



EPS

Escola Politècnica

UdG Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau Enginyeria Mecànica.

Títol: DISSENY D'UNA TAULA DE POSICIONAMENT MOTORITZADA.

Document: MEMÒRIA I ANNEXES

Alumnes: Pol Xena i Pujol.

Director/Tutor: Dr. J.Andreu Mayugo Majó.

Departament: Enginyeria Mecànica i De la Construcció Industrial.

Àrea: EM.

Convocatòria : Juny 2013

ÍNDEX MEMÒRIA I ANNEXES

1. Introducció.	
1.1 Antecedents	2
1.1.1 Dificultat de control en l'eix z.	5
1.1.2 Disseny defectuós.	6
1.1.3 Quadre de comandament i cablejat obsolet	6
1.2 Objectiu	7
1.3 Especificacions i abast	7
1.3.1 Especificacions	7
1.3.1 Abast.	9
2. Descripció conceptual.	10
3. Subconjunt eix x, y i z	11
3.1.Principi de funcionament.	11
3.2 Motor pas a pas.	12
3.3 Acoblament.	12
3.4. Fus trapezoïdal.	13
3.5 Femella.	14
3.6 Suport fus.	14
3.7 Rails i patins.	15
3.8 Peces fabricació.	15
3.9 Patins i rails eix z.	16
4.Subconjunt tríode.	16
5.Resum pressupost.	17
6. Conclusions .	17
7. Referències.	17
8. Relació de documents.	19
ANNEX A: CÀLCULS DEL MOTOR	
A.1. Càlcul velocitat motor.	20
A.2. Càlcul parell motor.	21
A.3. Elecció motor.	24
ANNEX B: CATÀLEGS.	
B.1. Catàleg fus trapezoïdal.	27
B.2. Catàleg conjunt rail patins eix z.	28
B.3. Catàleg conjunt rail patins.	30
B.4. Catàleg acoblament elàstic.	31
B.5. Catàleg motors.	32

B.6. Catàleg suport fus .	35
ANNEX C: EXPEDIENT SEURETAT	
C.1. Dades generals.	37
C.2. Requisits essencials de seguretat.	37
C.3. Condicions de funcionament.	38
C.2. Condicions de manteniment.	38
ANNEX D: AUTOMATITZACIÓ.	
D.1. Introducció.	41
D.2. Descripció de la solució.	41
D.2.1 Microcontrolador.	41
D.2.1.1 Alimentació, entrades i sortides.	43
D.2.1.2 PWM.	44
D.2.2 Pont en h.	45
D.2.3 Sistema comunicació. Joystik.	47
D.2.4 Sensors final carrera.	48
D.2.5 Font alimentació.	48
D.3. Esquema connexions.	49
D.4. Codi programació.	50
D.4.1 Codis preliminars.	54
D.4.1.1 Codi control dos motors dc amb pont en h i Joystik.	54
D.4.1.2 Codi control sentit led amb finals de cursa.	56

MEMÒRIA

1 INTRODUCCIÓ

El grup de recerca i centre de transferència tecnològica AMADE realitza actualment un gran nombre d'assaigs de visualització del front d'esquerda, s'ha detectat la necessitat de millorar els equips de posicionament que usen actualment, així doncs, és d'aquí on neix el projecte anomenat "Disseny d'una taula de posicionament motoritzada".

1.1 ANTECEDENTS

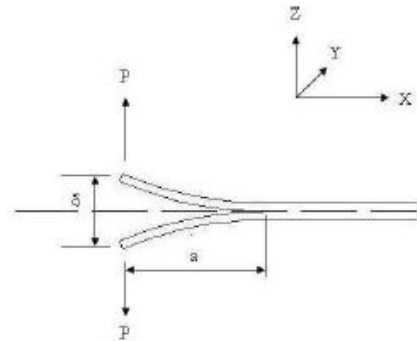
Una de les grans preocupacions en el disseny de peces amb material compòsit és la delaminació entre capes quan l'element està sotmès a càrregues estàtiques, cícliques i de fatiga. A AMADE estudien els defectes interlaminars mitjançant assajos experimentals que consisteixen en fer créixer una esquerda de forma controlada, en una proveta definida per tal de mesurar l'energia necessària per a la seva propagació. Un dels assajos que usen és el DCB, doble biga amb voladís; un procediment per determinar la tenacitat a la fractura en mode de falla I, del material compòsit, i el qual està definit a les normes ISO 15024 [1] i ASTM D5528 [2].

En aquests tipus d'assajos cal coordinar simultàniament una sèrie d'elements d'adquisició i control i això no sempre és fàcil per l'operari. És molt important facilitar-ne la tasca ja que aquests tipus d'assajos són destructius. És a dir, intenten determinar el comportament del material amb requeriments de tipus físic, com són els esforços de tracció i que acaben fent malbé la proveta. Queda clar doncs, que uns assajos incorrectes poden representar un cost econòmic elevat, en forma de provetes fetes malmeses.

Actualment, el grup d'AMADE disposa de dues taules de posicionament que permeten fer el seguiment del front d'esquerda en temps real. Com que el front canvia a mesura que avança l'assaig, cal que la càmera que el visualitza estigui sempre ben enfocada. Per aconseguir-ho, els eixos que suporten la càmera han de ser mòbils i governables mitjançant un quadre de comandament.



