\_344695629](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-La-eolipila-de-Heron-Qe-es-el-calor-de-entrada-Qs-el-calor-de-salida-y-W-es_fig1_344695629)
- Fig.8. Mecanisme per obrir portes:  
<https://www.grbautomatics.es/las-primeras-puertas-automaticas-de-la-historia/>
- Fig.9. Cargol d'Arquimedes:  
<http://tecnosiverafont.weebly.com/mecanismos.html>
- Fig.10. Màquina d'Antiquitera:  
<https://computerhoy.com/noticias/hardware/ordenador-mas-antiguo-del-mundo-tiene-2000-anos-antiguedad-36467>  
<https://hechoderetazos.wordpress.com/2015/09/08/mecanismo-de-anticitera/>
- Fig.11. Gall d'Estrasburg:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/breve-historia-de-la-automatica.html#edadmedia](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/breve-historia-de-la-automatica.html#edadmedia)
- Fig.12. Fonts de Banu Musa:  
<http://historiaautomatas.blogspot.com/2010/06/s-ix-dc-hermanos-banu-musa.html>



- Fig.13. Font Royaltarki:  
<http://historiautomatas.blogspot.com/2010/06/s-xii-al-jazari.html>
- Fig.14. Rellotge de l-Hsing:  
<http://historiautomatas.blogspot.com/2010/06/s-viii-dc-relojes-chinos.html>  
<http://www.eduardfarre.com/xina/xina6.html>
- Fig.15. Ànec de Vaucanson:  
<https://medium.com/@hchsz/vaucansons-mechanical-duck-e6f3e6319102>
- Fig.16. Telar de Jacquard:  
<http://www.tugurium.com/gti/termino.php?Tr=Jacquard%20loom>
- Fig.17.Regulador de Watt:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatiza/breve-historia-de-la-automatiza.html#edadmoderna](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatiza/breve-historia-de-la-automatiza.html#edadmoderna)
- Fig.18. Màquina analítica de Babbage:  
<https://maquinaanaliticablog.wordpress.com/2017/08/29/maquina-analitica-1816/>
- Fig.19. Invents de Leonardo Torres Quevedo:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatiza/breve-historia-de-la-automatiza.html#edadcontemporanea](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatiza/breve-historia-de-la-automatiza.html#edadcontemporanea)
- Fig.20.Exemple de màquina auto-replicant:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina\\_autorreplante](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_autorreplante)
- Fig.21-25. Treball cooperatiu entre home i màquina:  
<https://www.staubli.com/es-es/robotics/product-range/6-axis-scarra-picker-industrial-robots/6-axis-robots/tx2-40/>
- Fig.26. Sensor PIR:  
<https://www.manomano.es/p/detector-de-movimiento-pared-efilux-180-7070422>
- Fig.27. Sensor RFID:  
<http://www.nti.es/rfid/>
- Fig.28. Sensor de fum:  
<https://tecalisa.net/detectores-de-incendios-para-negocios/>
- Fig.29. Sensor magnètic:  
<https://www.sensormeasurement.com.au/sensor-products/magnetic-sensors-ex/>
- Fig.30.Flux de la informació en els sistemes:
- Fig.31.Màquina eina:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatiza/automatizacionindustrial.html#automatapl](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatiza/automatizacionindustrial.html#automatapl)
- Fig.32.Màquina transfer:  
<https://www.afm.es/es/maquinas-especiales-maquinas-transfer-mecanizado-lazpiur06>
- Fig.33.Braç ABB:  
<https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-5400>
- Fig.34.Piràmide de l'automatització:

- [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/piramideautomat.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/piramideautomat.png)
- Fig.35.Sistema de producció industrial:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/arquitecturasistemaprod.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/arquitecturasistemaprod.html)
  - Fig.36.Salt de la tecnologia cablejada a la programable:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/transicioncableadaprogramable.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/transicioncableadaprogramable.png)
  - Fig.37.Exemple de SCADA:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/SCADAAnimation.gif](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/SCADAAnimation.gif)
  - Fig.38.Sistema de control en bucle obert:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/controlbucleabierto.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/controlbucleabierto.png)
  - Fig.39.Sistema de control en bucle tancat:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/controlbuclecerrado.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/controlbuclecerrado.png)
  - Fig.40.Sistema de control seqüencial:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/controlsecuencial.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/controlsecuencial.png)
  - Fig.41.Sistema de control digital directe:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/controldd.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/controldd.png)
  - Fig.42. Control seqüencial i control continu en un dipòsit d'aigua:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/intro/controldepositos.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/intro/controldepositos.png)
  - Fig.43. Relé:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/sensores/rele1.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/sensores/rele1.png)
  - Fig.44. Contactor:  
<https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/amrandado/funcionamiento-y-tipos-de-contactor-mas-usuales-en-las-imetf/>
  - Fig.45. Magnetotèrmic, efecte tèrmic:  
<http://www.tecnobloc.com/interruptor-magnetotermic/>
  - Fig.46. Magnetotèrmic, efecte magnètic:  
<http://www.tecnobloc.com/interruptor-magnetotermic/>
  - Fig.47. Parts d'un motor elèctric:

<https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico>

- Fig.48. Sistema de producció d'aire comprimit:  
<https://sites.google.com/site/0013mariamc/home/distribucion-y-acondicionamiento-del-aire-comprimido>
  - Fig.49. Cilindre d'efecte simple:  
[http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros\\_Neum%C3%A1ticos](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros_Neum%C3%A1ticos)
  - Fig.50. Cilindre de doble efecte:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/sensores/cilindroneumaticoDE.gif](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/sensores/cilindroneumaticoDE.gif)
  - Fig.51. Vàlvula 5/2 ⇒ Funcionament i representació segons el conveni:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/sensores/valvula52.gif](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/sensores/valvula52.gif)
  - Fig.52. Braç robòtic FESTO, amb motors pneumàtics:  
<https://i.pinimg.com/originals/97/82/84/9782842c46c4be15464cced0feb9de01.jpg>
  - Fig.53. Exemple d'actuadors hidràulics: Excavadora, motor, grua:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/sensores/acthidraulicos.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/sensores/acthidraulicos.png)
  - Fig.54. Precisió VS Exactitud:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/Figuras/sensores/precisionexactitud.png](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/Figuras/sensores/precisionexactitud.png)
-





# ANNEX





# ÍNDEX

1. Muntatge font d'alimentació.....	1
2. Muntatge caixa electrònica.....	4
3. Muntatge pinça.....	7
4. Muntatge braç.....	9
5. Muntatge classificadora.....	45
6. Esquema elèctric Arduino.....	51
7. Esquema elèctric LEGO Mindstorms EV3.....	52
8. Programa complet LEGO Mindstorms EV3.....	53
9. Programa complet Arduino Mega 2560.....	54

\*Els fitxers STL que són necessaris en els apartats 1, 2, 3, 4 i 5 d'aquest annex es poden trobar al següent enllaç:

[https://drive.google.com/drive/folders/1I5c\\_hWECEW404jmfjKwUS5\\_e9NHXEsE?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1I5c_hWECEW404jmfjKwUS5_e9NHXEsE?usp=sharing)

\*Els programes dels apartats 8 i 9 es pot descarregar des del següent enllaç:

[https://drive.google.com/drive/folders/1ek80V5nZXWFQ6A5hjl\\_rxJnnAse95tHG?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1ek80V5nZXWFQ6A5hjl_rxJnnAse95tHG?usp=sharing)

## 1. MUNTATGE FONT D'ALIMENTACIÓ: (AMB CONNEXIÓ FIXA I REGULABLE)

En aquest apartat podeu trobar pas per pas els components i passos a seguir per poder muntar una font d'alimentació, que disposarà de les següents connexions:

\*A més d'una regulable d'entre 1,3 i 11,2V.

### 1.1. OBTENCIÓ D'UNA FONT DE PC

Primer de tot necessitem obtenir una torre d'ordinador, d'aquesta només ens interessa la font que alimenta tot el sistema, per tant pot ser de la deixalleria, o en el meu cas vaig anar a una botiga d'electrònica i els vaig demanar si tenien una font sense ús que em poguessin donar. Quan tinguem la font el que farem és comprovar que funciona i està en un mínim de bon estat, després la desmuntem per complet, de tal manera que tinguem una placa amb molts de fils en una de les seves cantonades.

### 1.2. MASSA

Una vegada disposem de la placa en condicions la posarem del revés, i amb quatre cables unirem les quatre puntes de la placa, just al costat on va enroscar el cargol per subjectar la placa, la unió la farem amb soldadura d'estany. D'aquest circuit que hem fet en sortirà un cable que anirà a l'endoll de la font i serà el massa, d'aquesta manera si hi ha un curtcircuit o algú se'n rampa saltarà el diferencial.

### 1.3. PREPARAR CABLES

Seguidament tornarem a posar la placa a la posició inicial, agrupar tots els cables per colors, fent que quedin el màxim de ven posats (taronja = 3.3V, vermell = 5V, groc = 12V, negre = GND (en farem 4 grups)). A cada cable li pelem una mica la punta i els grimpem entre ells.

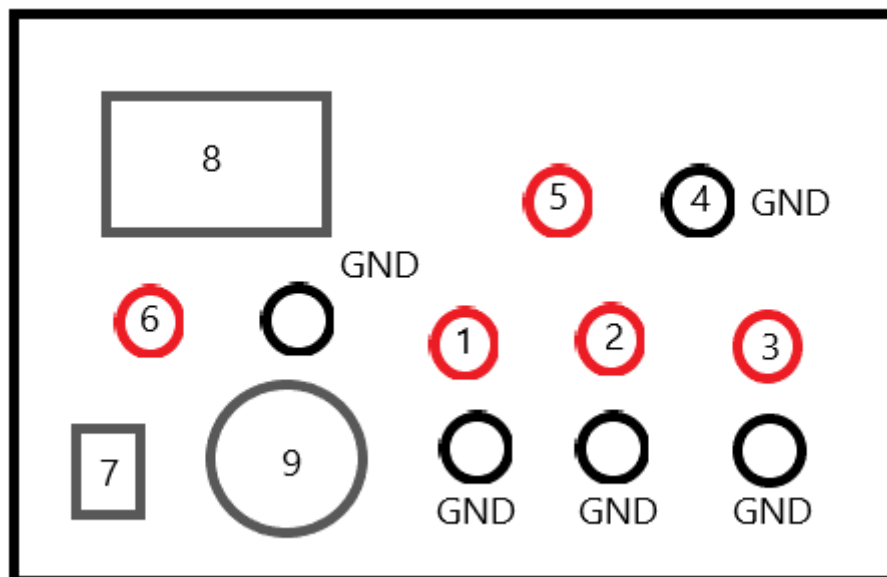
### 1.4. CAIXA

Una vegada tinguem els passos anteriors fets necessitem el següent material:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>Font V 2.0</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>Potes font</b> )	4
Peça impresa (nom STL: <b>Separadors font</b> )	4
Connector femella vermell	5
Connector femella negre	5
Led blau	1
Resistència 220 ohms	1



Primer de tot agafarem la peça impresa, Font V 2.0, posarem la placa en posició, marcarem els quatre forats per on han de passar els cargols hi amb una broca de 4 mm farem els forats. Després agafarem les peces impreses, potes font, els hi passarem un cargol de M3, després les farem passa pels forats que hem fet a la base de la caixa, els hi posarem a sobre les peces amb nom separadors font i per últim la placa a sobre collada amb femelles per a M3. D'aquesta manera ja tenim les quatre potes de la font i la placa reposant en el seu interior. Seguirem col·locarem un led per saber si la font funciona correctament en engegar-la. Agafarem un cable taronja i un de negre i hi soldem el LED amb la resistència de 220 ohms. Una vegada fet això passarem tots els cables al compartiment de la part del davant, si es vol s'hi pot posar una funda per tenir-los més agrupats. Posarem cada grup de cables grimpat en el seu forat corresponent i amb el connector femella corresponent, tal com es pot veure a continuació.



1. Cables color taronja = 3.3V
2. Cables color vermell = 5V
3. Cables color groc = 12V
4. Cable color blau = GND per fer 24V
5. Cable groc = 12V + GND (nº4) = 24V
6. Sortida regulable
7. Interruptor = S'ha de col·locar entre un cable negre i un únic de color verd
8. Voltímetre (Sortida regulable)
9. Potenciòmetre (Sortida regulable)
10. El LED es pot posar a on es vulgui fent un forat amb una broca de 5mm, en el meu cas el tinc a la part superior dreta.

Al darrere de la font hi trobem un forat rectangular, en aquest per la part interior hi collarem el connector per poder connectar la font a 220V, cal fer els forats a mida i després collar-lo amb dos cargols i dues femelles del mètric adequat.

### 1.5. TAPA

Per fer la tapa de la font necessitem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: Tapa font V 2.1)	1
Imants (d=1cm, g=2mm)	8
Suports imants, forma L	4
Ventilador de la font	1
Cargols del mateix ventilador	4

Comencem agafant la caixa de la font, a cada cantonada hi posarem una peça en forma de L, pot ser metalica, de plàstic... I a sobre d'aquesta un dels 8 imants, cal assegurar-nos que entre l'imant i la part més alta de la caixa hi hagi dos mil·límetres de diferència (espai per als imants de la tapa). Ara agafarem la tapa, posarem el ventilador en la seva posició i farem els quatre forats per collar-lo amb els cargols. Una vegada fet això cal connectar el ventilador a la placa, en cas que no estigui fet el connectarem al seu lloc (normalment tenen una connexió expressa que es pot posar i treure al costat dels cables), posarem els quatre imants que ens queden sobre els quatre ja posats, a sobre d'aquests un punt de cola i a sobre la tapa. Deixarem que els imants s'enganxin a la tapa i després ja es podrà posar i treure.

### 1.6. FONT D'ALIMENTACIÓ

Per acabar la font posem etiquetes a cada sortida per saber el voltatge que hi passa, excepte la regulable. Una vegada endollada la font encenem l'interruptor. Si el ventilador o el LED s'encenen senyals que la font funciona (cal que funcionin els dos indicadors si no vol dir que o al ventilador no li arriba corrent, o està espatllat i per al LED el mateix). En cas que no funcionin podem mirar amb un tester si a les sortides hi arriba voltatge, en cas que no és perquè algun component està fet malbé, a causa de la complexitat de l'aparell és millor aconseguir-ne un altre, ja que arreglar-lo és molt complicat.

## 2. MUNTATGE CAIXA ELECTRÒNICA:

En aquest apartat es pot veure com muntar la caixa on hi posarem tots els components relacionats amb el control del braç, components com els drivers TB6560, Arduino mega 2560, mòdul de Bluetooth...

### 2.1. CAIXA CABLES (INFERIOR)

La caixa que muntarem estarà dividida en dues parts, la superior (components) i la inferior, els cables que ho connecten. En aquest apartat el que farem és muntar el compartiment inferior, per fer-ho ens cal el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>2.1.1</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.1.2</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.1.3</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.1.4</b> )	1
Xarnera	2

Per començar agafarem la peça 2.1.1 i 2.1.2, les unirem entre elles utilitzant algun tipus de cola resistent com pot ser Loctite o semblant. Farem el mateix amb les peces 2.1.3 i 2.1.4. Una vegada tinguem les peces unides veurem que la primera és una base i la segona la tapa d'aquesta. Per poder unir aquestes dues parts ens caldran dues xarneres, primer enganxarem una de les dues bandes mòbils que té a la base (ja hi ha una zona per enganxar-la) i una vegada estigui enganxada unirem l'altra banda a la tapa. D'aquesta manera tindrem una caixa que es pot obrir i tancar sense problemes.

### 2.2. CAIXA CONTROL (SUPERIOR)

En aquest segon apartat el que farem és muntar el compartiment superior, per fer-ho ens cal el següent material:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>2.2.1</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.2.2</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.2.3</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.2.4</b> )	1

Peça impresa (nom STL: <b>2.2.5</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.2.6</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.2.7</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.2.8</b> )	6
Ventilador 120x120mm	1
Ventilador 80x80mm	2

Primer de tot agafarem les peces 2.2.1, 2.2.2, posarem els dos ventiladors de 80x80mm al seu lloc corresponent i farem els forats per collar-los a les peces. Seguidament farem el mateix amb la peça 2.2.3 i el ventilador de 120x120mm. Una vegada tinguem els forats fets començarem el muntatge del compartiment superior. Per començar unim la peça 2.2.1 i 2.2.2 entre elles, una vegada estigui fet hi unirem la peça 2.2.3 (a la banda esquerra) i la 2.2.4 (a la banda dreta). Quan tinguem aquests laterals units els enganxarem a la tapa del compartiment inferior, de tal manera que el lateral amb dos ventiladors quedi a la mateixa banda que les xarneres. Seguirem col·locant els tres ventiladors a la seva posició, amb els seus cargols corresponents i després agafarem les peces 2.2.8 i les enganxarem a les 6 cantonades lliures del compartiment superior (per donar més rigidesa a la caixa). Per acabar aquest apartat col·locarem la peça 2.2.7 al centre de la caixa i tocant a la paret del fons, la peça 2.2.6 a 5 cm del frontal i el lateral dret i per últim la peça 2.2.5 dins de dos suports que ja hi ha a la base de la caixa superior.

### **2.3. FRONTAL (CAIXA SUPERIOR)**

En aquest pas acabarem de tancar el compartiment superior, muntant la zona frontal de la caixa.

<b>Descripció / Components</b>	<b>Unitats</b>
Peça impresa (nom STL: <b>2.3.5</b> )	*
Peça impresa (nom STL: <b>2.3.1</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.3.2</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.3.3</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>2.3.4</b> )	1

\*En cas que la impressora pugui imprimir la peça 2.3.5 ja no serà necessari imprimir les altres, però en cas que no pugui caldrà imprimir-ho per separat.

Si s'ha pogut imprimir l'STL 2.3.5 l'únic que caldrà fer és enganxar la peça a la part frontal del muntatge que hem fet a l'apartat anterior. En cas que no haurem d'imprimir les altres peces, unir-les entre si i després enganxar-ho a la zona corresponent.