(a)



(b)

Figura 1. (a) Taula de posicionament eix X i Y. (b) Pla d'observació del front d'esquerda.

La primera d'elles, va ser encarregada per construir a Xavier Gómez; enginyer especialista en aquest tipus de maquinaria. La segona va ser realitzada per Jaume Vives en el Projecte Final de Carrera [3]. A continuació, en la Taula 1 i en la Figura 1 es fa una breu descripció gràfica i escrita de cadascuna d'elles.

Taula nº 1.

Taula nº 2.

Conjunt mecànic	El conjunt mecànic consta d'una taula roscada accionada per dos motors DC que permeten el moviment de la càmera en l'eix X i Y. Els components són en la gran majoria comercials	Aquesta taula en canvi permet el moviment en els tres eixos i està formada per un sistema de guiatge amb patins lineals accionats per motors pas a pas. El conjunt en sí és de la casa americana Questar.
Sistema de control	El quadre de comandament governa l'eix X i Y. Consta de dos potenciòmetres que graduen la velocitat dels motors i la botonera	Pel que fa al control es disposa de dos quadres de comandament; un governa l'eix Z i l'altre el X i Y. Consta de dos <i>Joystik</i> que governen la velocitat i

en governa el sentit.

direcció dels motors pas a pas. El quadre té una sortida Usb que permet connectar-se al Ordinador i variar els paràmetres de control del motor

Taula 1. Comparativa de les dues taules de posicionament.



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 1. (c) Taula posicionament de Jaume Vives. (d) Taula de posicionament de Xavier Gómez. (e) Quadre de control de la taula 1. (f) Quadre de control de la taula 2.

Els operaris que manipulen aquestes màquines han detectat una sèrie de problemes en la taula de posicionament 1, que els impedeix treballar amb comoditat, elevat així el risc d'assajos nuls. La fita d'aquest projecte és intentar minimitzar-los al màxim oferint una solució econòmicament viable i tècnicament correcte.

A continuació s'enumeren els problemes que presenta aquesta taula.

1.1.1 DIFICULTAT DE CONTROL DEL ZOOM EN L'EIX Z.

a) Govern dels eixos.

Durant l'assaig, l'operari ha de fer un seguiment en temps real del front d'esquerda. Per fer-ho maniobra l'eix X i Y de la taula amb la botonera, mentre visualitza en un monitor la imatge en temps real de la càmera. Això li suposa tenir una mà ocupada.

b) Enregistrament de dades.

Pel que fa a l'assaig, a mesura que avança el front d'esquerda l'operari ha d'enregistrar dades cada cert temps . Aquestes dades venen donades per les cèl·lules de càrrega que hi ha situades en els equips pneumàtics. Això li suposa tenir l'altre mà ocupada.

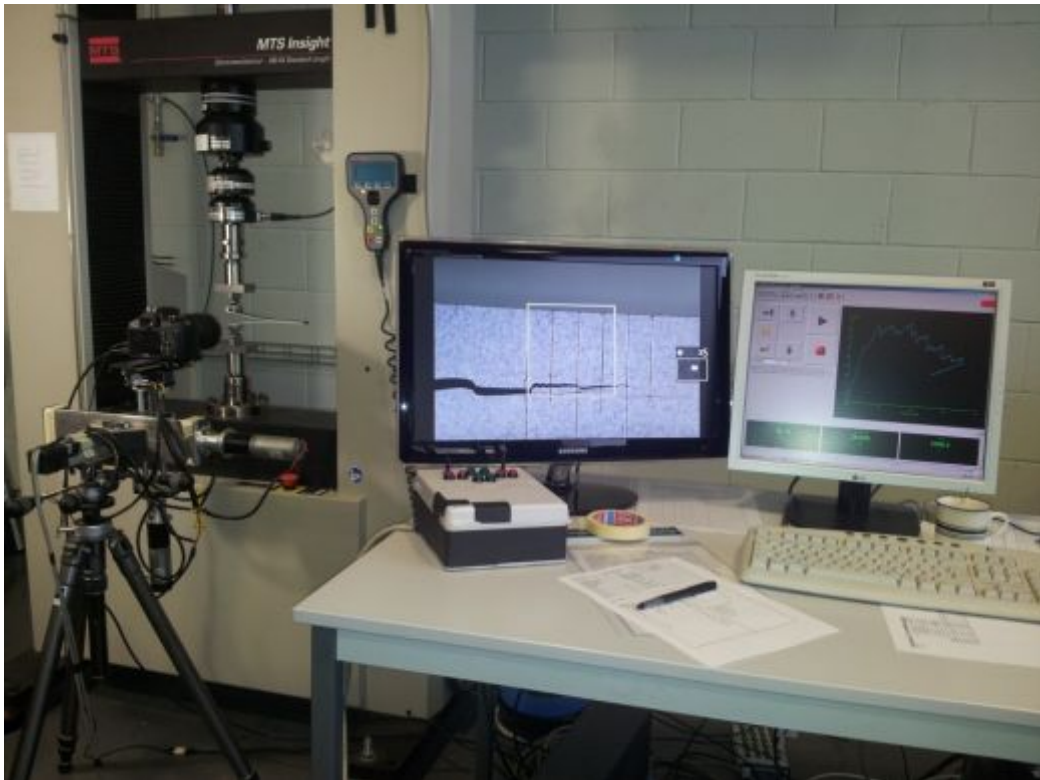


Figura 2. El monitor de l'esquerra representa la imatge en temps real de la càmera. El monitor de la dreta representa el programa d'enregistrament de dades.

c) Desenfocament.

Si la càmera es desenfoca en l'eix Z, l'operari ha de minimitzar la pantalla d'introducció de dades i ajustar l'enfocament de la càmera amb un programa que governa el zoom digital de la càmera.

Així doncs, si tenim la combinació de tots tres factors (cosa bastant comú), hi ha perill que alguna dada no sigui presa en el moment que toca perquè l'operari no disposa de prou mans per gestionar-ho tot, elevat així el risc d'assaig nul.

1.1.2 DISSENY DEFECTUÓS.

La taula de posicionament té una taula roscada de la casa Igus que permet el moviment dels dos eixos. El problema és que el trípod no s'acobla prou bé a la taula i això fa que hi hagi un cert joc, que a vegades es transmet en vibracions i errors de mesura. La zona encerclada en vermell de la Figura 3 és on es produeix aquest joc.



Figura 3. Vista lateral de la taula de posicionament n°1.

1.1.3 QUADRE DE COMANDAMENT I CABLEJAT OBSOLET.

Tal com s'observa en la Figura 1.(e), el quadre de comandament funciona amb dos potenciòmetres que regulen la velocitat dels motors, i els botons serveixen per donar-los el sentit correcte. Per a donar qualsevol dels sentits als motors s'ha de prémer els dos botons alhora, i això a vegades resulta poc pràctic. Un sistema tipus joystick seria una solució a aquest problema.

Pel que fa al cablejat, es troba en molt males condicions i a vegades algunes connexions no fan bon contacte. Podem dir doncs, que en general, tot el sistema de comandament està en bastant mal estat i això eleva novament el risc d'assaigs nuls i d'errors de mesura.



(g)



(h)



(i)

Figura 4. (g),(h),(i) Diferents vistes del mal estat del cablejat de la taula de posicionament n°1.

1.2 OBJECTIU

L'objecte d'aquest projecte és dissenyar una taula de posicionament motoritzada que permeti el desplaçament d'una càmera en tres eixos. L'ús propi de la taula serà fer el seguiment del front d'esquerda en un dels assaigs que es fan actualment al centre AMADE.

Paral·lelament, també dins d'aquest projecte, hi ha l'objectiu d'implementar un sistema de control sobre la taula de posicionament de dos graus de llibertat que s'usa actualment al laboratori. Aquest sistema haurà de servir com a prototipus pel nou disseny objecte d'aquest treball.

1.3 ESPECIFICACIONS I ABAST

1.3.1 ESPECIFICACIONS

A continuació, en les Taules 2 i 3 es detallen les especificacions de disseny del projecte, tant de la part mecànica com de la d'automatització.

Tema	R/ D	Descripció
Mides.	R	Ha de tenir una altura mínima de treball de 1.600mm.
Transport	R	Ha de ser mòbil.
Eixos.	R	El conjunt ha de permetre el posicionament de la càmera en tots els eixos de treball i així evitar la problemàtica descrita en l'apartat a) dels antecedents.
Pes.	D	Ha de ser lleuger però prou estable per a evitar vibracions i interferències externes.
Manteniment.	D	Ha de tenir manteniment mínim, aproximadament d'un cop cada 3 mesos, o de 200 hores de treball. S'ha de garantir una durabilitat del conjunt de 10 anys mínim.
Posicionament.	R	Degut als requeriments dels assaigs, el posicionament de la càmera ha de garantir uns desplaçaments mínims en cada eix. <ul style="list-style-type: none"> - Per l'eix longitudinal i paral·lel al terra (X): entre 100 i 150 mm de recorregut útil. - Per l'eix perpendicular al terra (Y): entre 70 i 100 mm de recorregut útil. - Per l'eix perpendicular al X i paral·lel al terra (Z): entre 40 i 70 mm de recorregut útil.
Velocitat.	R	Degut a la tipologia de l'assaig, s'ha de garantir que el posicionament de la càmera en els diferents eixos es pugui fer a diferents velocitats.
Cost.	D	≤ 1400€

Taula 2. Especificacions mecàniques.

Tema	R/ D	Descripció
Compatibilitat	R	En un futur AMADE vol fer que el seguiment d'esquerda es faci per visió artificial i el sistema de posicionament sigui completament automàtic, per això, s'ha de fer un sistema de control que permeti poder implementar aquesta tecnologia a la llarga.
Quadre comandament mòbil.	D	El quadre de comandament ha de permetre controlar la taula de posicionament a una distància mínima de 1.000mm.

Joystik	D	El control de velocitat i posicionament dels motors es recomanable que es pugui fer amb un sistema tipus <i>Joystik</i> .
Quadre de comandament	D	Ha de ser lleuger però prou estable per a evitar vibracions i interferències externes.
Cost.	R	$\leq 150\text{€}$

Taula 3. Especificacions de l'automatització.