#### 2.4. METACRILAT

Descripció / Components	Unitats
Imants (d=1cm, g=2mm)	22
Peça impresa (nom STL: <b>2.4</b> )	2
*Metacrilat tapa	1
*Metacrilat frontal	1

\*Mides metacrilat tapa  $\Rightarrow$  272x150x2mm

\*Mides metacrilat frontal  $\Rightarrow$  272x125x2mm

Per tenir enllestida la caixa que contindrà l'electrònica cal acabar de posar hi unes tapes i fixar la caixa inferior amb la superior. Les tapes les agafarem amb 4 imants a la part interior i 4 a l'exterior, tant al frontal com a sobre. A la caixa inferior hi posarem les dues peces impreses, a les dues cantonades frontals, i a sobre de cada una 3 imants en fila. A la caixa superior posarem unes barres de metall que s'uniran amb els tres imants posats abans, fent que les dues caixes quedin com a una, d'aquesta manera es podrà accedir a una caixa traient els metacrilats i a l'altre gràcies a la xarnera i els imants.

### 3. MUNTATGE PINÇA:

En el punt 3 s'explica com muntar la pinça, accessori que es trobarà a la punta del braç, però que pot ser substituït per algun altre, com per exemple una ventosa.

Perquè sigui més fàcil el muntatge de la pinça es poden seguir els passos del següent vídeo, tot i que no són ben bé els mateixos que a continuació.

Enllaç vídeo (mirar a partir dels 12'30''):

<https://www.youtube.com/watch?v=Sz4pLQS5GgY>

#### 3.1. PINCES

En aquest primer pas muntarem les dues peces que farem servir per fer la pinça i aconseguir agafar objectes. Per fer-ho ens cal el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>3.1.1</b> )	2
Peça impresa (nom STL: <b>3.1.2.0</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>3.1.2</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>3.1.3.0</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>3.1.3</b> )	1

Primer de tot agafem la peça impresa 3.1.2.0 i 3.1.2 (nom muntatge P1), aquestes dos es poden unir gràcies a uns relleus que tenen (igual que les peces 3.1.3.0 i 3.1.3 (nom muntatge P2)), en el meu cas he hagut d'utilitzar un martell i una mica de sabó, ja que unir-les amb les mans no es podia. Havent ajuntat les peces ja només en queda agafar les peces 3.1.1 i posar-ne una a cada conjunt resultant de la unió anterior, a dos forats cilíndrics que hi ha.

#### 3.2. SERVOMOTOR

En aquest pas muntarem el servomotor, que s'encarrega d'obrir i tancar les dues peces que hem muntat a l'apartat anterior, necessitem el material següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>3.2.1</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>3.2.2</b> )	1
Servomotor	1
Cargol M3x25mm	1

Femelles M4	1
-------------	---

Per començar agafarem la peça 3.2.1, a la part inferior hi veurem un forat amb forma de femella a un extrem, n'hi posarem una de M4. Seguidament posarem el servomotor, el posarem a la part inferior de la peça i fent que la banda de l'eix quedi a l'extrem oposat a la femella col·locada anteriorment. Collarem el servomotor a la peça gràcies a uns forats que hi ha i utilitzant els cargols que ens venen amb el mateix servo. Per acabar aquest pas col·locarem la peça 3.2.2 (engranatge) sobre l'eix del servo, els unirem utilitzant un cargol de M3 x 25mm.

### 3.3. ESTRUCTURA I UNIÓ

Seguidament s'explica com munta l'estructura de la pinça, utilitzant els resultats obtinguts en els passos anteriors i altres materials. També acabarem d'unir totes les peces entre si per tenir una pinça rígida i funcional.

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>3.3</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>3.1.1</b> )	2
Cargol M4x40mm	1
Cargol M3x20mm	2
Femella M3	2

Per acabar el muntatge agafarem el conjunt muntat al pas 3.2, sobre l'extrem on es troba la femella hi posarem el següent i en el mateix ordre: peça 3.1.1, muntatge P1 (part llisa mirant avall), muntatge P2 (part llisa mirant avall), peça 3.1.1, peça 3.3. Aquesta última peça es collarà amb dos cargols de M3 i dues femelles a la peça on hi ha el servo, i al forat de la punta hi passarem un cargol de M4 per collar totes les peces de la llista anterior. Arribats a aquest punt ja tindrem la pinça muntada.

\*Depenent de la manera que es vulgui agafar a l'extrem del braç ens caldrà fer alguna mena d'adaptador.

## 4. MUNTATGE BRAÇ:

En aquest punt 4 s'explica pas per pas el material necessari i el que cal fer per dur a terme el muntatge del braç de 5 eixos amb un bon resultat, tota l'explicació està acompanyada d'il·lustracions perquè sigui més fàcil el seu muntatge.

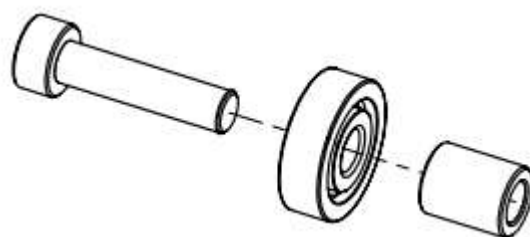
### 4.1. BASE DEL ROBOT (EIX 1)

#### 4.1.1

El primer pas que cal dur a terme per muntar la base del robot és preparar els rodaments per col·locar-los a la peça impresa més endavant, per fer-ho cal que tinguem a mà els següents components:

Descripció / Components	Unitats
Cargol M5x20mm	8
Rodament 5mmx16mmx5mm	8
Coixinet autolubricat 5mmx10mm	8

El muntatge és molt simple. Primer de tot cal agafar un dels cargols de M5, en aquest hi posarem un dels rodaments de tal manera que quedi tocant el cap del cargol i la rosca passi pel mig del rodament, per últim hi col·loquem un coixinet autolubricat de llautó. El resultat d'aquest primer pas hauria de quedar com el de la il·lustració següent:



Cal repetir aquest procés fins a obtenir 8 conjunts de peces iguals que l'anterior.

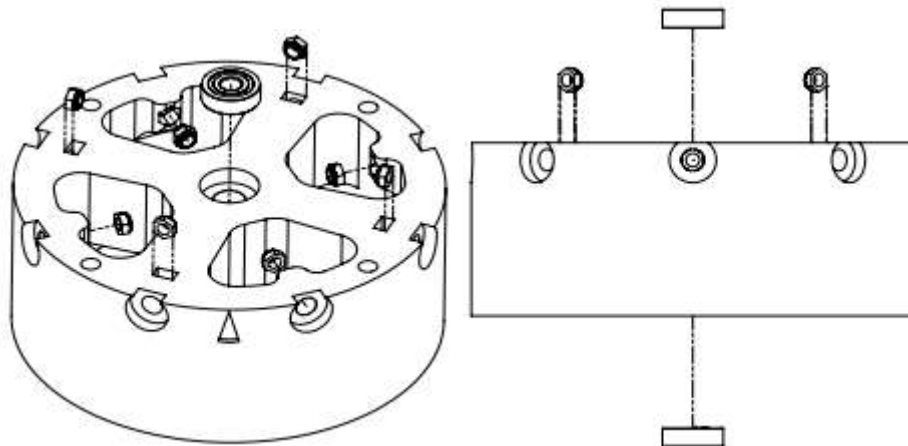


#### 4.1.2

En aquest segon pas prepararem una de les peces impreses per poder-hi col·locar els rodaments (fets al pas 4.1.1), per fer-ho serà necessari que la peça ja estigui completament llimada, polida i pintada del color desitjat. Una vegada fet això agafarem els següents components i començarem el muntatge:

Descripció / Components	Unitats
Femella M5, preferiblement autoblocant	8
Rodament 8mmx22mmx7mm	2
Base (nom STL: <b>4.1.2</b> )	1

En primer lloc agafarem la peça (amb nom **4.1.2**) que ens serà la base del braç, hi col·loquem les femelles de M5 en els quatre petits forats superiors i els altres quatre que es posen des dels forats interiors de la peça (a la imatge es poden apreciar els forats indicats). A més a més col·locarem dos rodaments al centre de la peça (un des de la part superior i l'altre des de la inferior), de tal manera que l'eix que hi passi pugui rodar lliurement i amb el mínim fregament possible. A les dues imatges següents podem veure la posició exacta dels dos rodaments i les femelles.

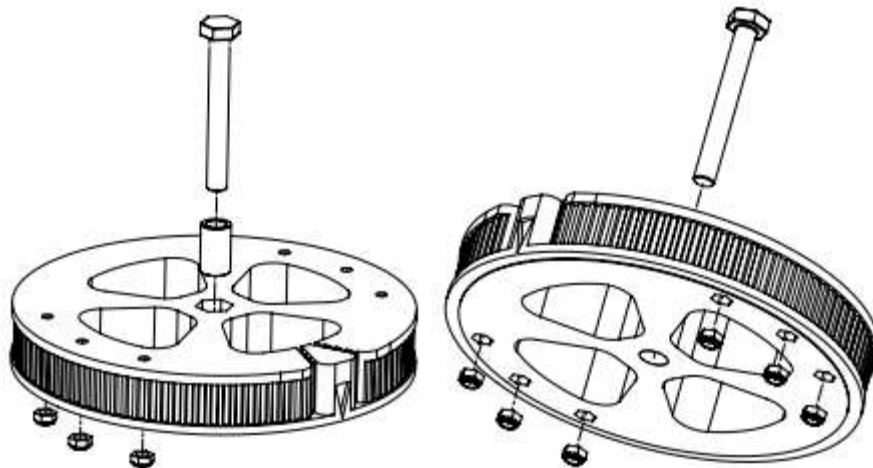


### 4.1.3

Gràcies als dos passos anteriors disposarem d'una base resistent i amb el mínim fregament possible. En aquest pas muntarem la peça del braç que serà una encarregada de fer-lo rotar i necessitarem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Cargol M8x65mm (cabota hexagonal)	1
Femella autoblocant M4	6
Coixinet autolubricat 8mmx20mm	1
Base rotatòria (nom STL: <b>4.1.3</b> )	1

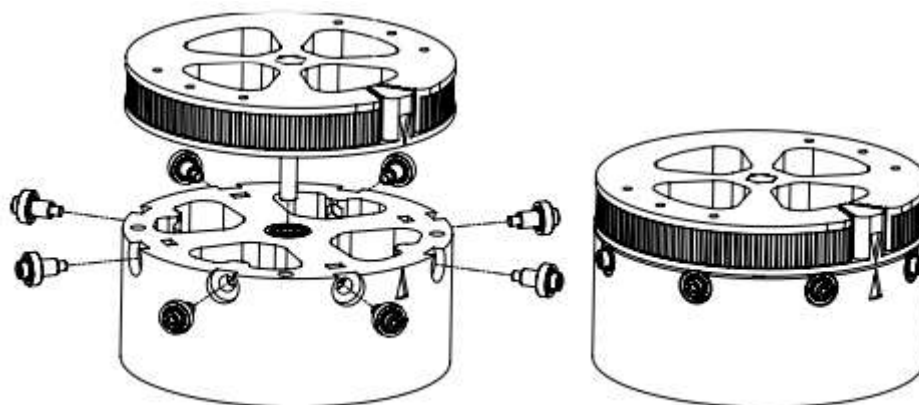
Començarem el muntatge agafant la peça amb nom **4.1.3**, al centre de la peça hi col·loquem el coixinet autolubricat (en cas que amb les mans no entrés podem llimar/fer un per al més gran el forat o ajudar-nos amb un martell per tal que el coixinet quedi en la posició correcta). Seguirem col·locant les sis femelles autoblocants de M4 per la part inferior de la peça, en cas que alguna d'elles no s'aguantés (ja que no hi hagués suficient pressió entre ella i la peça) podem posar-hi una petita gota de cola. Per acabar aquest pas farem passar la rosca del cargol de M8 per l'interior del coixinet autolubricat de tal manera que aquest travessa tota la peça i la cabota del cargol quedi dins el forat de forma hexagonal. El resultat hauria de ser com el següent:



#### 4.1.4

En aquest quart pas agruparem els tres anteriors passos, de tal manera que tindrem gairebé finalitzat el primer eix que disposarà el braç. Per això necessitem el pas 4.1.1, 4.1.2 i 4.1.3.

Començarem el muntatge col·locant al centre de la taula (o l'espai que s'estigui fent el projecte) el pas 4.1.2 (la base del braç). Seguidament el que farem és agafar el conjunt de peces fet al pas 4.1.1, una per una les anirem cargolant a les femelles que té incorporades la peça base de tal manera que els rodaments quedin lliures, rodin de manera fluida i sense cap interrupció (en cas que algun d'ells rodés malament per culpa de la peça impresa en 3D es pot llimar el forat on queda col·locat el rodament després de cargolar-lo, o mirar d'afluixar una mica el cargol que el subjecte). Com a últim pas per tenir finalitzat el muntatge dels tres passos anteriors agafarem el pas 4.1.3, per col·locar-lo farem passar la rosca del cargol pel forat central que travessa la peça base, la rosca del cargol hauria de sortir entre un centímetre i mig, ja que més endavant li cargolarem una femella de M8 (no es fa en aquest pas perquè en el moment en què es cargola la base a una fusta, com pot ser en el meu cas, cal tenir part de la peça sola. (entrarem dins el tema més endavant)). En les següents dues imatges podeu veure el resultat que s'hauria d'haver obtingut seguint els anteriors passos:

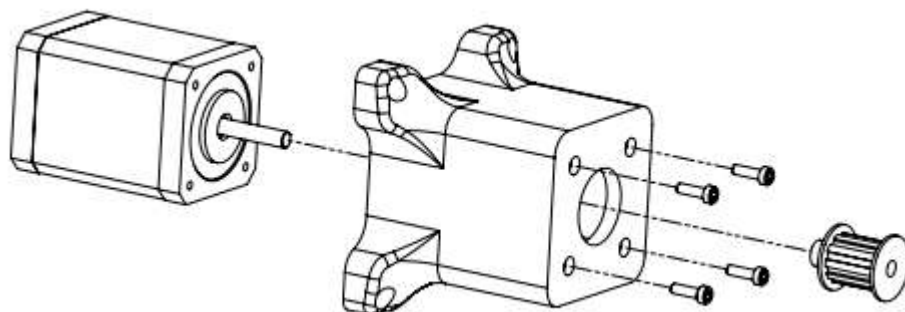


#### 4.1.5

Per anar acabant el muntatge de la base on sostindrem tot el braç i que aquest serà un eix de rotació, cal muntar-hi un motor, el qual serà l'encarregat de fer el moviment. Per dur-ho a terme necessitem els següents components:

Descripció / Components	Unitats
Subjecció del motor (nom STL: <b>4.1.5</b> )	1
Motor NEMA 17	1
Cargol M3x10mm	4
Politja (nom STL: <b>4.1.5 politja</b> )	1

Quan tinguem a mà els components de la llista anterior podrem iniciar l'últim muntatge per tenir la base acabada. En primer lloc agafarem la peça **4.1.5** i el motor NEMA 17 ("gran", mides 42mmx42mmx48mm), col·locarem el motor a l'interior de la peça, de tal manera que l'eix de rotació surti fora de la peça i el cable del motor no estigui mal col·locat (així evitarem possibles males connexions entre el motor i el driver). Per collar el motor a la peça necessitarem els 4 cargols, aquests es cargolaran a una femella que porta incorporada el motor i faran que aquestes dues peces quedin com una. Per últim col·locarem a pressió la politja impresa (STL: **4.1.5 politja**), en cas que amb el temps la politja perdés aquesta pressió se li pot posar una punta de cola o fins i tot cargolar-li un cargol per estrènyer la politja contra l'eix del motor. A la imatge següent es pot veure el muntatge d'aquesta secció:

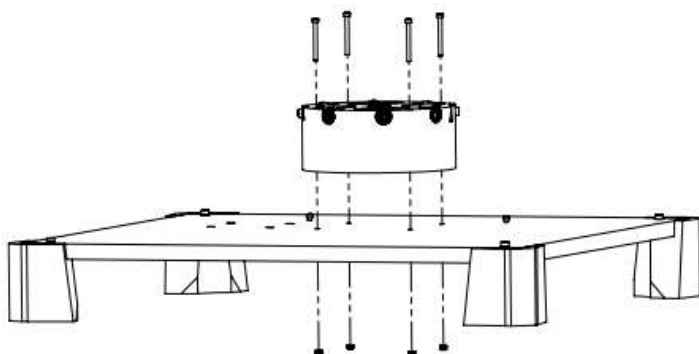


#### 4.1.6

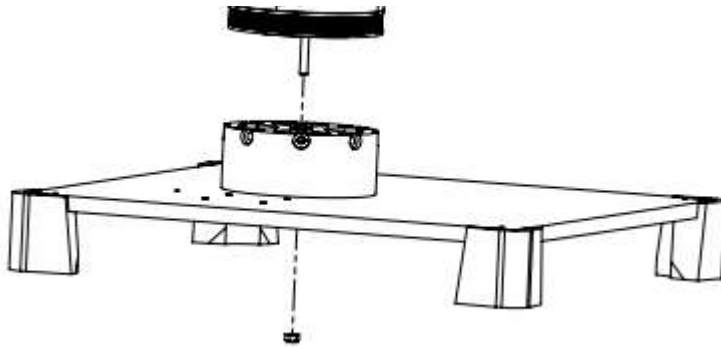
En els anteriors cinc passos hem aconseguit fer el muntatge del primer eix del braç i l'encarregat de sostenir-lo sobre una fusta (en el meu cas), en aquest últim pas subjectarem la base del braç a la fusta, col·locarem el motor (pas 4.1.5) i ho deixarem tot a punt per seguir muntant els altres eixos del braç. Per fer-ho necessitarem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Mòdul fet al punt 4.1.4	1
Mòdul fet al punt 4.1.5	1
Base de fusta (900mmx880mmx18mm)	1
Cargol M4x40mm	4
Cargol M4x30mm	4
Femella autoblocant M4	8
Femella autoblocant M8	1
Corretja T5 16mm	1