1.3.2 ABAST

S'ha dissenyat una taula de posicionament motoritzada amb tres graus de llibertat que compleix amb les especificacions i que intenta aportar una solució a la necessitat del laboratori AMADE. El disseny de la màquina es troba documentat en els documents memòria i plànols, tot i que no s'ha executat materialment.

S'ha dissenyat també un sistema de control per la taula de posicionament ja existent al laboratori i que haurà de servir de prototipus de la taula dissenyada en aquest projecte. El sistema de control es troba en l'Annex D. Automatització.

2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL

El mecanisme consisteix en una taula de posicionament motoritzada que permet el desplaçament de la càmera digital en tres eixos. El principi de funcionament es basa en uns motors pas a pas que fan girar un fus roscat que transmet el parell a les parts mòbils gràcies a una femella que hi té acoblada. Unes guies amb patins lineals permeten el desplaçament relatiu de les parts mòbils respecte les fixes del conjunt.

Pel que fa al control de posicionament, es disposen de dos sensors finals de cursa en cada eix.

La base del conjunt és un trípede que disposa de rodes multidireccionals que permeten desplaçar tota la taula de forma fàcil i segura.

Tal com s'observa en la Figura 1, la terminologia que s'usarà en els diferents apartats del treball serà; l'eix longitudinal i paral·lel al pla del terra s'anomenarà "X", l'eix perpendicular al pla del terra; "Y", i l'eix perpendicular al X i Y i paral·lel al terra s'anomenarà "Z".

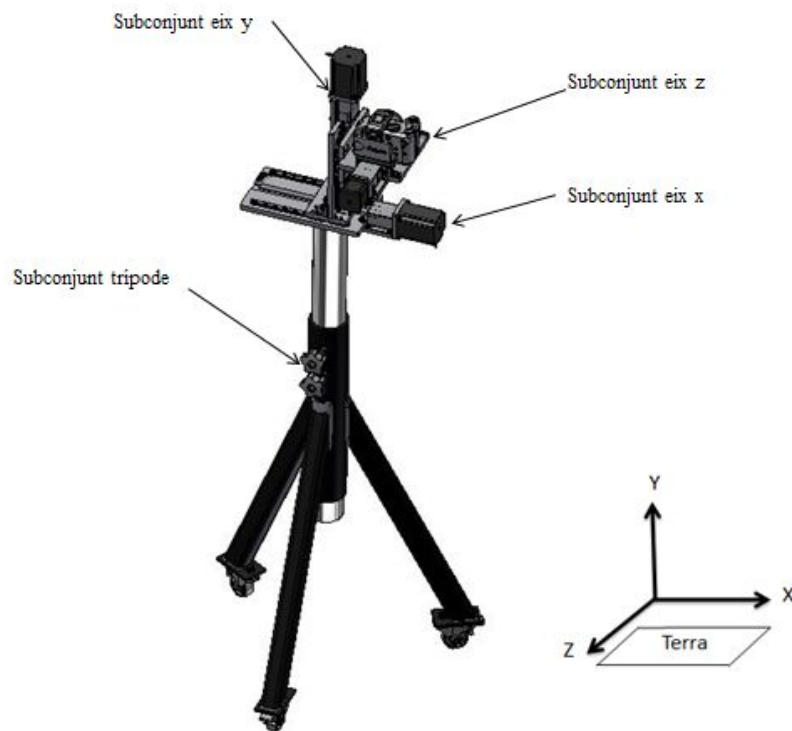


Figura 1. Taula de posicionament i eixos de referència.

La taula de posicionament està dividida en quatre subconjunts; subconjunt eix x, subconjunt eix y, subconjunt eix z i subconjunt trípede.

- El subconjunt eix X permet que els subconjunts Y i Z es desplacin en paral·lel al pla del terra. D'aquesta manera s'aconsegueix posicionar la càmera quan el front d'esquerda es desplaça en horitzontal. La carrera útil és de 113 mm.
- El subconjunt eix Y permet que el subconjunt eix Z es desplaci en perpendicular al pla del terra. En aquest cas l'objectiu és fer el de posicionar la càmera quan el front d'esquerda es desplaça en vertical. La carrera útil és de 73 mm.
- El subconjunt eix Z, a diferència del X i Y, s'encarrega de desplaçar la càmera en l'eix z quan aquesta es desenfoca. La carrera útil és de 75 mm.
- Finalment, el subconjunt trípod té la funció de desplaçar tota la taula horitzontalment, i també la de posicionar ràpidament l'altura en l'eix y de tot el conjunt.

3 SUBCONJUNTS EIX X, Y i Z.

En els següents apartats es descriurà els elements principals que conformen els subconjunts x, y i z, i també s'explicarà el principi de funcionament.

3.1 PRINCIPI DE FUNCIONAMENT.

Fent referència a la Figura 2 s'explica el principi de funcionament, comú als tres subconjunts;

- Un motor pas a pas transmet el parell a un fus roscat a través d'un acoblador.
- Quan el fus gira, una femella roscada que hi ha acoblada al fus també ho fa.
- Unes rails lineals amb patins permeten el moviment relatiu de la femella respecte fus, ja que el fus és solidari a les guies i la femella ho és als patins.

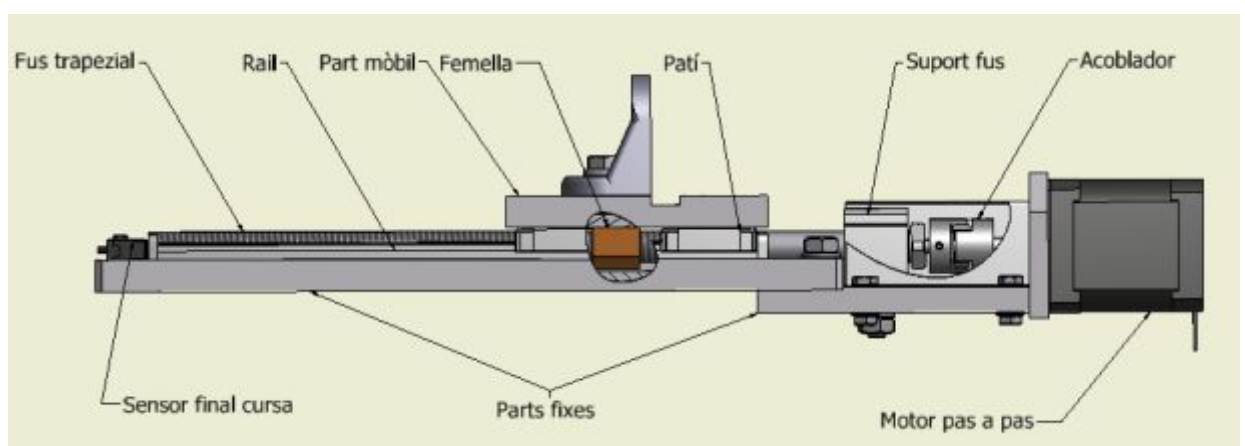


Figura 2. Vista en detall elements subconjunt x.

Així doncs, tal com s'observa en la Figura 3, s'aconsegueix que la part fixa romangui estàtica i la part mòbil es desplaci en el sentit i eix desitjat.

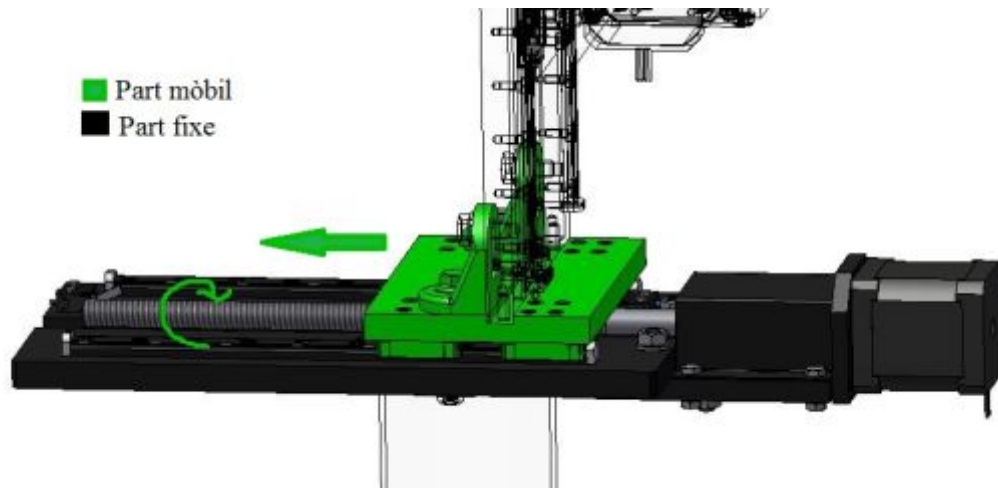


Figura 3. Esquema funcionament subconjunt x.

3.2 MOTOR PAS A PAS

Pels subconjunts eix x i y, que són els que tenen una càrrega superior, el actuador escollit és un motor pas a pas de la marca IGUS, model NEMA 23. El motor treballa a 24V amb una intensitat nominal de 4,2 ampers i pesa 1,12 kg. Pel que fa al subconjunt eix z, com la càrrega que ha de desplaçar pràcticament només és la de la càmera, el motor escollit és un model inferior, el NEMA 17, que treballa també a 24 v, i que té una intensitat nominal de 1,8 ampers i un pes de 0,32 kg.

La principal avantatge que té el motor pas a pas envers un moto reductor és que aquest té un angle de pas de $1,8^\circ$, que juntament amb el pas de la rosca trapezoidal de 2mm ofereixen una precisió de posicionament de 0,01 mm. Queda clar doncs, que els motors pas a pas són una perfecte alternativa als motor reductors quan es vol tenir una gran precisió per un cost semblant.

Els càlculs justificatius es poden trobar en l'Annex A. Càlculs del motor, i la fulla de característiques a l'Annex B.5 Catàleg motors.

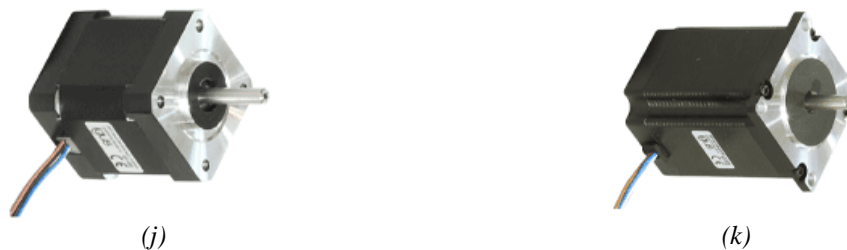


Figura 4. (j) Motor NEMA 17. (k) Motor NEMA 23.