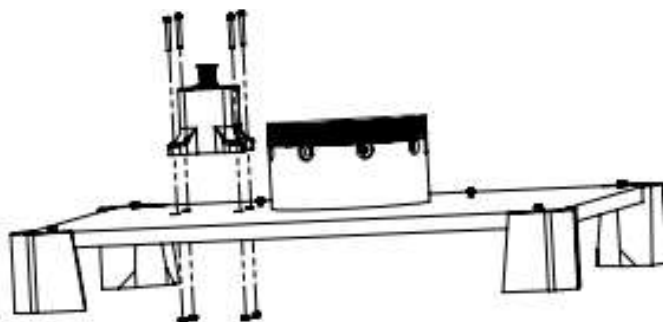
Primer de tot posarem la fusta sobre una superfície plana, col·locarem el mòdul 4.1.4 (sense la part rotatòria que té a la part superior) al punt desitjat de la fusta, marquem els 4 cargols que la subjecten a la fusta i també el centre de gir de l'eix. Als 4 forats exteriors els farem amb una broca de 4mm, en cas que els cargols no volguessin passar o anessin molt forts podem repassar els forats amb una broca de 4,5mm. El forat interior el farem amb una broca de 22mm o superior, ja que per aquell forat ens ha de passar una clau de tub de M8. Passarem els 4 cargols de M4x40mm per la peça 4.1.4 (sense la part rotatòria que té a la part superior), els farem passar pels forats que hem fet a la fusta i des de la part inferior de la fusta els cargolarem amb 4 femelles autoblocants de M4. Com es pot veure a la imatge següent (en el meu cas no tindrà les 4 potes que ja té el dibuix):



Quan tinguem la part inferior de la peça 4.1.4 subjectada a la fusta li col·locarem a sobre la part que prèviament havíem tret (l'encarregada de fer el moviment de rotació), unirem tot el conjunt fent passar l'eix pel centre de la peça que fa de base i la collarem des de la part inferior de la fusta mitjançant una clau de tub (per a femelles de M8) i una femella de M8 pel forat anteriorment fet. És important no deixar que la peça tingui joc, però tampoc cal forçar la peça i collar-la de manera excessiva, ja que després no rodarà amb normalitat. A la següent imatge es pot veure el pas explicat:



Per anar acabant col·locarem el muntatge del motor fet a l'apartat 4.1.5 a la posició desitjada (cal que estigui a prop de la base / en el meu cas es troba la part del darrere de la base, d'aquesta manera queda amagat i estèticament millor). Quan tinguem decidit el lloc marcarem els quatre forats que caldrà fer a la fusta, retirem la peça, fem els forats amb una broca de 4,5mm i tornem a col·locar la peça en posició. Agafem 4 cargols de M4x30mm i les seves respectives femelles autoblocants. Fem passar els cargols pels forats que té la peça impresa en 3D, els fem passar pels forats de la fusta i des de sota els collem amb quatre femelles autoblocants, tal com s'aprecia a la imatge:



Per últim agafarem 610mm de corretja T5 16mm (grosor de la corretja), aquesta la subjectarem a una de les dues entrades que té la base giratòria (pot costar de fer entrar, però quedarà molt ben agafada), farem passar la corretja al voltant de tota la peça giratòria fent-la passar per la politja del motor, seguint per la peça i l'enganxem a l'altra entrada. (És important que la corretja no quedi destensada).

Arribats a aquest punt ja tindrem el primer eix muntat! Disposem d'una base per poder dur a terme el procés industrial que es vulgui, una base giratòria on seguirem muntant els altres eixos del braç i amb el moviment proporcionat gràcies a un motor pas a pas NEMA 17 que més endavant aprendrem a controlar-lo amb una Arduino MEGA 2560, un driver TB6560 i l'alimentació proporcionada per una font d'alimentació reutilitzada d'un PC.

## 4.2. EIX 2

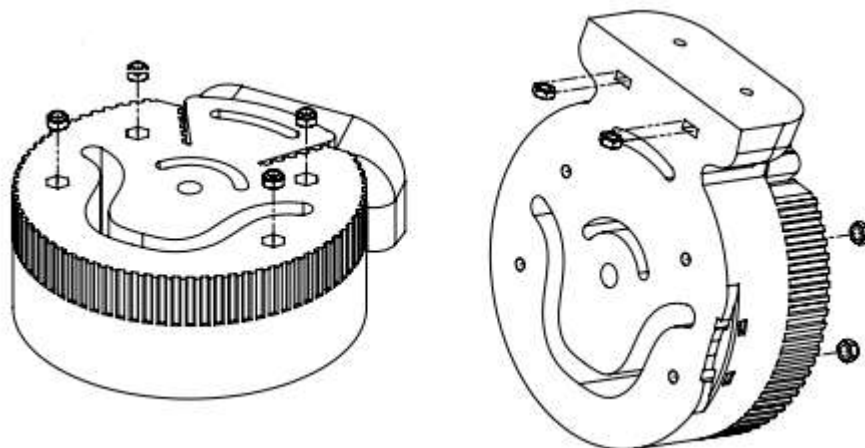
Per dur a terme el muntatge del segon eix caldrà seguir al peu de la lletra els següents deu passos per muntar-lo amb èxit. Aquest segon eix cal que el muntem amb delicadesa, ja que és el que sostindrà tot el pes del braç quan aquest estigui tombat endavant.

### 4.2.1

Començarem amb el muntatge de la peça que farà el moviment d'aquest segon eix, és important que prèviament l'hàgim polit i tret totes les rebaves per evitar el fregament amb la peça que anirem més endavant per formar el moviment. Per aquest pas caldran les següents peces:

Descripció / Components	Unitats
Femella M4	8
Peça impresa (nom STL: <b>4.2.1</b> )	1

Quan disposem dels anteriors components començarem agafant la peça **4.2.1**, la col·locarem de tal manera que les dents quedin a la part superior. Agafem 4 femelles de M4 i les col·loquem als quatre forats que té la peça (en principi haurien d'entrar fort i aguantar-se soles, però en cas que no fos així podeu posar-hi una gota de cola per evitar que surtin del forat). A l'haver fet el pas anterior donarem la volta a la peça, veureu que a la part superior (que és planera) té dos forats rectangulars, en aquests dos també hi posarem una femella (és important que la femella quedi al fons del forat i no es mogui, per això és recomanable posar-hi una gota de cola. A més a més podeu provar de cargolar-hi un cargol de M4 pel forat que acaba a la femella per veure si s'enrosca bé i evitar problemes més endavant) El pas que acabem de fer està reflectit en la següent imatge:



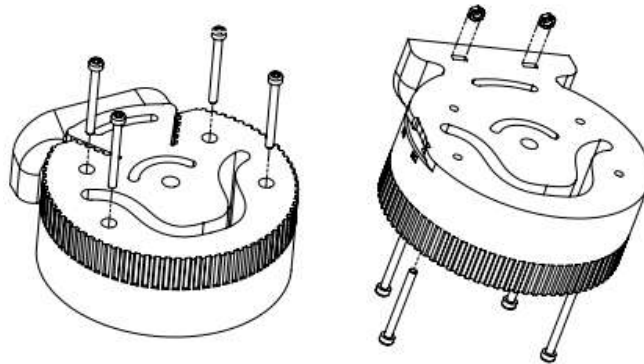


### 4.2.2

Aquest pas serà molt semblant a l'anterior i un amb l'altre els acabarem ajuntant més endavant, començarem al muntatge quan disposem del següent:

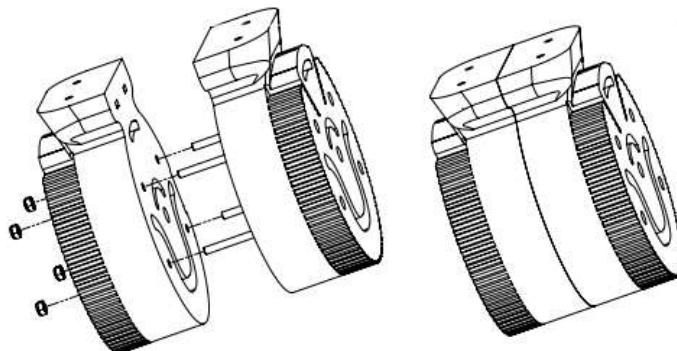
Descripció / Components	Unitats
Femella M4	2
Cargol M4x40mm	4
Peça impresa (nom STL: 4.2.2)	1

Començarem agafant la peça 4.2.2, la col·locarem de tal manera que les dents de la peça quedi tocant la taula o la superfície on s'estigui fent el muntatge. Agafarem dues femelles i les col·locarem a dos forats que es troben a la part superior de la peça (zona planera), posarem les femelles dins els forats fins que quedin al fons hi posarem una gota de cola perquè no es moguin. Fet això, girem la peça, veurem al planer de la peça 4 forats, en aquests hi posarem els quatre cargols de M4x40mm fins que toquin el fons de la peça. A la següent imatge es pot veure el muntatge:



### 4.2.3

Per aquest pas necessitem els dos passos anteriors (4.2.1 i 4.2.2). Es tracta de posar els cargols de la peça 4.2.2 en els forats que al seu interior tenen una femella de la peça 4.2.1 i amb un tornavís els cargolem fins a ajuntar les dues peces. Seguidament teniu una imatge del procediment:

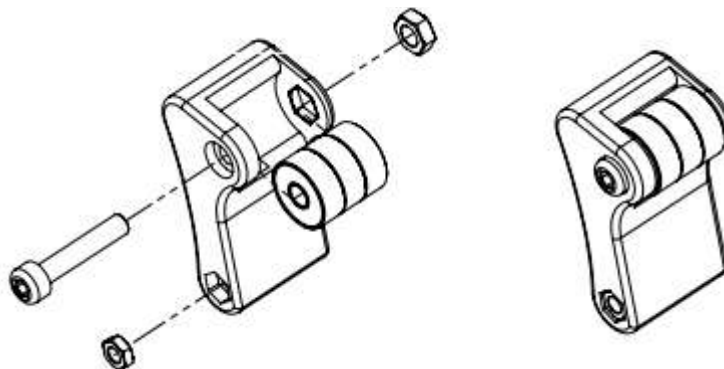


#### 4.2.4

En aquest pas durem a terme el muntatge de dos tensors, ens serviran per ajustar la tensió de les dues corretges que faran la transmissió del moviment, des de l'engranatge del motor fins a la peça muntada al pas 4.2.3. Necessitarem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>4.2.4.1</b> )	1
Cargol M4x20mm	1
Femella inserció de llautó M3	1
Femella inserció de llautó M4	1
Rodaments 4mmx13mmx5mm	3

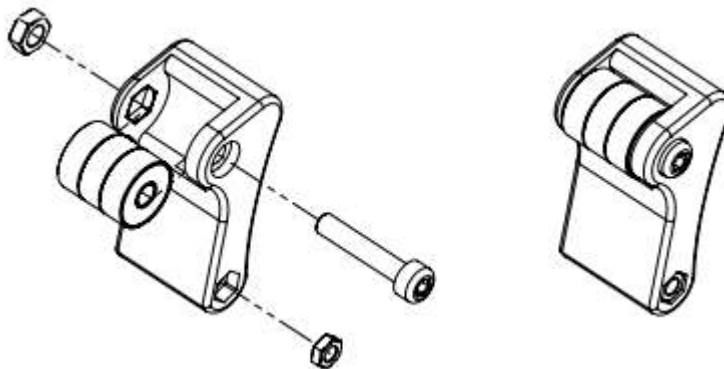
Primer de tot agafarem la peça **4.2.4.1**, les femelles d'inserció de llautó M3 i M4. Posarem la peça de manera horitzontal sobre un pla, de tal manera els dos punts que sobresurten de la peça quedin mirant amunt i el més lluny de nosaltres. A la part superior dreta veurem un forat amb forma de femella, amb l'ajuda d'un soldador haurem de fusionar les dues peces, apliquem escalfor sobre la peça de llautó (femella de M4) que aquesta ha d'estar sobre el forat, l'escalfor passa de la femella a la peça desfent el plàstic i fusionant les dues peces. Farem el mateix a la part inferior esquerra, veurem un forat més petit, en aquest utilitzant la mateixa tècnica anterior hi inserirem la femella de M3. Una vegada fet això col·locarem els tres rodaments al forat cilíndric que es troba a la part superior de la peça i el collarem amb un cargol de M4x20mm, el farem passar des de l'esquerra de tot de la peça, passant pel forat del centre dels tres rodaments i finalment tocarà la femella, amb un tornavís cargolarem el cargol i ja tindrem un dels dos tensors fets. El resultat hauria de ser una peça com la següent:



Repetirem el procés anterior una segona vegada, per fer-ho necessitarem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>4.2.4.2</b> )	1
Cargol M4x20mm	1
Femella inserció de llautó M3	1
Femella inserció de llautó M4	1
Rodaments 4mmx13mmx5mm	3

El muntatge és idèntic que l'anterior, l'únic que la distribució és al revés, és a dir el que la peça anterior tenia a la dreta aquesta ho té a l'esquerra i viceversa. Seguint els passos anteriors, però amb aquesta nova peça (nom: **4.2.4.2**) ús hauria de sortir el següent resultat:

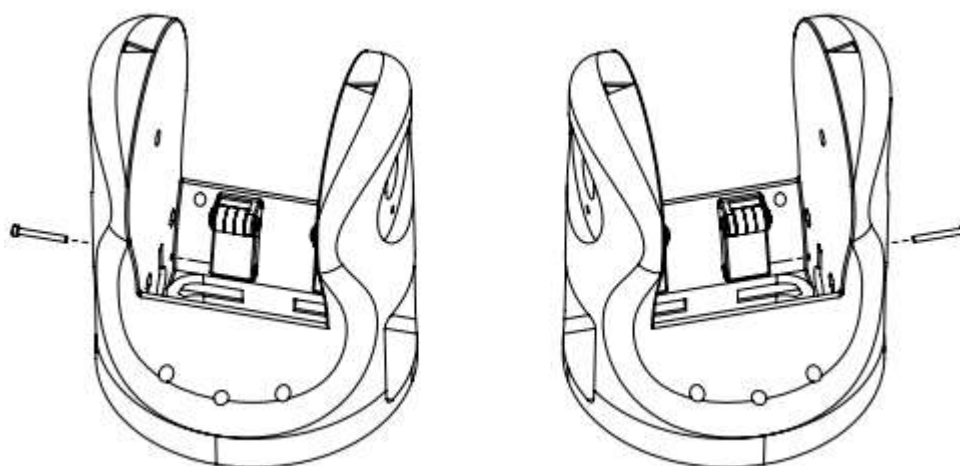


#### 4.2.5

En aquest pas el que farem és col·locar els dos sensors que hem fet anteriorment a la peça que es quedaran definitivament. Per dur-ho a terme necessitem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>4.2.5</b> )	1
Cargol M3x25mm	2

Agafarem la peça **4.2.5**, si ens fixem bé en aquesta peça veurem que al punt on es divideix hi ha una paret planera, en una d'aquestes dues que té la peça (una a cada banda) veurem que hi ha dos forats, en aquesta paret és a la que aniran col·locats els dos sensors. Per col·locar-los posarem el tensor pet amb la peça **4.2.4.1** tocant a la bifurcació esquerra i l'altre a la dreta. Els collarem des de les bandes de la peça (té 6 forats, els quatre de les cantonades són pel motor que posarem, un central que és per on sortirà l'eix del motor i el que queda és per on passarem el cargol de M3x25mm), una vegada localitzat el forat passarem el cargol i des de l'interior i farem passar la peça per l'únic forat que té, des de fora amb un tornavís la collarem amb la peça **4.2.5** (és important que no quedi molt fort, ja que aquesta peça s'ha de poder moure) farem el mateix amb l'altre tensor des de la banda dreta. El resultat d'aquest pas hauria de ser igual que aquesta imatge:



\*La imatge anterior són dues vistes.