3.3 ACOBLAMENT

Per la unió entre el motor i el l'eix s'ha utilitzat uns acoblaments flexibles de la casa Tecnopower, model EKC 5A 4N 5N.

Els acoblaments elàstics d'estrella escollits són de fàcil muntatge, amb joc zero, flexibles i adequats per la transmissió de parell petits. La estrella intermitja serveix de connexió entre els dos cubs mecanitzats d'alta precisió, i permet l'absorció de desalineacions, garantint una desalineació lateral màxima de 0,14mm. L'ajust entre l'estrella i els cubs és extremadament exacte, el qual garanteix el joc zero.

Per la correcta transmissió del parell entre el fus i el motor, cal aplicar un parell de collament de 5,65Nm, tal i com s'indica en el plec de condicions. La fulla de característiques es troba a l'annex B.4 Catàleg Acoblament.



Figura 5. Acoblador elàstic.

3.4 FUS TRAPEZOIDAL

El fus escollit és de rosca mètrica trapezoidal ISO segons DIN103 9c [3] , amb un pas de 2mm i un diàmetre de 10mm. És de la casa Tecnopower i la referència és RPTS TR10x2. El material és el 1.0401(acer C15 amb tractament superficial) que és adequat per treballar amb rosques de bronze amb parells de transmissió baixos.

El fus és laminat, és a dir, la rosca ha estat conformada per deformació i no per arrancada de viruta. Això li permet tenir la superfície més robusta i uniforme, i la estructura interna natural del material no es veu interrompuda. El fus laminat és doncs particularment resistent al fregament, la corrosió i el desgast. En contrapartida, és més car que els conformats per arrancada de viruta.



Figura 6. Fus rosat RPTS.

La principal diferència d'un conjunt fus-femella trapezoidal a d'un de boles és l'eficiència, ja que el trapezoidal té les dues superfícies en contacte i per tant un coeficient de fregament molt més alt. Les avantatges que han motivat escollir un de trapezoidal en detriment del de boles són:

- Cost més baix.
- No hi ha restriccions de disseny en la femella i el pas de rosca pot ser més petit. Com no hi ha recirculació de boles, la configuració de la femella no està restringida i el pas de rosca pot ser molt més petit.
- La femella es pot mantenir en vertical sense perill de caure. És a dir, si un conjunt fus-femella de boles està en posició vertical i no està pre-carregat la femella té perill de caure avall, mentre que un de trapezoidal no, això és degut a l'elevat coeficient de fregament de les superfícies en contacte.

Per tal que el fus s'adapti al suport caldrà mecanitzar l'extrem del eix segons s'indica als plànols. La fulla de característiques es troba a l'annex B.1 Catàleg fus trapezoidal.

3.5 FEMELLA

La femella és de fabricació pròpia degut a les exigències d'espai, no obstant, tal com s'ha explicat en l'aparatat 3.1.4 al ser trapezoidal i no de boles la seva fabricació és senzilla i econòmica.

El material és el bronze 2.1090 que és especialment indicat per a transmissions de moviment, ja que té un baix coeficient de freg i és altament resistent tant al desgast com a la corrosió.

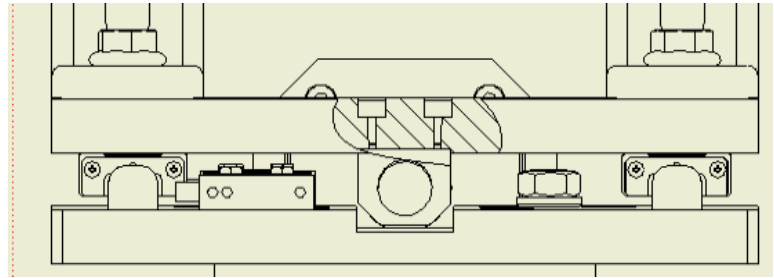


Figura 7. Vista seccionada de la femella roscada TR10x2

3.6 SUPORT FUS

El suport del fus escollit és de la casa THK ref:EK_6. Aquest tipus de suport en miniatura per tal d'assegurar un bon equilibri en la rigidesa amb el fus trapezoïdal, utilitza un coixinet de contacte angular de 45° d'alta rigidesa i baix parell de torsió, que li proporciona un rendiment estable de rotació. Aquest suport conté una quantitat adequada de grassa de sabó de liti que està sallada amb un reté especial, per tant, aquest model es capaç de funcionar durant un període de temps prolongat.

A la Figura 8(m), es pot veure l'esquema de muntatge del suport.

La fulla de característiques es troba en l'Annex B.6 Suport fus.

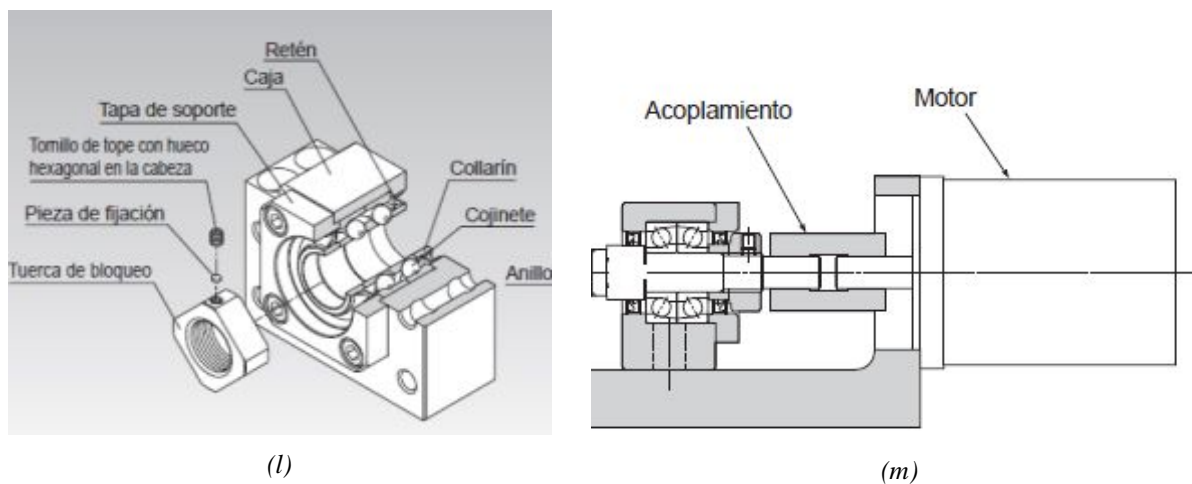


Figura 8. (l) Suport fus THK EK6. (m) Muntatge suport fus.

3.7 RAILS I PATINS

Per realitzar el moviment relatiu de la part mòbil del conjunt respecte la fixe del subconjunt x i y, s'ha escollit un conjunt rail-patins de la casa THK, ref: RSR9ZML190.

En el model escollit, les boles giren sobre el rail a través de dues files de ranures amb rectificat de precisió. Les plaques frontals permeten la circulació de boles. Com les boles circulen per una estructura compacta, el bloc es capaç de mantenir un moviment recte i infinit, i per tant una carrera infinita.

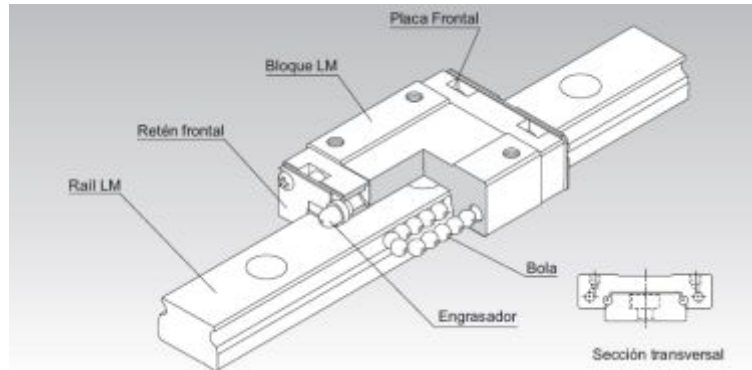


Figura 9. Conjunt patí – rail THK RSR9ZML190.

El bloc està dissenyat de tal forma que pot mantenir una gran rigidesa en llocs restringits i en combinació amb les boles de diàmetre elevat, presenta una gran rigidesa en totes les direccions. La fulla de característiques es troba en l'annex B.3 Catàleg conjunt raill-patins, i les condicions de manteniment en el plec de condicions.

3.8 PECES DE FABRICACIÓ

Les peces de fabricació són d'alumini 6061 T6 tractat tèrmicament.

La majoria d'unions s'han fet amb cargols Allen de cap cilíndric que permeten quedar amagats dins el mateix gruix de les peces.

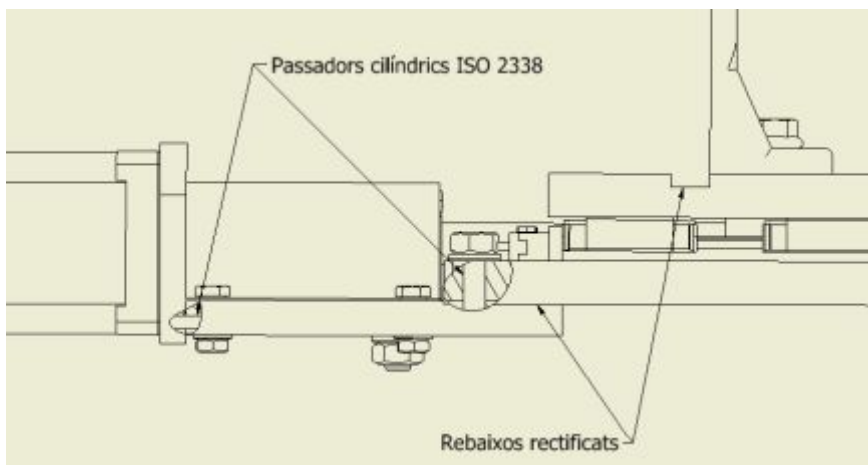


Figura 10. Vista en detall del subconjunt eix x.