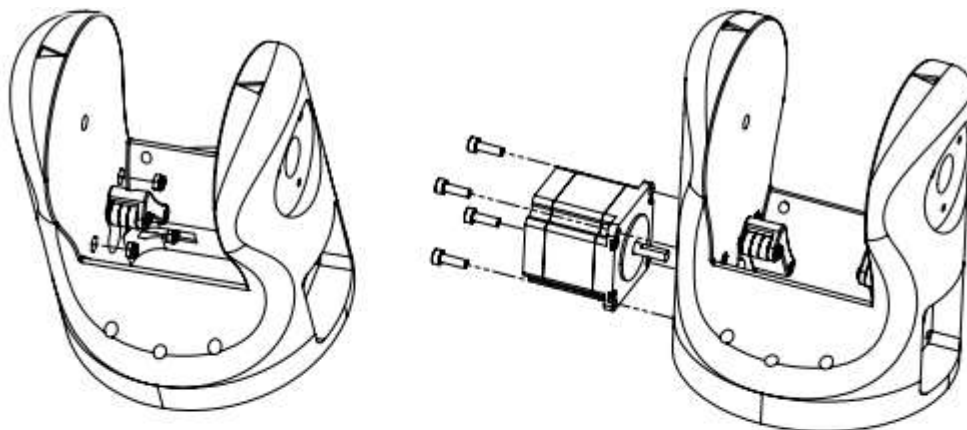
#### 4.2.6

Aquest pas és un dels més llargs d'aquesta part del muntatge del braç, el que farem és col·locar dos motors NEMA 23 a la peça que hem estat posant els sensors en el pas anterior. Caldrà que tinguem a mà el següent:

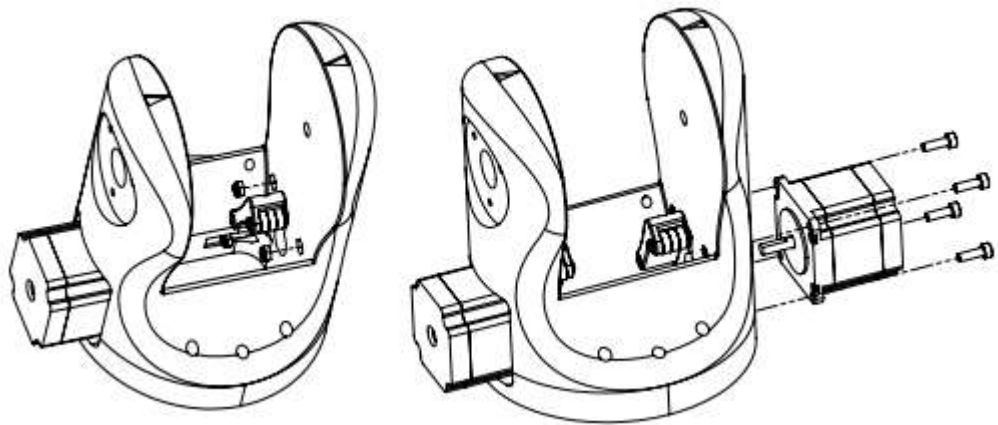
Descripció / Components	Unitats
Motor NEMA 23	2
Cargol M4x15mm	8
Femella inserció de llautó M4	8
Peça impresa (nom STL: <b>4.2.6</b> )	2

Primer de tot col·loquem la peça que hem muntat a l'apartat anterior (4.2.5), de manera que veiem un dels seus laterals. A la part inferior del lateral veurem un quadrat, aquest té quatre forats (un a cada cantonada), agafarem quatre femelles d'inserció de llautó de M4 i amb un soldador les incrustarem als quatre forats. El següent pas serà agafar un dels dos motors NEMA 23 i col·locar-lo dins el forat (és important que els cables d'aquest motor mirin a la part del darrere de la peça, que és el costat al qual hem posat els dos sensors, així més endavant ens serà més fàcil organitzar i agrupar tots els cables), agafem quatre dels cargols de M4x15mm i els cargolem a les femelles prèviament col·locades, d'aquesta manera ja tindrem un motor subjectat. Per finalitzar la instal·lació d'aquest motor agafarem una de les dues peces que hem imprès amb nom **4.2.6** i la col·locarem a l'eix del motor (la peça hauria d'entrar a pressió, en cas que no quedés del tot forta s'hi pot cargolar un cargol per acabar-la de subjectar i si encara es vol fer més resistent es pot posar una gota de cola). Repetirem el pas anterior a l'altre lateral de la peça. El resultat hauria de ser com el de la següent il·lustració:

(Motor del lateral esquerre)

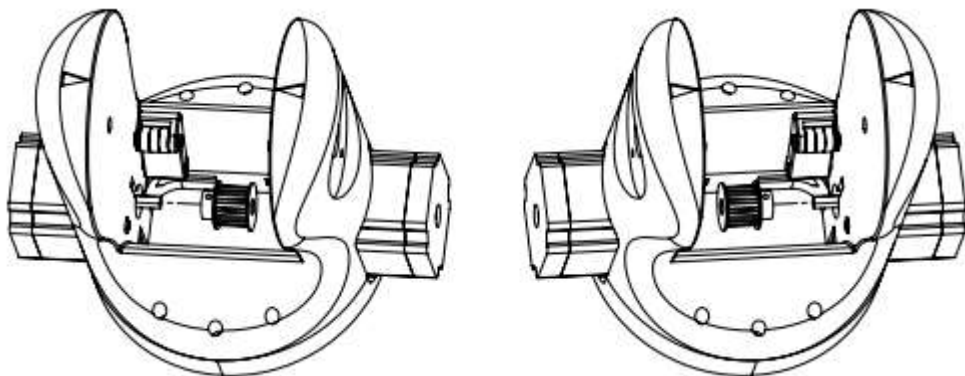


(Motor del lateral dret)



\*A les dues imatges anteriors es pot veure com col·loca les femelles des de la part interior de la peça. Si s'utilitzen femelles normals cal posar-les com a la foto, però si s'utilitzen femelles d'inserció de llautó de M4 (com en el meu cas) és molt més fàcil i pràctic col·locar-les des de la part exterior de la peça.

(Imatge col·locant les politges (peça impresa amb nom **4.2.6**)

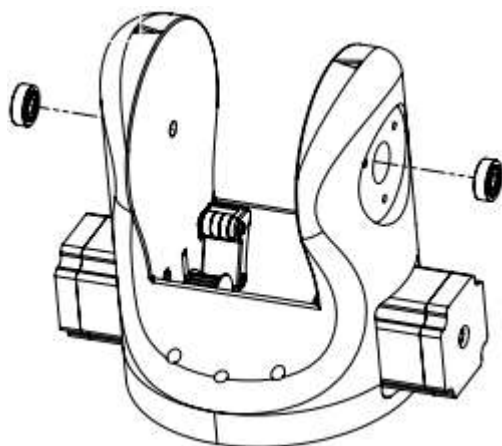


#### 4.2.7

En aquest setè pas unirem la peça finalitzada al pas 4.2.3 i la peça feta al pas 4.2.6. Per unir aquestes dues seccions, que en permetran fer el moviment del segon eix, cal el següent material:

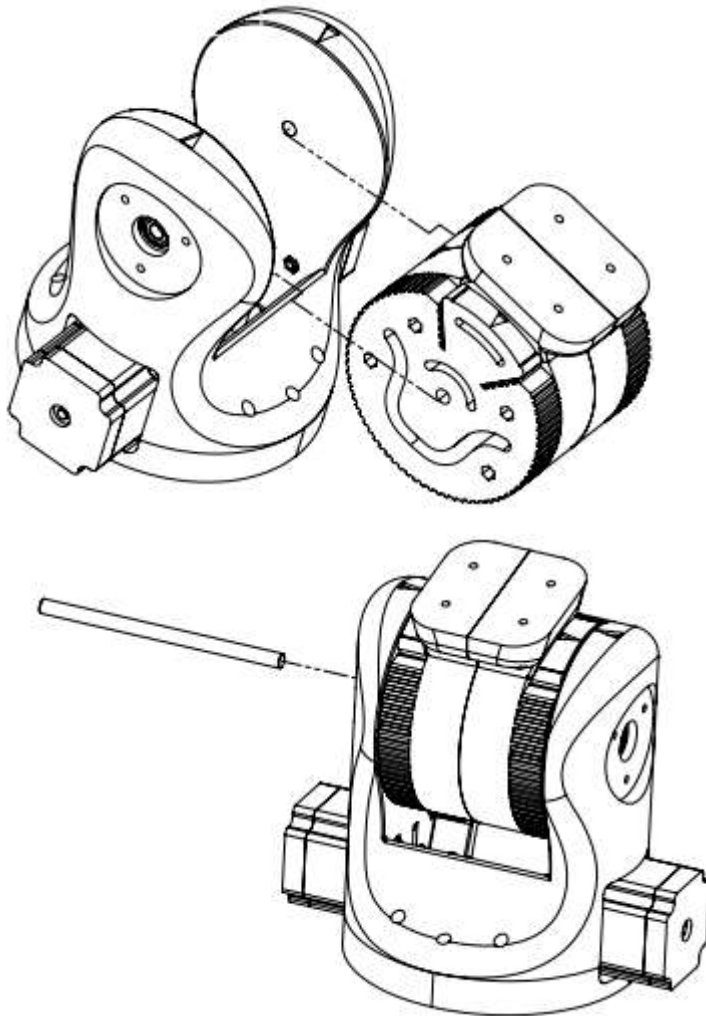
Descripció / Components	Unitats
Rodament 8mmx22mmx7mm	2
Barra llisa 134mm	1
Corretja T5 16mm	1

Primer de tot agafarem la peça muntada al pas anterior i dos rodaments. Si ens fixem en els dos laterals de la peça, a la part superior, veurem que hi ha quatre forats a cada lateral, al centre un de gran i al seu voltant tres de petits. En els dos forats grans és on col·loquem els dos rodaments, com es pot veure a la imatge següent:



Una vegada fet el pas anterior agafem la peça feta al pas 4.2.3 i la posarem tal com aniria a l'anterior pas. Fet això amb l'ajuda d'algú mirarem el tros de corretja que ens serà necessària (tan tensada com sigui possible). Quan tinguem clara la mida en tallarem dos trossos i els col·locarem a les dues entrades que té la peça a cada banda (estan situades al final de les dues files de dents que té la peça). Una vegada enganxades les dues corretges, col·locarem al peça en posició fent passar les dues corretges per les politges dels motors. Agafant la peça farem força amunt tensant les corretges, si el forat de l'eix de les dues peces s'alinea, podem col·locar la barra llisa que ens farà d'eix i ja hauríem acabat el pas. En cas que sobri corretja es treuen de la peça i es fan més petites, en cas que en falti es deixen lliures més dents del punt en què se subjecten, fins a trobar la mida desitjada i col·locar l'eix, que unirà les dues seccions, tenint gairebé enllestit el

segon eix. Les següents imatges representen el pas anterior (l'únic que no tenen les corretges marcades, però el resultat ha de ser el mateix).



#### 4.2.8

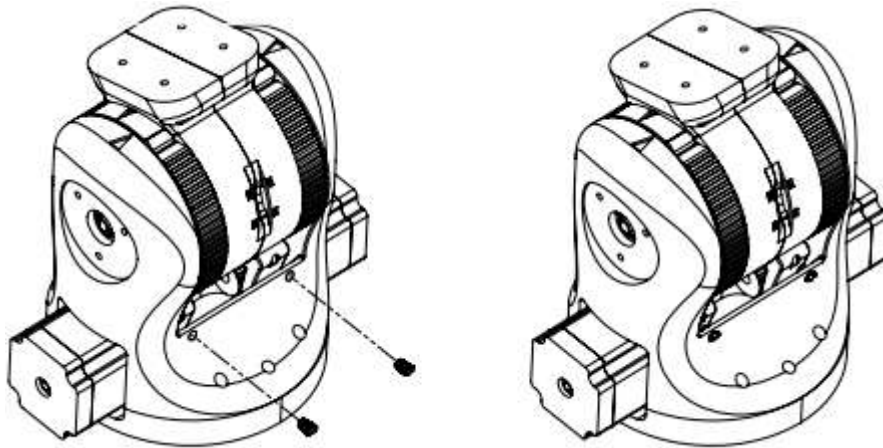
Per l'últim pas del muntatge del segon eix necessitarem els components següents:

Descripció / Components	Unitats
Femella inserció de llautó M4	2
Femella inserció de llautó M3	6
Cargol M3x10mm	6
Peça impresa (nom STL: <b>4.2.8</b> )	2

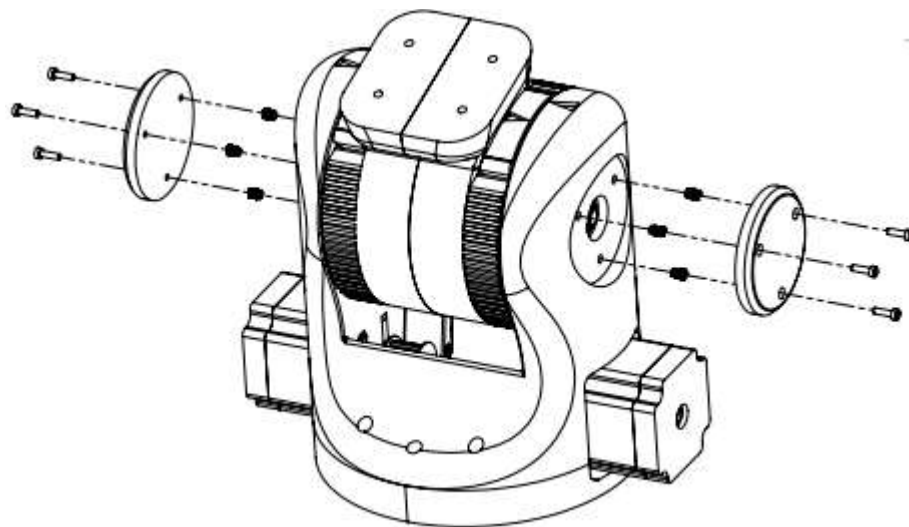
Comencem aquesta última part del muntatge incrustant dues femelles de llautó M4 (amb l'ajuda d'un soldador) al forat que té al darrere cada tensor (aquestes femelles ens permetrà cargolar-hi un cargol de M4 i poder-les tensar en cas que



no estiguessin prou tensades o amb el temps es descansessin). En aquesta imatge es pot apreciar el pas acabat d'explicar:



Per finalitzar, inserirem tres femelles de llautó M3 (amb l'ajuda d'un soldador) als tres últims forats que queden a la part superior de cada lateral de la peça. Una vegada incrustades les 6 femelles hi col·loquem les dues peces impreses a sobre tapant el rodament, l'eix i les tres femelles. Els tres forats que té la peça els alineem amb les tres femelles que hem col·locat prèviament i per subjectar-les al conjunt li cargolem els tres cargols de M3x10mm a cada una de les dues peces. En la següent imatge es pot veure el procés i el resultat final d'aquest segon eix:



En aquest moment ja disposem dels dos eixos que suporten la major part del pes del robot, a mesura que anem afegint els altres eixos anirem guanyant més moviments i aconseguir arribar a diferents zones que amb menys eixos no seria possible.

### 4.3. EIX 5

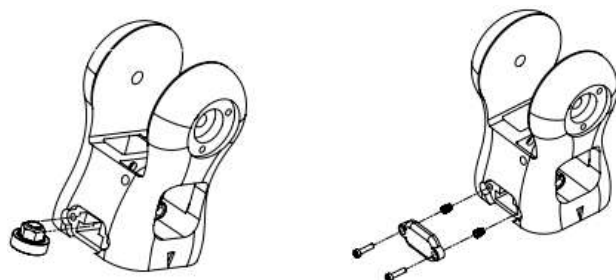
Per poder acabar amb èxit el muntatge del braç és necessari deixar per més endavant el muntatge dels eixos 3 i 4, ja que per muntar aquests és necessari tenir l'eix 5 muntat. L'eix 5 és l'eix que menys pes haurà de suportar de tot el braç i és de fàcil muntatge. Per muntar aquest eix cal seguir els següents passos, com sempre acompanyats d'alguna imatge (infografia) que representa els passos que s'han dut a terme en l'explicació.

#### 4.3.1

Iniciarem el muntatge d'aquest cinquè eix amb el material següent:

Descripció / Components	Unitats
Rodament 8mmx22mmx7mm	1
Femella autoblocant M8	1
Femella inserció de llautó M3	2
Cargol M3x12mm	2
Peça impresa (nom STL: <b>4.3.1a</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>4.3.1b</b> )	1

Començarem el primer pas agafant la peça impresa **4.3.1a**, la femella de M8 i el rodament. Si en fixem en la peça veurem que a una de les bandes de la seva base té un forat, en aquest forat hi haurem de col·locar el rodament i la femella (el rodament estarà tocant el terra de la peça i la femella estarà sobre el rodament / cal que aquestes dues peces quedin al fons del forat que té la peça). Seguidament agafarem la peça impresa **4.3.1b**, les dues femelles d'inserció de llautó de M3 i els dos cargols (M3x12mm). Amb aquestes peces el que farem és tapar el forat on acabem de posar la femella i el rodament. Per fer-ho començarem distingint dos forats que es troben un a cada banda de l'entrada del forat, amb l'ajuda d'un soldador hi inserirem les dues femelles, una vegada fet el pas anterior hi col·loquem a sobre la peça impresa i la subjectarem amb els dos cargols de mètric, tal com es pot veure a la següent infografia:

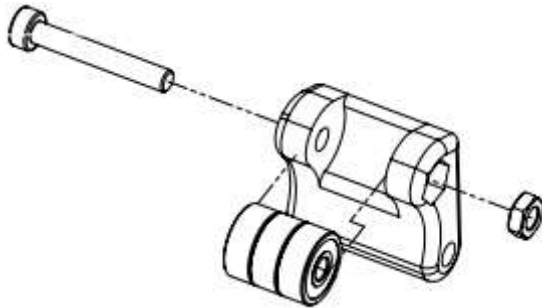


### 4.3.2

En aquest segon pas de muntatge el que farem és construir el tensor que incorporarem més endavant a aquest eix. Per fer-ho necessitem...

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>4.3.2</b> )	1
Rodament 3mmx10mmx4mm	3
Femella inserció de llautó M3	1
Cargol M3x20mm	1

El primer que cal fer és col·locar la peça que hem imprès (**4.3.2**) de manera que veiem un forat cilíndric (punt on hi haurà els rodaments), veurem que aquest forat a la seva dreta té forma de femella en canvi a la dreta és cilíndric, el que farem és: amb l'ajuda del soldador inserirem la femella d'inserció de llautó de M3. Col·locarem els tres rodaments a la part cilíndrica prèviament localitzada, i des de la seva part esquerra hi introduïrem el cargol de M3x20mm que passarà per la peça que hem imprès, els tres rodaments i es cargola a la femella que inicialment hem posat. El resultat serà el següent:

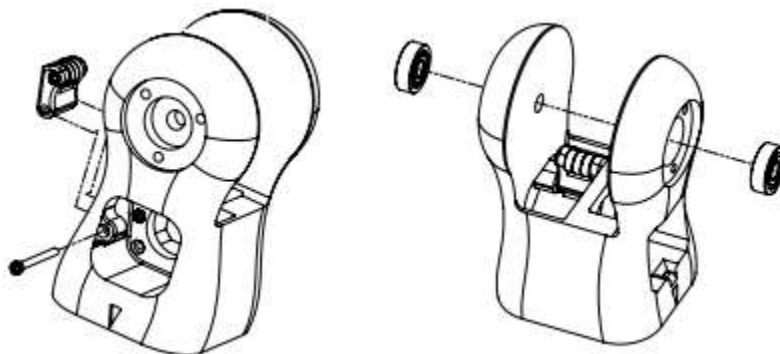


### 4.3.3

En aquest pas el que farem és col·locar la peça 4.3.1 amb la 4.3.2 i dos rodaments que seran els encarregats de fer rodar lliurement l'eix d'aquesta secció. Per fer-ho necessitem els components de la taula següent:

Descripció / Components	Unitats
Rodament 8mmx22mmx7mm	2
Cargol M3x30mm	1
Femella inserció de llautó M3	1

Primer de tot agafarem la peça feta al pas 4.2.1 i li col·locarem els dos rodaments, concretament es troben a la part superior dels dos laterals de la peça, els dos rodaments han d'entrar forts, en cas que fos molt forçós posar-los per no trencar la peça es pot llimar una mica la peça fins que entrin a pressió. Una vegada fet això col·locarem el tensor que hem fet al pas 4.2.2, aquest estarà col·locat a la part interior d'un forat que es troba a la part central de la peça, com que el forat travessa la peça d'una banda a l'altra la posarem al forat que des de la part superior es veu més gran/buit. Una vegada localitzat veurem que al mig hi ha una petita "paret", en aquesta paret veurem un petit forat que en aquest amb un soldador hi haurem d'incerta una femella de llautó de M3. Arribats a aquest punt col·locarem en posició el tensor, passarem un cargol des d'un forat que es troba a la part exterior de la peça (just a la cavitat que hem posat la femella) passarem el cargol de M3 per aquest forat, passarà pel forat que té el tensor a la seva part inferior i tot seguit el cargolarem a la femella prèviament posicionada. Es pot veure el muntatge anterior en la següent imatge:

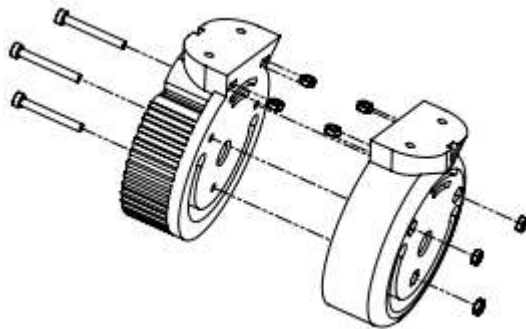


#### 4.3.4

El següent pas el que caldrà fer és muntar la peça que farà el moviment d'aquesta secció del braç, per fer-la necessitem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>4.3.4a</b> )	1
Peça impresa (nom STL: <b>4.3.4b</b> )	1
Femella M3	3
Femella M4	4
Cargol M3x25mm	3

Primer de tot agafarem les peces impreses que es demanen a la taula anterior, la peça que té dents la posarem de tal manera que aquestes toquin la superfície plana on fem el muntatge i l'altre veurem que té una petita curvatura a una de les cares, aquesta és la que posarem tocant la taula. Seguidament agafarem les femelles de M4 i les col·loquem als dos forats que es troben a la part recta de la peça (té una forma circular excepte a un punt que fa una recta, en aquesta zona és on hi ha els dos forats, això a les dues peces), posarem les femelles a l'interior dels forats i les apretarem fins al fons, perquè no es moguin hi posarem una gota de cola. Per acabar posarem les dues cares, on hem posat les femelles anteriorment, tocant-se de tal manera que el seu perímetre coincideixi. A la peça que no hi ha les dents veurem que té tres forats on podem posar les tres femelles de M3, i a l'altre peça els tres cargols de M3 per subjectar aquestes dues peces i deixar-les com a una. El resultat hauria de ser com el següent:

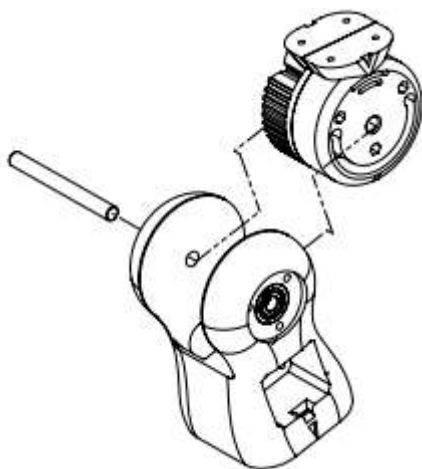


#### 4.3.5

En aquest pas el que farem és mirar el tros de corretja que ens és necessària per a aquest eix i començar a fer-ne el muntatge. Per aquest pas necessitem...

Descripció / Components	Unitats
Barra llisa 80mm	1
Corretja T5 16mm	1
Peça impresa (nom STL: <b>4.3.5</b> )	1

El primer que farem en aquest pas és agafar la peça muntada al pas 4.3.3 i la que acabem de muntar al pas 4.3.4. Col·locarem un cap de la corretja a la peça del pas 4.3.4 (igual que a les peces que prèviament hem posat corretges aquestes tenen el mateix tipus de subjecció). El següent pas és encaixar a la part superior de la peça 4.3.3 la peça que acabem de posar la corretja (de tal manera que la corretja es trobi al mateix costat que hi ha el tensor, posat uns passos previs), de tal manera que els forats de l'eix d'un i l'altre encaixin, arribats a aquest punt col·locarem la peça que hem imprès (nom STL: **4.3.5**), una politja, a un forat que s'accedeix a partir del forat que trobarem a un dels laterals de la peça més gran, justament el mateix que hi ha el tensor. Una vegada posada la politja dins el forat l'aguantarem amb la mà, amb l'altre passarem la corretja al voltant de la politja, passant pel tensor i per últim arribar a l'altre encaix que té la peça, deixem un tros de marge i tallarem la corretja. Per acabar, amb l'ajuda de la politja deixarem la corretja encaixada als dos punts de manera que quedi tan tensada com sigui possible, una vegada fet això passarem la barra llisa fent que de les dues peces que teníem passin a ser una. El resultat hauria de ser com el de la següent infografia:

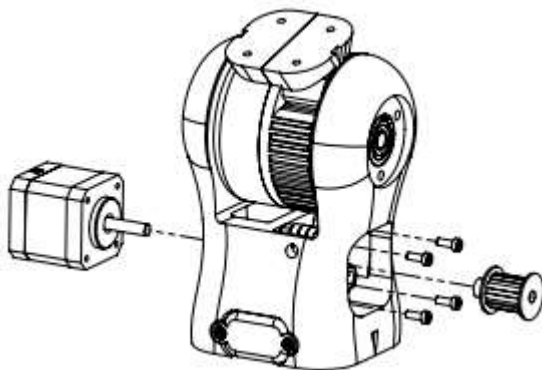


#### 4.3.6

En aquest penúltim pas el que farem és col·locar el motor a la posició correcta per donar moviment a l'eix prèviament muntat, en aquest cas necessitem el següent material:

Descripció / Components	Unitats
Motor NEMA 14	1
Cargol M3x8mm	4

En el pas anterior hem col·locat en posició la politja, ara el que farem és que pel forat contrari al que hem posat la politja i posarem el motor pas a pas. El motor entra fàcilment dins el forat, però caldrà fer força per posar l'eix del motor dins la politja, ja que aquests entren a pressió. Una vegada tinguem posat el motor i la politja ben subjectada el que farem és collar el motor a la peça, ho farem amb els quatre cargols de M3x8mm des del forat on hi ha la politja (trobarem els forats on han d'entrar els cargols per cargolar-se al motor un a cada cantonada del forat, ja que aquest té forma quadrada), una vegada estigui tot ben agafat el resultat hauria de ser aquest:

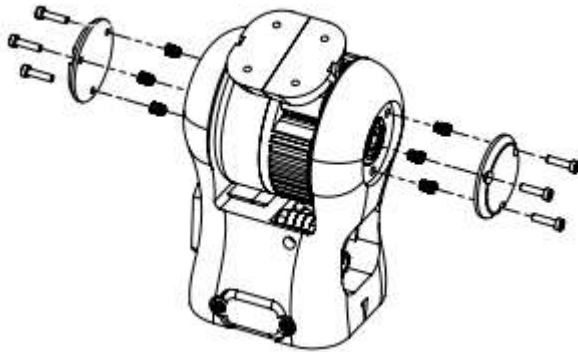


#### 4.3.7

Per finalitzar, acabarem de subjectar l'eix i ja tindrem aquesta part acabada, per això necessitem...

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: 4.3.7)	2
Cargol M3x12mm	6
Femella inserció de llautó M3	6

Per deixar aquest cinquè eix acabat cal col·locar unes tapes a cada banda de la barra/eix. Per fer-ho veurem que a cada extrem de l'eix hi ha tres forats, en aquests forats amb un soldador hi inserirem les femelles de llautó (M3), hi posarem les dues tapes i les subjectarem cargolant-hi els cargols de M3x12mm, tal com es pot veure a continuació:



Arribats a aquest punt ja disposaríem del primer, segon i cinquè eix del braç, en els següents passos acabarem de muntar el tercer i el quart deixant el braç muntat. També muntarem la part encarregada d'alimentar tota l'automatització (Font d'alimentació), la caixa on posarem tota l'electrònica, alguns accessoris per al braç...



#### 4.4. EIX 4

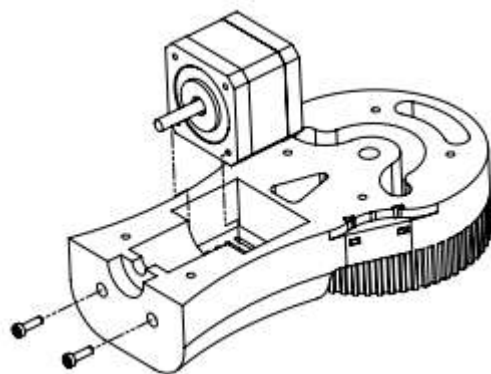
En aquesta secció del braç el que farem és muntar l'eix 4, que concretament fa girar sobre si mateix l'eix que acabem de muntar en els anteriors passos (Eix 5). A més a més, el que estem a punt de muntar també serà part de l'eix 3, així després el muntatge de l'eix ens serà més fàcil i ràpid.

##### 4.4.1

Per començar a fer el muntatge de l'eix 4 necessitem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: 4.4.1)	1
Cargol M3x10mm	2
Acoblador 8mm-5mm	1
Motor NEMA 17 (34mm)	1

Iniciarem el muntatge col·locant la peça prèviament impresa de tal manera que la part plana de la peça / base estigui mirant amunt i les dents de la peça tocant sobre el planer. Al centre veurem un quadrat, en aquest hi sortirà un forat en forma cilíndrica (encarat cap a la part més prima de la peça). El que hem de fer és posar l'acoblador a l'eix del motor i seguidament el motor dins el quadrat, fent que el seu eix/acoblador reposin sobre el forat en forma cilíndrica. Per subjectar el motor al seu lloc el que farem és fixar-lo al costat que "assenyala" l'eix del motor, on hi veurem dos forats (els únics del lateral), en aquests forats hi cargolem els dos cargols de M3 enroscant-los al motor i fixant-lo a la peça. El resultat hauria de ser com el de la següent imatge:

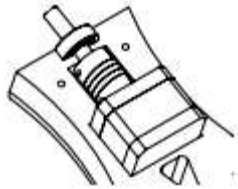


#### 4.4.2

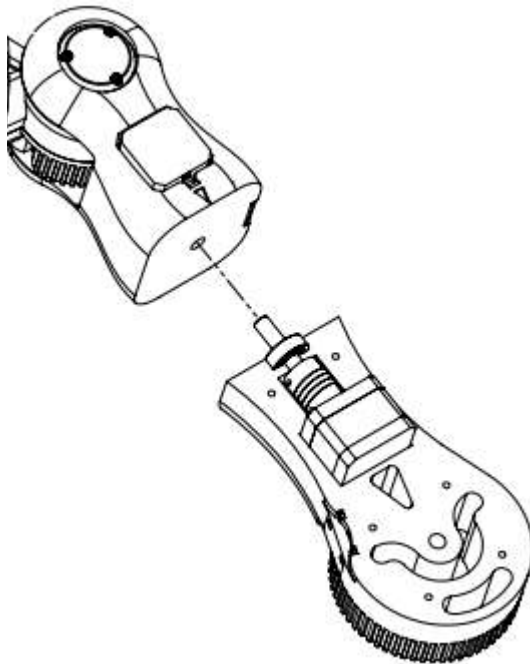
En aquest pas el que farem és acabar de preparar l'eix per més endavant poder enllestir aquest eix. Necessitem...

Descripció / Components	Unitats
<b>4.3 Eix 5</b>	1
Barra roscada 42mm (M8)	1
Rodament 8mmx22mmx7mm	1

Començarem el muntatge d'aquesta part amb el pas 4.4.1 al davant. El primer que farem és collar la barra roscada a l'acoblador que havíem posat abans, seguidament farem passar la barra pel centre del rodament fins que aquest estigui en la posició correcta i quedi com aquesta imatge.



El següent pas que cal fer és agafar l'eix fet al pas **4.3** (Eix 5), veurem que a la seva part inferior hi ha un forat, dins aquest forat és on vam posar el rodament i la femella de M8. El que cal fer és enroscar la barra roscada que acaben de posar (imatge anterior) a la femella de M8 que hi ha a l'altre peça, tal com es veu a la següent imatge:

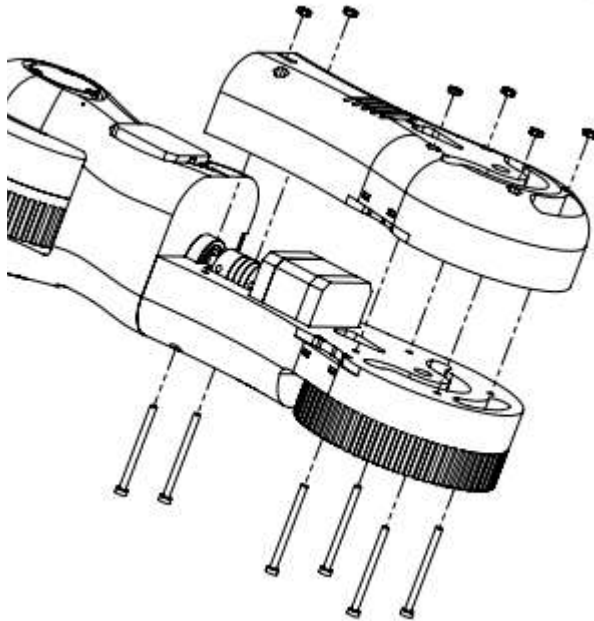


### 4.4.3

Aquest ja és l'últim pas per tenir acabat aquest eix que gira sobre si mateix, per finalitzar-lo necessitarem els següents materials:

Descripció / Components	Unitats
Cargol M3x40mm	6
Femella M3	6
Peça impresa (nom STL: <b>4.4.3</b> )	1

Començarem agafant la peça que acabem d'imprimir i la col·loquem de tal manera que la part més planera d'aquesta (Base) toqui la taula/zona de muntatge. Veurem que a la part de sobre de la peça hi ha sis forats en forma d'hexàgon, el que farem és posar-hi les sis femelles. Ara agafarem el conjunt muntat al pas 4.4.2, veurem que la peça que conté el motor té sis forats per la banda exterior, en aquests forats hi introduïm els sis cargols. Per finalitzar col·loquem una peça amb l'altre per la part plana, fent que el motor quedi en el seu interior i el que farem és anar cargolant els cargols amb la femella unint les dues peces i formant un "bloc", on podem veure l'eix 5 amb l'eix 4 que acabem de muntar, El resultat hauria de ser com el de la següent infografia:

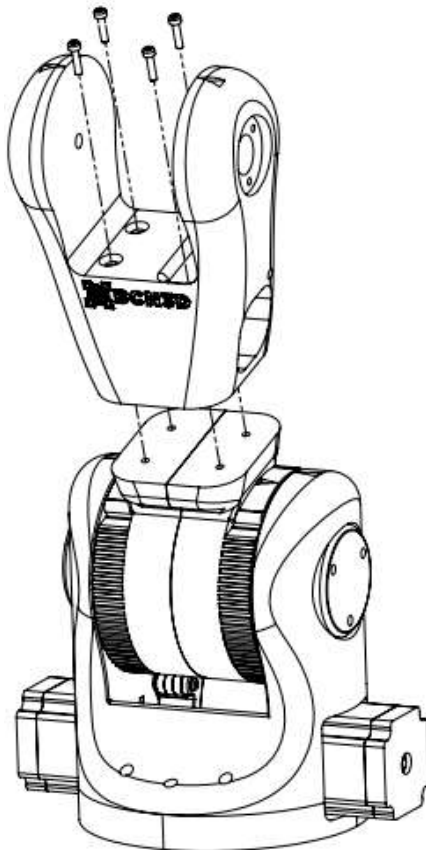


#### 4.4.4

En aquest pas el que farem és col·locar una peça al muntatge fet al pas **4.2**, aquesta peça ens ajudarà a subjectar els dos eixos que hem muntat en els passos anteriors i d'aquesta manera anar finalitzant el muntatge del braç. Ens caldrà el següent material:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>4.4.4</b> )	1
Cargol M4x16mm	4

Primer de tot agafarem el muntatge fet al pas **4.2** (eix 2), i ens el col·locarem de tal manera que nosaltres veiem la part frontal de la peça (per fer-ho cal que els dos tensors que té la peça estiguin a la cara més allunyada i la que ens quedarà al davant serà el frontal). Una vegada fet això veurem que a la part superior de la peça muntada al pas **4.2** té una "base" plana amb quatre forats. El que farem és posar la peça que hem imprès amb nom **4.4.4** sobre aquesta base (fent que el logo de la peça quedi a la banda frontal), seguidament agafarem els quatre cargols i des de la part superior de la peça (aquesta peça té 4 forats pels quals hi cargolarem els cargols) **4.4.4** els cargolarem als quatre forats prèviament localitzats. El resultat hauria de ser el següent:

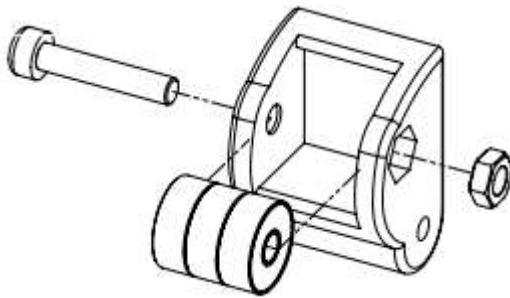


#### 4.4.5

Per completar el muntatge anterior el que farem és muntar un tensor que ens servirà per tensar la corretja de l'eix 3, que uns passos més endavant el tindrem muntat, per fer el tensor en caldrà el material següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: 4.4.5)	1
Rodament 4mmx13mmx5mm	3
Cargol M4x20mm	1
Femella inserció de llautó M4	2

Primer de tot agafarem la peça impresa, col·locarem la part més planera d'aquesta sobre la zona de muntatge, al mateix moment la part més elevada de la peça la posarem el més lluny possible de nosaltres. Si ens fixem en el lateral que ens queda a la nostra dreta veurem que hi ha un forat en forma de femella, en aquest hi inserirem la femella de llautó de M4 amb l'ajuda del soldador. Veurem que al centre de la peça (tirant cap a la part superior) hi ha un forat en forma cilíndrica, en aquest forat hi posarem els tres rodaments. I per finalitzar des de la part dreta introduïrem un cargol que passarà pel mig dels rodaments i es cargola a la femella prèviament posada. El resultat hauria de ser el següent:

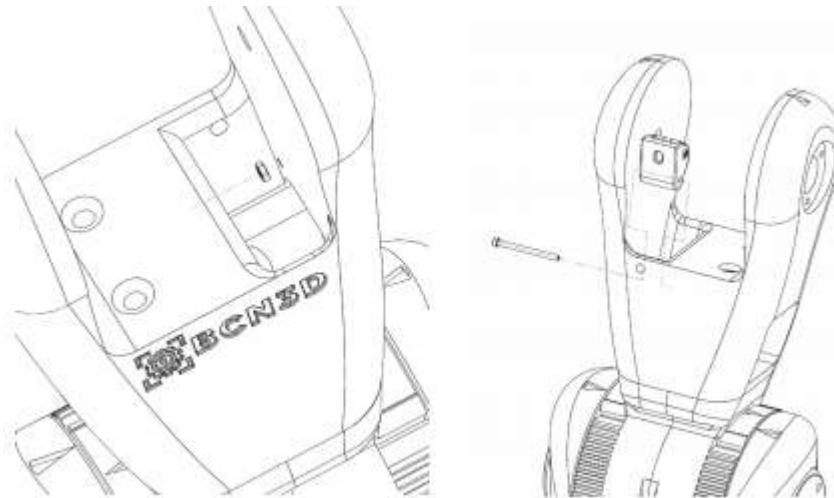


#### 4.4.6

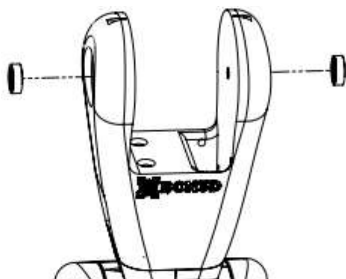
En aquest pas el que farem és subjectar el tensor a la peça col·locada al pas 4.4.4 i col·locar uns rodaments per evitar el màxim de fregament possible a l'eix 3. Per fer aquest muntatge ens caldrà...

Descripció / Components	Unitats
Cargol M3x40mm	1
Femella M3	1
Rodament 8mmx22mmx7mm	2

Primer de tot col·locarem la femella a la part interior de la peça que en el pas anterior hem col·locat. La posarem des d'un dels dos forats que podem trobar als laterals de la peça, posarem al tensor des de la part superior de la peça a un forat que hi veurem i des de la part exterior passarem un cargol per l'únic forat que hi ha, passant pel forat que té el tensor a la part inferior i per últim cargolant-lo a la femella prèviament posada. El resultat hauria de ser com el següent:



Seguidament ens fixarem en la peça que té el logo de BCN3D, veurem que als dos laterals, a la part superior, hi ha dos forats grans i tres de petits. Agafarem els dos rodaments i els col·loquem als dos forats grans dels laterals, el resultat ha de quedar així.



### 4.5. EIX 3

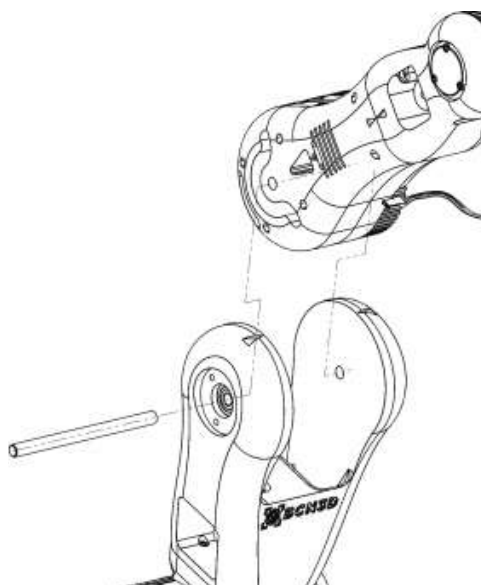
En aquesta última secció del braç el que farem és ajuntar el muntatge fet al pas 4.4.3 i el pas 4.4.6, amb l'ajuda d'una corretja, un motor i poc material més ja tindrem l'eix 3 muntat.

#### 4.5.1

En aquest primer pas el que farem és col·locar la barra que farà d'eix, i en els següents dos passos finalitzarem el muntatge de l'eix 3. Per muntar l'eix necessitem:

Descripció / Components	Unitats
Barra llisa 114mm	1
Corretja T5 16mm	1
Peça impresa (nom STL: <b>4.5.1</b> )	1

Començarem agafant el muntatge acabat al pas 4.4.3 i 4.4.6. Primer de tot amb el 4.4.3 veurem que on finalitza la cadena de dents hi ha una espècie d'entrada on hi enganxem un extrem de la corretja. Ara afegim el pas 4.4.6, en aquest ens farà falta la peça impresa, la col·locarem dins el forat de la part dreta agafant de punt de referència la part frontal (on hi ha el logo de BCN3D). Una vegada s'aguanti en la seva posició agafarem el pas 4.4.3 i farem que el seu forat per on passa l'eix coincideixi amb el pas 4.4.6. Havent fet això mirarem la corretja que en fa falta, traurem el pas 4.4.3 i tancarem la corretja. Per acabar tornarem a ajuntar les dues seccions col·locant bé la corretja amb la peça que hem imprès i per últim farem passar la barra llisa que ens serà l'eix d'aquest punt. El resultat hauria de ser com el següent:

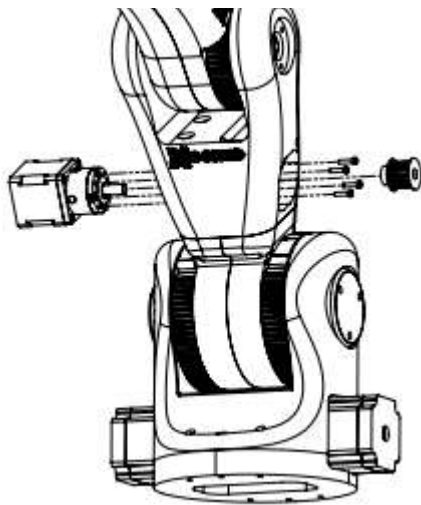


#### 4.5.2

En aquest pas col·locarem el motor que s'encarregarà de moure aquest eix que en el pas anterior hem muntat. Per col·locar el motor necessitarem aquests components:

Descripció / Components	Unitats
Motor NEMA 17 R1:5	1
Cargols M3x15mm	4
Femella inserció de llautó M4	1

Des de l'extrem oposat de la politja que hem col·locat al pas anterior (peça impresa) i farem entrar el motor. L'eix d'aquest entra a pressió dins la politja, una vegada fet això des de la banda de la politja veurem que hi ha quatre forats, hi farem passar els quatre cargols i els cargolarem al motor, subjectant el motor a la peça i amb la politja ben col·locada. El resultat hauria de ser com la següent infografia:



\*En el meu cas la politja ja la tenia col·locada del pas anterior.

En cas que la corretja d'aquest eix no quedés del tot tensada i haguéssim de fer ús del tensor ens caldria posar una femella de llautó de M4 incrustada just a un forat que hi ha al seu darrere (amb l'ajuda d'un soldador). D'aquesta manera podem moure el tensor endavant i deixant-lo a aquella posició amb un cargol de M4. La femella hauria d'estar col·locada en aquest forat:



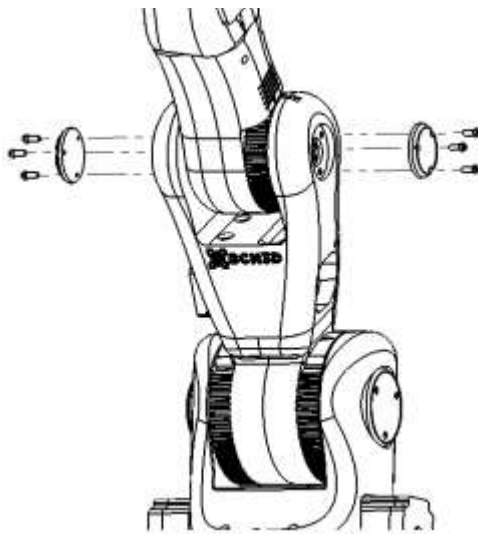


### 4.5.3

Per acabar, col·locarem dues tapes al costat de la barra, d'aquesta manera habitarem que aquest a causa del moviment surti o es mogui de la seva posició, per fer-ho ens caldrà el següent:

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: 4.5.3)	2
Cargol M3x10mm	6
Femella inserció de llautó M3	6

Primer de tot amb l'ajuda d'un soldador incrustarem les sis femelles de llautó als tres forats que hi ha al voltant de cada extrem de l'eix. Seguidament col·locarem una de les dues peces impreses al lateral de la peça i la collarem amb tres cargols de M3 a les femelles prèviament posades, farem el mateix a l'altre costat. El resultat hauria de ser com el següent:



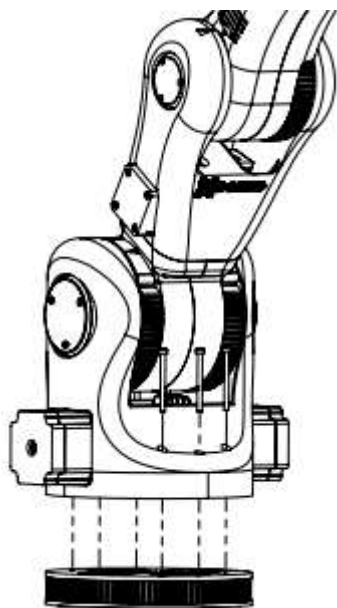
Arribats a aquest punt ja tindrem muntat aquest tercer eix, amb el moviment proporcionat gràcies a un motor NEMA 17 amb reducció 1:5.

#### 4.6. UNIR L'EIX 1 AMB LA RESTA D'EIXOS

En aquesta última pas del muntatge del braç el que farem és ajuntar la base del braç (eix 1) que la tenim collada sobre la fusta, i els altres eixos que hem anat muntant fora d'aquest. Per unir aquestes dues peces necessitem el següent:

Descripció / Components	Unitats
Cargol M4x45mm	6

Per finalitzar el muntatge del braç el que caldrà fer és col·locar el muntatge dut a terme des del pas 4.2.1 fins al 4.5.3 sobre la base rotatòria que tenim collada a la fusta. Una vegada tinguem tot el braç sobre la base alinearem els sis forats que té la base amb els que té la peça del braç en contacte amb la base. Quan ja els tinguem alineats agafarem els cargols i collarem les dues peces, cargolant des de la peça del braç fins a collar-ho a les femelles que al principi havíem col·locat a la base. El resultat hauria de ser com el següent:



És molt probable que els cables dels dos motors NEMA 23 es posin entre la corretja i l'engranatge del primer eix (començant per la base del braç). Per evitar possibles enganxades amb els cables i els eixos el que farem és posar-hi una espècie de tapa per evitar danys a l'estructura, als cables o als motors.

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: <b>Suport metacrilat</b> )	1
*Metacrilat	1

\*Les mides del metacrilat estan a la mateixa carpeta que els STL.

Per muntar-ho enganxarem la peça impresa a la carcassa del motor del primer eix, a la cara que dona a la base del braç. Cal que la peça l'enganxem centrada i 5 mm sota la part més alta de la carcassa del motor. Ens hauria de quedar la part circular a sobre i la rectangular enganxada. Per últim enganxarem el metacrilat sobre la base rodona, aquest metacrilat hauria de quedar 3 mm sobre la politja del primer eix i 10 mm sota els motors NEMA 23.

El resultat hauria de ser semblant a les següents imatges:



Tal com es veu a les imatges el metacrilat en forma semblant a una "U" evita que els dos cables prims, que es veuen de color negre, s'enganxin amb la corretja.

## 5. MUNTATGE ZONA DE CONTROL / CLASSIFICACIÓ:

En el punt 5 s'explica com muntar la zona de control / classificació. Igual que en les explicacions anteriors tots els passos a seguir tindran alguna imatge o graella, indicant el que fa falta i el que cal fer a cada pas.

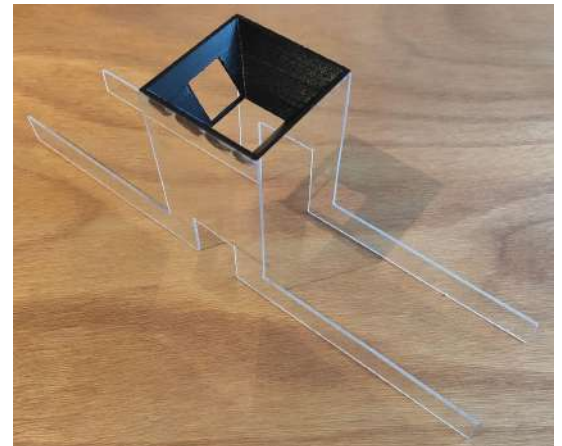
### 5.1. ESTRUCTURA

Per muntar l'estructura que formarà la classificadora ens cal tenir el següent:

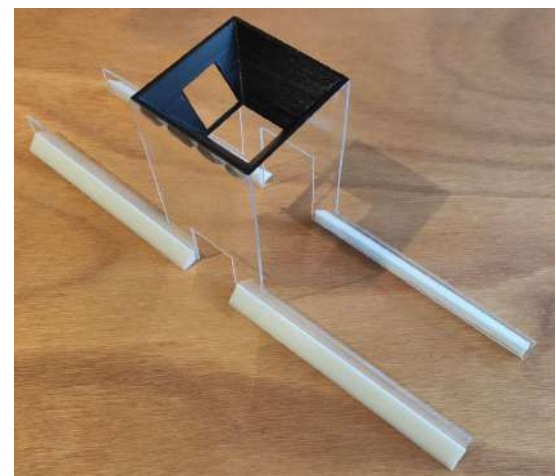
Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: 5.1.1)	1
Peça impresa (nom STL: 5.1.2)	2
*Metacrilat 1	1
*Metacrilat 2	1
Cartolina negra	1

\*Les mides dels metacrilats estan a la mateixa carpeta que els STL.

Primer de tot agafarem la peça impresa 5.1.1, en el meu cas pintada amb esprai de color negre, i la unirem al metacrilat 1 i 2 tal com es pot veure a la següent imatge. En el meu cas he utilitzat una pistola de silicona per unir les peces, però també es pot utilitzar algun altre producte (És important que el forat lateral de la peça 5.1.1 quedi a la part esquerra mirada des del frontal (metacrilat 1)).

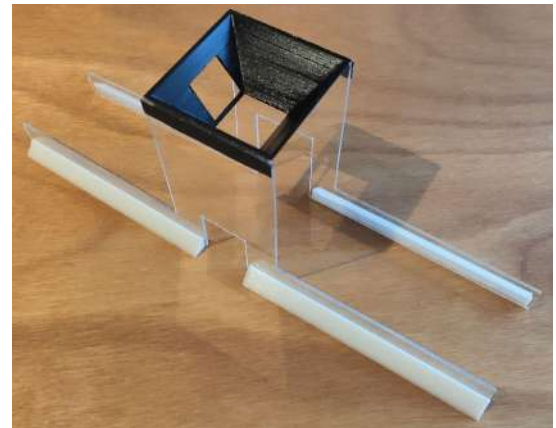


Seguidament agafarem la peça impresa 5.1.2 (cal imprimir l'STL 2 vegades) i l'enganxarem a la part exterior de les bases del metacrilat, els dos rectangles més allargats aniran a la davant en canvi els curts al darrere. Posant aquestes quatre peces ens serà més fàcil enganxar l'estructura al lloc definitiu, i en tenir més base podrà aguantar més força sense moure's.



Per finalitzar aquest primer pas retallarem dos trossos de cartolina negra de 7,2x1 cm i els enganxarem a la part superior de l'estructura per tal de tancar la silicona que hem utilitzat per unir el metacrilat amb la peça 5.1.1.

Arribats a aquest punt ja tenim l'estructura principal de la classificadora feta.



## 5.2. MECANISMES

Per muntar els dos mecanismes que faran possible el moviment d'aquesta secció de l'automatització ens cal el següent:

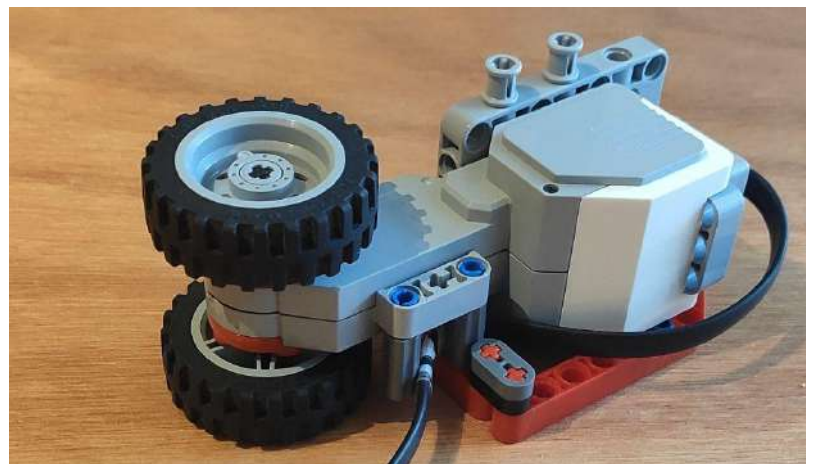
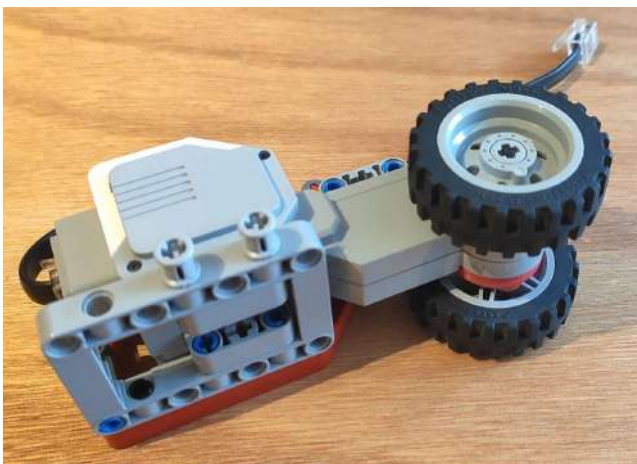
Descripció / Components	Unitats
Diferents tipus de peces de LEGO	-
Motor gran (LEGO mindstorms)	1
Motor mitjà (LEGO mindstorms)	1
Peça impresa (nom STL: 5.2)	1

L'objectiu en aquest pas és muntar els mecanismes que es poden veure a continuació utilitzant peces de LEGO i els motors que es troben a la taula anterior.

Mecanisme 1:

Utilitzant el motor gran i dues rodes de diàmetre 4 cm i gruix d'1 cm (aproximadament) el que farem és muntar el següent per tal de poder moure certa part que ens permet classificar les peces en una banda o en un altre.

Resultat final del primer mecanisme:

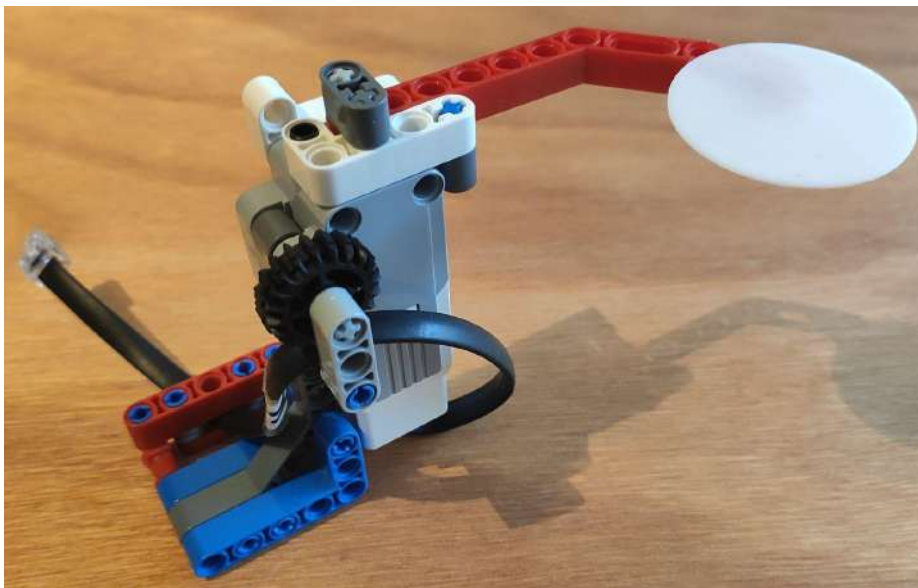
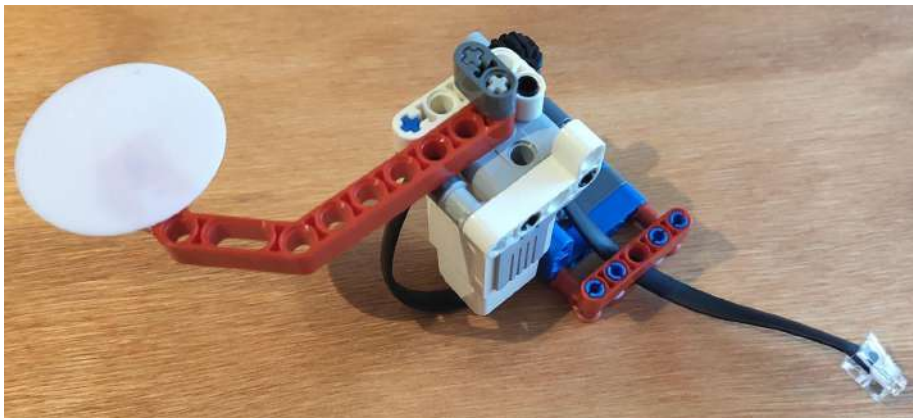
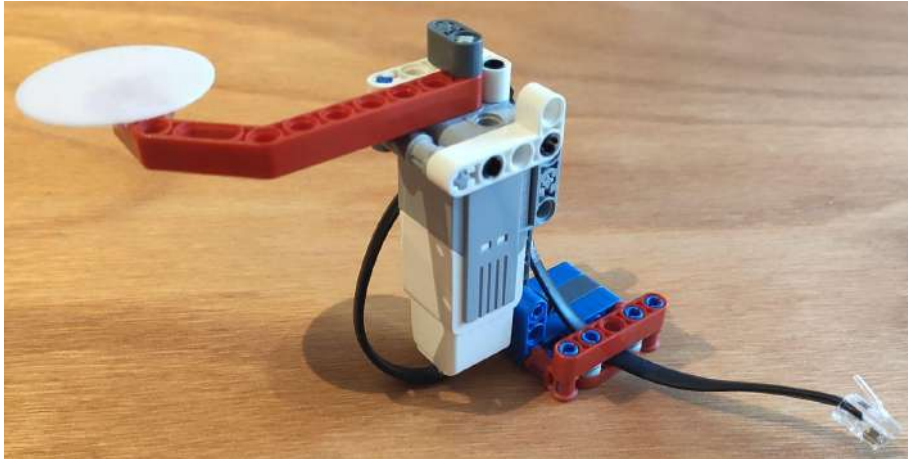




### Mecanisme 2:

Utilitzant el motor mitjà i la peça impresa 5.2, muntarem el següent per tal de poder obrir i tancar el forat de la tolva i deixar caure la peça que estiguem classificant en el moment oportú.

Resultat final del segon mecanisme:

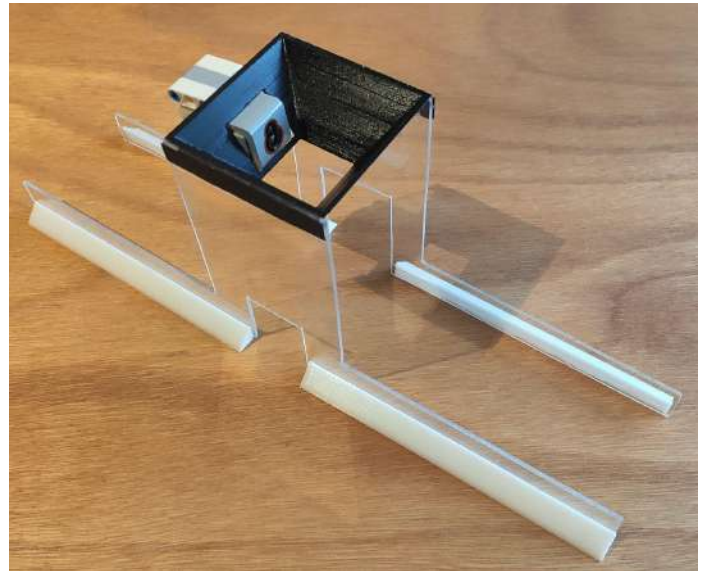
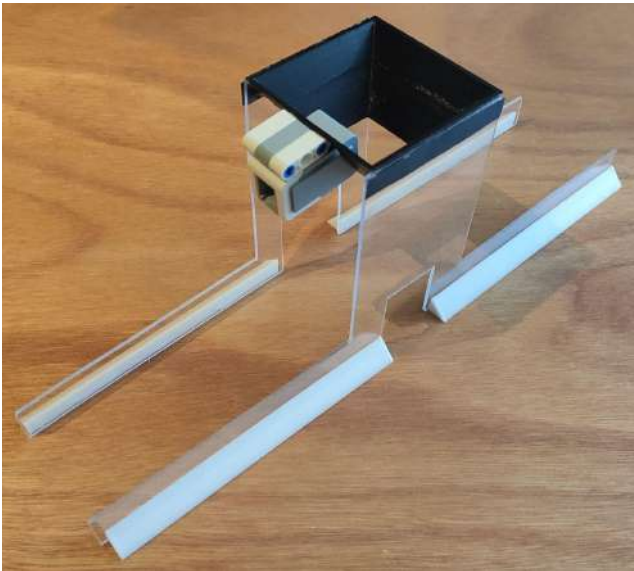


### 5.3. SENSOR DE COLOR DE LA TOLVA + CAIXA CLASSIFICADORA

Per muntar el sensor de color de la tolva, que ens permet saber el color de la peça, i la caixa classificadora ens farà falta el següent material.

Descripció / Components	Unitats
Peça impresa (nom STL: 5.3)	1
Sensor de color (LEGO mindstorms)	1
DM 44x22.5 cm i gruix de 3 mm	1

Primer de tot agafarem el sensor de color i el posarem al forat lateral de la tolva, amb una gota de silicona unirem aquestes dues peces, tal com es pot veure a les següents imatges.



\*Les dues peces de color blanc que es veuen als laterals del sensor els hi he afegit perquè sigui més resistent la unió entre el sensor i la tolva.

Seguidament agafarem l'estructura del pas anterior i col·locarem cinta de doble cara a les quatre bases i l'enganxarem a 5 cm del lateral esquerre i 5 cm del frontal del DM, prèviament tallat a mida. És important que la peça impresa 5.3 pugui lliscar de manera fluida entre els carrils de metacrilat. En cas que l'estructura no aguantés amb cinta de doble cara sempre es pot reforçar amb silicona. (És recomanable deixar un o dos mil·límetres de marge per assegurar-nos que la caixa podrà lliscar lliurement). \*A 1,5 cm d'altura i al centre de la caixa cal enganxar un gomet vermell rodó com a la imatge.

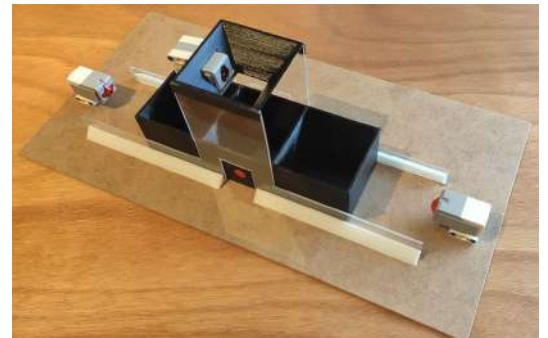


#### 5.4. INSTAL·LACIÓ DELS SENSORS I MECANISMES

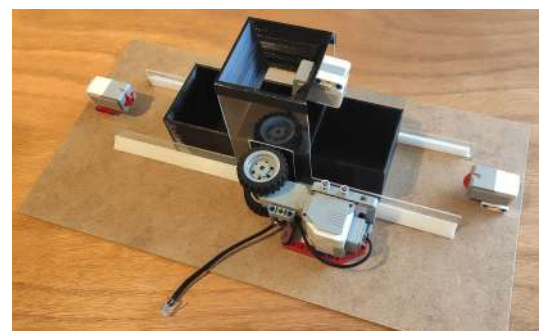
En aquest apartat acabarem d'instal·lar la resta de sensors i els mecanismes que abans hem muntat per tenir gairebé enllestida la secció de classificació. Per fer-ho ens caldrà el següent material:

Descripció / Components	Unitats
Sensor de tacte (LEGO mindstorms)	2
Sensor de color (LEGO mindstorms)	1
Mecanisme 1	1
Mecanisme 2	1
Sensor de color	1
Brick EV3 (LEGO mindstorms)	1
Bateria brick EV3 (LEGO mindstorms)	1

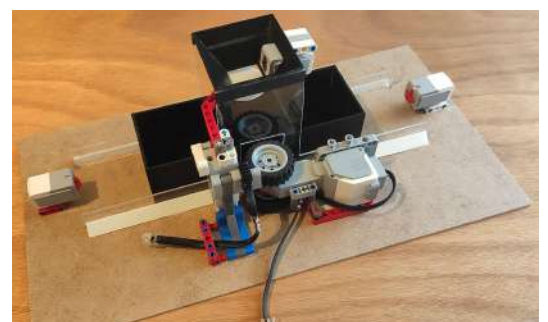
Primer de tot col·locarem els dos sensors de tacte com a finals de carrera de la caixa de classificació (aproximadament sobra 1,5 cm entre el sensor i el final del DM) tal com es pot veure a la imatge del lateral. En el meu cas al principi s'aguanten amb cinta de doble cara, però després d'algunes proves s'arrenquen, així que finalment els vaig enganxar amb silicona.



Seguidament, amb cinta de doble cara o en cas que no aganti amb silicona, col·locarem el mecanisme 1 de tal manera que les dues rodes toquin la caixa pel forat gran del metacrilat 2 (darrere).

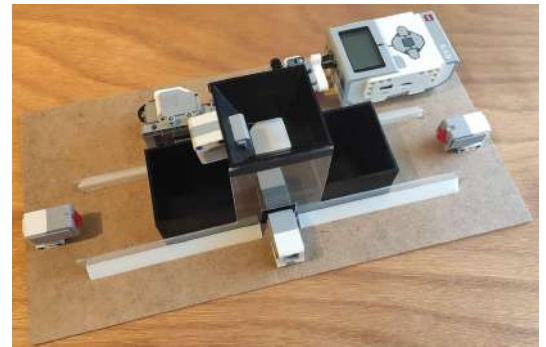


Ara agafem el mecanisme 2 i el posarem al costat de la roda, de tal manera que la tapa rodona tapi de manera completa el forat de la tolva. Aquest mecanisme també s'hauria d'aguantar amb cinta de doble cara.





Per acabar col·locarem un sensor de color (amb cinta de doble cara) centrat al forat del metacrilat 1 (frontal) i a 5 mm de la caixa de classificació. A més a més a la part del darrere i a la dreta hi col·loquem el brick EV3 amb la corresponent bateria, elevat amb unes peces de LEGO i enganxat amb silicona, ja que amb cinta de doble cara es desenganxa fàcilment.



### 5.5. INSTAL·LACIÓ DELS CABLES

Aquest és l'últim apartat a fer per tenir acabada la classificadora, el que farem és connectar mitjançant cables el brick amb els sensors i actuadors.

Descripció / Components	Unitats
Cable LEGO mindstorms de 25 cm	3
Cable LEGO mindstorms de 35 cm	2
Cable LEGO mindstorms de 50 cm	1

#### SENSORS:

Utilitzarem un cable de 50 cm per connectar el sensor de tacte (final de carrera) més llunyà al brick (port 4).

Amb un cable de 25 cm connectarem el segon sensor de tacte (final de carrera) al port 3.

El sensor de color que es troba al forat lateral de la tolva el connectarem al port 2 amb un cable de 35 cm.

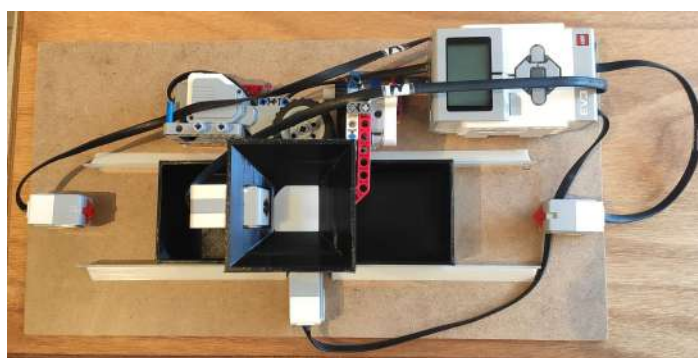
I per acabar amb els sensors, amb un cable de 35 cm connectarem el sensor de color de la part frontal al port 1.

#### ACTUADORS:

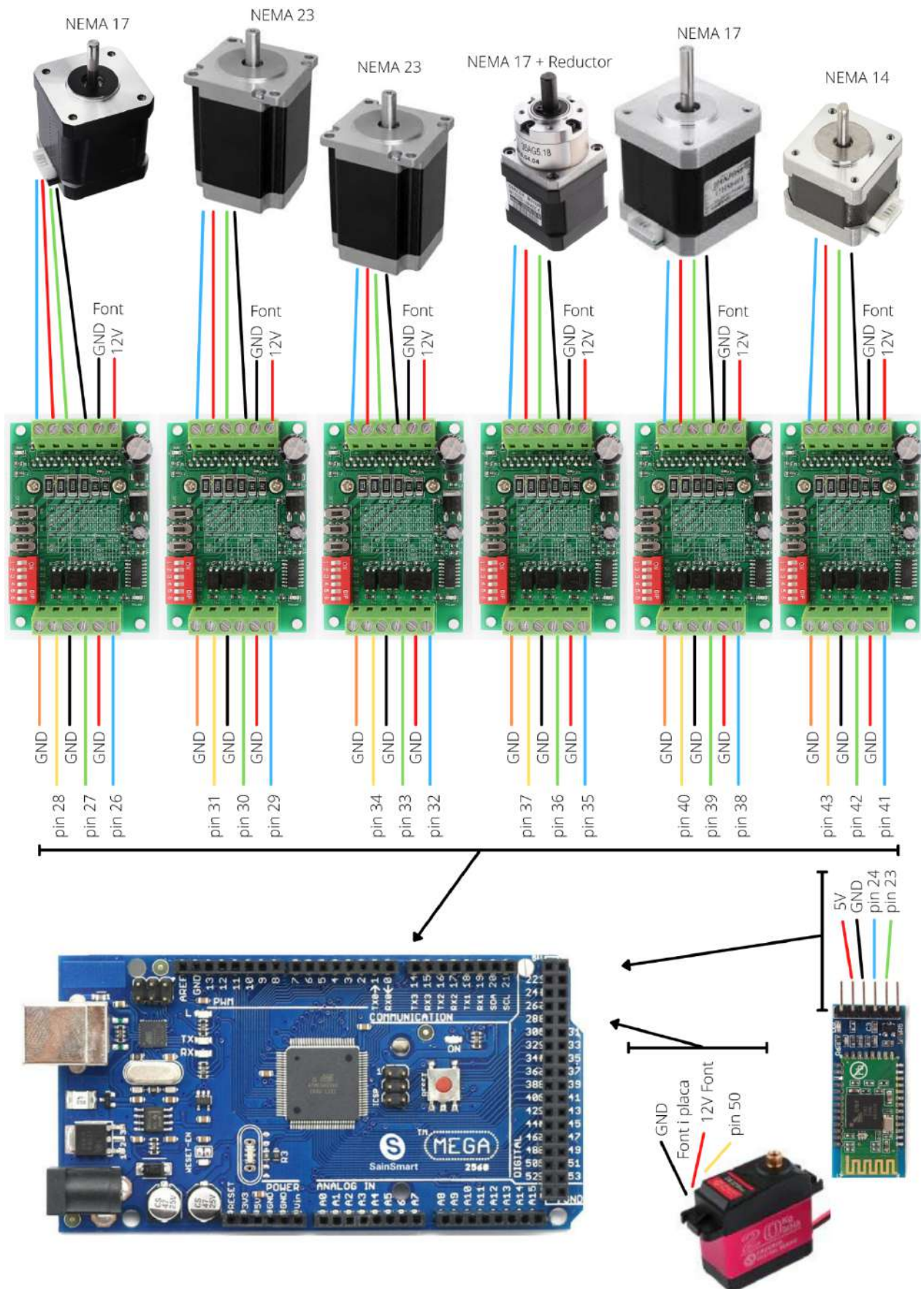
El motor gran (mecanisme 1) el connectarem al port D amb un cable de 25 cm.

I el motor mitjà (mecanisme 2) el connectarem al port C amb un cable de 25 cm.

El resultat final del cablatge de la classificadora hauria de ser semblant al següent.



## 6. ESQUEMA ELÈCTRIC ARDUINO:



## 7. ESQUEMA ELÈCTRIC LEGO MINDSTORMS EV3:



Cable 50cm



Cable 35cm



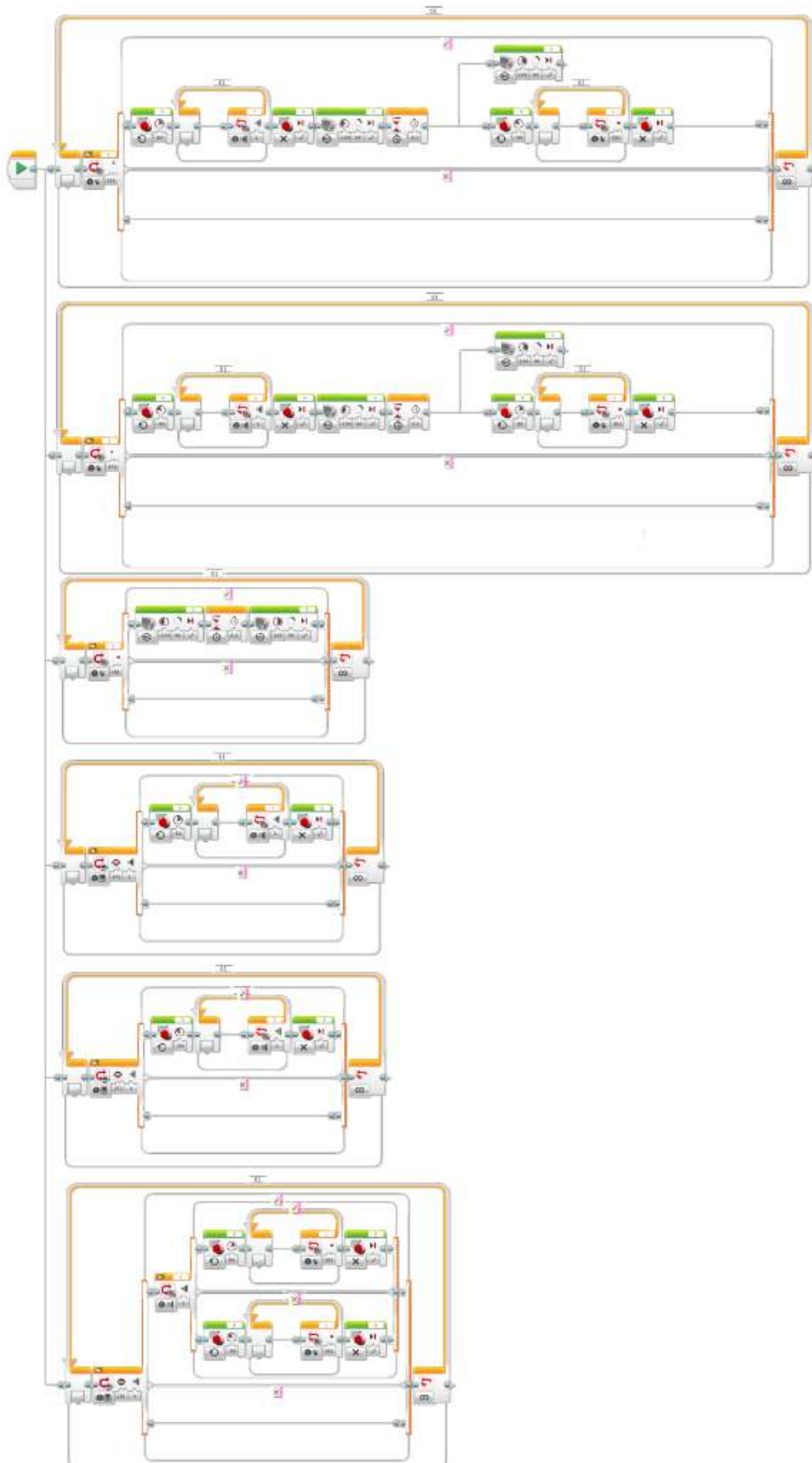
Cable 35cm



Cable 25cm

\*Els cables han de ser de la marca LEGO Mindstorms EV3

## 8. PROGRAMA COMPLET LEGO MINDSTORMS EV3





## 9. PROGRAMA COMPLET ARDUINO MEGA 2560

```
//Marc Darnés Castanyer.
//Treball de Recerca.
//01/07/2021.
//Programa classificadora

//.....

//PROGRAMA:                                // DESCRIPCIÓ DEL PROGRAMA:

                                           // Assignem noms als pins ocupats de la placa
                                           // MOTOR_1_STEP = nom assignat i 26 = entrada digital
#define MOTOR_1_STEP 26                    // STEP motor eix 1 al pin 26
#define MOTOR_1_DIR 27                     // DIR motor eix 1 al pin 27
#define MOTOR_2_1_STEP 29                  // STEP motor eix 2.1 al pin 29
#define MOTOR_2_1_DIR 30                   // DIR motor eix 2.1 al pin 30
#define MOTOR_2_2_STEP 32                  // STEP motor eix 2.2 al pin 32
#define MOTOR_2_2_DIR 33                   // DIR motor eix 2.2 al pin 33
#define MOTOR_3_STEP 35                    // STEP motor eix 3 al pin 35
#define MOTOR_3_DIR 36                     // DIR motor eix 3 al pin 36
#define MOTOR_4_STEP 38                    // STEP motor eix 4 al pin 38
#define MOTOR_4_DIR 39                     // DIR motor eix 4 al pin 39
#define MOTOR_5_STEP 41                    // STEP motor eix 5 al pin 41
#define MOTOR_5_DIR 42                     // DIR motor eix 5 al pin 42

#include <Servo.h>                          // Llibreria per controlar el servomotor
Servo servomotor;                          // Nom que donem al nostre servomotor

char valor;                                // Variable per indicar que arriba un valor

//.....

void setup() { //..... EL BRAÇ FARÀ LA SEQÜÈNCIA DEL "void setup" UNA VEGADA

Serial.begin(9600);

pinMode (MOTOR_1_STEP, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_1_DIR, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_2_1_STEP, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_2_1_DIR, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_2_2_STEP, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_2_2_DIR, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_3_STEP, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_3_DIR, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_4_STEP, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_4_DIR, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_5_STEP, OUTPUT);
pinMode (MOTOR_5_DIR, OUTPUT);

servomotor.attach(53);                      // PIN DE LA PLACA ON TENIM EL SERVO CONNECTAT

} //..... FI DE LA SEQÜÈNCIA "void setup"

//.....

void stopp() {                              // PARO EMERGÈNCIA
delay (10000000);
}

//.....
```

```

void loop() { //..... EL BRAÇ REPETIRÀ LA SEQÜÈNCIA DEL "void loop" INFINITAM

if (Serial.available()) { //..... Si el port serie (Bluetooth) està disponible

    valor = Serial.read();                // Llegir la dada via Bluetooth

//.....

if (valor == '1') { //..... Si la dada que arriba és un "1" executar el següent coc

//..... PRIMERS MOVIMENTS QUE FA EL BRAÇ
//..... EL BRAÇ VA A BUSCAR EL CUB MÉS ALLUNYAT

servomotor.write (0);                    // Obertura màxima de la pinça

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH);          // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 5000; i++) {          // Nombre de passos que ha de fer el motor = 5000
    valor = Serial.read();              // Llegir la dada via Bluetooth
    if(valor == '2')stopp();            // Codi que executa el paro d'emergència
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
    delay(1);                           // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
    delay(1);                           // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW);          // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, LOW);       // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, HIGH);      // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH);        // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW);         // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 400; i++) {          // Nombre de passos que ha de fer el motor = 400
    valor = Serial.read();              // Llegir la dada via Bluetooth
    if(valor == '2')stopp();            // Codi que executa el paro d'emergència
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
    delay(1);                           // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
    delay(1);                           // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 900; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 900
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 1600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 1600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 300; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 300
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 100; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 100
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
delay (500); // Temps d'espera de 0,5 seg

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB MÉS ALLUNYAT
//..... MOVIMENTS PER ANAR A DEIXAR EL CUB A LA CLASSIFICADORA

```

```

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 100; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 100
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (0); // Obrir la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA DEIXAT EL CUB A LA CLASSIFICADORA
//..... MOVIMENTS PER ANAR A BUSCAR EL CUB DEL CENTRE

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```



```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 250; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 250
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 400; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 400
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB

//.....

for (int i=0; i=10001; i++) { //..... EL BRAÇ REPETIRÀ LA SEQÜÈNCIA DEL "for" 1000 vegades

//..... MOVIMENTS PER ANAR A DEIXAR EL CUB DEL CENTRE A LA CLAS

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 200; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 200
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1);
}

servomotor.write (0); // Obra la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA DEIXAT EL CUB A LA CLASSIFICADORA
//..... MOVIMENTS PER ANAR A BUSCAR EL CUB MÉS PROPER

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergènciadigitalWrite (MOTO
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 350; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 350
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB
//..... MOVIMENTS PER ANAR A DEIXAR EL CUB MÉS PROPER A LA CLAS

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 350; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 350
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (0); // Obra la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA DEIXAT EL CUB A LA CLASSIFICADORA
//..... MOVIMENTS PER ANAR A BUSCAR EL CUB MÉS LLUNYÀ

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 100; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 100
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB
//..... MOVIMENTS PER ANAR A DEIXAR EL CUB MÉS LLUNYÀ A LA CLA

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```



```

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 100; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 100
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (0); // Obra la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA DEIXAT EL CUB A LA CLASSIFICADORA
//..... MOVIMENTS PER ANAR A BUSCAR EL CUB DEL CENTRE

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 250; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 250
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 400; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 400
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB DEL CENTRE
} //..... FI DE LA SEQÜÈNCIA "for"
} //..... FI DEL PROGRAMA "AUTONOMIA TOTAL"

//.....
//..... "AUTONOMIA PARCIAL"

if (valor == 'A') { //..... Si la dada que arriba és una "A" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 956; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 956 pa
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}
}

```

```

if (valor == 'B') { //..... Si la dada que arriba és una "B" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 50; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_1_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'C') { //..... Si la dada que arriba és una "C" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 638; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 638 pa
digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_1_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'D') { //..... Si la dada que arriba és una "D" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 50; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_1_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'E') { //..... Si la dada que arriba és una "E" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 325; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 325 pa
digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_2_1_STEP, LOW);
digitalWrite(MOTOR_2_2_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'F') { //..... Si la dada que arriba és una "F" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 50; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_2_1_STEP, LOW);
digitalWrite(MOTOR_2_2_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

```



```

}

if (valor == 'G') { //..... Si la dada que arriba és una "G" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, HIGH);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, LOW);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 325; i++) {              // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 325 pa
digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_2_1_STEP, LOW);
digitalWrite(MOTOR_2_2_STEP, LOW);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'H') { //..... Si la dada que arriba és una "H" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, HIGH);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, LOW);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 50; i++) {              // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_2_1_STEP, LOW);
digitalWrite(MOTOR_2_2_STEP, LOW);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'I') { //..... Si la dada que arriba és una "I" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 2713; i++) {            // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 2713 p
digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_3_STEP, LOW);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'J') { //..... Si la dada que arriba és una "J" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 50; i++) {              // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_3_STEP, LOW);
delay(1);                                   //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}
}

```

```

if (valor == 'K') { //..... Si la dada que arriba és una "K" executar el següent cc

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vi
for(int i = 0; i < 2713; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 2713 p
digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_3_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'L') { //..... Si la dada que arriba és una "L" executar el següent cc

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vi
for(int i = 0; i < 50; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_3_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'M') { //..... Si la dada que arriba és una "M" executar el següent cc

digitalWrite(MOTOR_4_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vi
for(int i = 0; i < 103; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 103 pa
digitalWrite (MOTOR_4_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_4_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'N') { //..... Si la dada que arriba és una "N" executar el següent cc

digitalWrite(MOTOR_4_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vi
for(int i = 0; i < 25; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 25 pas
digitalWrite (MOTOR_4_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_4_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'O') { //..... Si la dada que arriba és una "O" executar el següent cc

digitalWrite(MOTOR_4_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vi
for(int i = 0; i < 103; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 103 pa
digitalWrite (MOTOR_4_STEP, HIGH);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
digitalWrite(MOTOR_4_STEP, LOW);
delay(1); //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}
}

```

```

if (valor == 'P') { //..... Si la dada que arriba és una "P" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_4_DIR, HIGH);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 25; i++) {             // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 25 pas
  digitalWrite (MOTOR_4_STEP, HIGH);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite(MOTOR_4_STEP, LOW);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'Q') { //..... Si la dada que arriba és una "Q" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 313; i++) {           // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 313 pa
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite(MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'R') { //..... Si la dada que arriba és una "R" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW);           // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 50; i++) {           // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite(MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'S') { //..... Si la dada que arriba és una "S" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH);         // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 313; i++) {           // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 313 pa
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite(MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

if (valor == 'T') { //..... Si la dada que arriba és una "T" executar el següent co

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH);         // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir que vu
for(int i = 0; i < 50; i++) {           // Nombre de passos que ha de fer el motor, exemple 50 pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite(MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1);                               //Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}
}

```

```

if (valor == 'V') { //..... Si la dada que arriba és una "V" executar el següent cc

    servomotor.write (0); // Obertura màxima de la pinça

}

if (valor == 'W') { //..... Si la dada que arriba és una "W" executar el següent cc

    servomotor.write (127); // Tancar la pinça

}

//..... FI DEL PROGRAMA "AUTONOMIA PARCIAL"

//.....

//..... PROGRAMA "DEMOSTRACIÓ"

if (valor == 'X') { //..... Si la dada que arriba és una "X" executar el següent cc

//..... PRIMERS MOVIMENTS QUE FA EL BRAÇ
//..... EL BRAÇ VA A BUSCAR EL CUB MÉS ALLUNYAT

servomotor.write (0); // Obertura màxima de la pinça

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 5000; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 5000
    valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
    if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
    delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
    delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 400; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 400
    valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
    if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
    delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
    digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
    digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
    delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 900; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 900
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 1600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 1600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 300; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 300
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 100; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 100
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
delay (500); // Temps d'espera de 0,5 seg
servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
delay (500); // Temps d'espera de 0,5 seg

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB MÉS ALLUNYAT
//..... MOVIMENTS PER ANAR A DEIXAR EL CUB A LA CLASSIFICADORA

```

```

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 100; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 100
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (0); // Obrir la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA DEIXAT EL CUB A LA CLASSIFICADORA
//..... MOVIMENTS PER ANAR A BUSCAR EL CUB DEL CENTRE

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```



```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 250; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 250
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 400; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 400
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB
//..... MOVIMENTS PER ANAR A DEIXAR EL CUB DEL CENTRE A LA CLAU

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 200; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 200
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (0); // Obra la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA DEIXAT EL CUB A LA CLASSIFICADORA
//..... MOVIMENTS PER ANAR A BUSCAR EL CUB MÉS PROPER

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergènciadigitalWrite (MOTO
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```



```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 350; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 350
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (127); // Tancar la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA AGAFAT EL CUB
//..... MOVIMENTS PER ANAR A DEIXAR EL CUB MÉS PROPER A LA CLA

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 500; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 500
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 350; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 350
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 3575; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 3575
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_5_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 600; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 600
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

servomotor.write (0); // Obra la pinça
valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència

//..... EL BRAÇ HA DEIXAT EL CUB A LA CLASSIFICADORA
//..... RETORN A LA POSICIÓ INICIAL

delay (500); // Temps d'espera de 0,5 seg

servomotor.write (160); // Tancar la pinça per complet

digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 2775; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 2775
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

```

```

digitalWrite(MOTOR_1_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 675; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 675
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_5_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 375; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 375
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_5_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}

digitalWrite(MOTOR_2_1_DIR, HIGH); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_2_2_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
digitalWrite(MOTOR_3_DIR, LOW); // Posar HIGH o LOW en funció de la direcció de gir
for(int i = 0; i < 250; i++) { // Nombre de passos que ha de fer el motor = 250
  valor = Serial.read(); // Llegir la dada via Bluetooth
  if(valor == '2')stopp(); // Codi que executa el paro d'emergència
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, HIGH);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, HIGH);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
  digitalWrite (MOTOR_2_1_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_2_2_STEP, LOW);
  digitalWrite (MOTOR_3_STEP, LOW);
  delay(1); // Temps d'espera de 0,001 seg entre cada pas
}
}
}

//..... FI DEL PROGRAMA "DEMOSTRACIÓ"

} //..... Si el port serie (Bluetooth) està disponible
} //..... TORNA A REPETIR EL "void loop"

//..... FI DEL PROGRAMA

```