Les peces que requereixen precisió en l'alineament se'ls hi ha posat passadors cilíndrics. Un altre recurs ha sigut fer rebaixos rectificats perquè les peces de compromís casin perfectament.

3.9 PATINS I RAILS EIX Z

El conjunt rail-patins escollit pel subconjunt eix z, és diferent al dels subconjunts x i y, com l'exigència de càrrega és menor, s'ha pogut optar per una solució més econòmica i senzilla. Així doncs, s'ha escollit uns rails i patins de la casa IGUS model WSQ 06 123mm i WJ200 QM 01 06 respectivament.



Figura 11. Conjunt patí-rail IGUS.

Els rails són d'alumini anoditzat dur i ofereixen bons resultats tant a nivell de fricció com de desgast. La absència de lubricació fa que el sistema sigui extremadament insensible a la brutícia. Els patins tenen uns coixinets flotants en totes les direccions ($\pm 1\text{mm}$) que compensen els possibles errors que hi pugui haver entre el paral·lelisme dels rails. S'ha optat per aquest tipus de conjunt i no pels mateixos que hi ha en l'eix x i y perquè ofereix unes dimensions més reduïdes i un cost una mica més econòmic.

La fulla de característiques es troba en l'annex B.2 Catàleg conjunt rails-patins eix z.

4. SUBCONJUNT TRÍPODE

El subconjunt trípod està format per un conjunt de peces d'acer 1C25 i perfils tubulars d'acer S185 soldats amb elèctrode. L'estructura principal la formen tres perfils tubulars que fan d'unió entre les rodes multidireccionals i el cos del trípod. Les rodes permeten desplaçar el conjunt en totes les direccions del pla paral·lel al terra, i a més, també permeten fixar-lo en qualsevol posició.

Pel que fa al cos soldat, està format principalment per dos tubs, un d'interior i un altre d'exterior. Per tal d'ajustar la posició en l'eix Y, en el tub exterior hi ha soldades dues femelles roscades. En les femelles hi ha collades dues manetes roscades que permeten pressionar el tub interior a través d'un tros de plàstic.

El trossos de plàstic estan en contacte amb el tub interior i amb les manetes, i són especials per aquest tipus d'aplicacions. La seva funció principal és la fixar el tub interior amb la pressió que s'exerceix al girar la maneta, alhora que el protegeix de ser rallat.

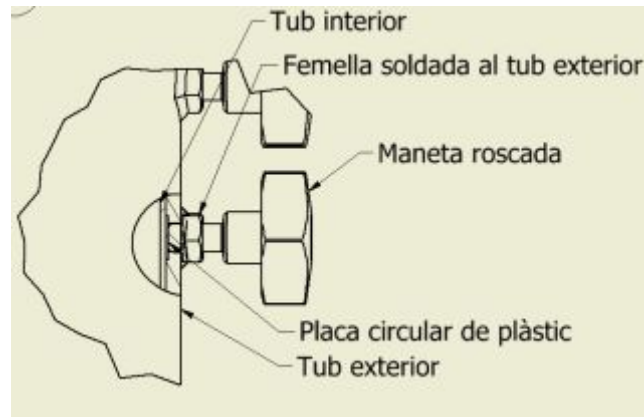


Figura 12. Vista seccionada del sistema de fixació del trípede.

5. RESUM PRESSUPOST

El cost total de construcció i muntatge de la taula de posicionament motoritzada és de :

MIL DOS-CENTS TRENTA-SET EUROS AMB VUITANTA-SET CÈNTIMS 1.237,87€ IVA inclòs.

6. CONCLUSIÓ

Aquest projecte neix de la necessitat del laboratori AMADE, d'aportar una solució als problemes que causen les taules de posicionament que s'usen actualment per a fer un conjunt d'assaigs. Amb aquest objectiu s'ha desenvolupat aquest projecte, el d'oferir una solució que compleixi les especificacions de disseny i que resolgui els problemes que tenen les taules usen en el present. Així doncs, tenint en compte aquestes consideracions, s'ha fet una proposta de disseny mecànic d'una taula motoritzada amb tres graus de llibertat.

Paral·lelament s'ha implementat un sistema de control per una de les taules que s'usen al laboratori i que haurà de servir de prototipus per la taula dissenyada en aquest projecte.

En resum, podem dir que la proposta de disseny que presenta aquest projecte, ofereix una solució que s'ajusta al tots els requeriments i que en definitiva intenta resoldre una necessitat del centre AMADE.

7. REFERÈNCIES

[1] - ISO 15024. Fibre-reinforced plastic composites -- Determination of mode I interlaminar fracture toughness, GIC, for unidirectionally reinforced materials

[2] - ASTM D5528 . ASTM D5528 - 01(2007)e3 Standard Test Method for Mode I Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composites

- [3] - Vives, Jaume, Taula de posicionament per a la visualització del front d'esquerda en assaigs interlaminars. Projecte final carrera de ETIM. Universitat de Girona, 2009.
- [4] - DIN103,9c. Husillos y tuercas rosca trapecial.
- [5] - Manual de fórmulas de ingeniería, Rafael García Díaz, ed. 1999.
- [6] - Taula característiques Arduino Uno, www.arduino.cc , consulta 2 Març 2013.
- [7] - DIRECTIVA 2006/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición)
- [8] - ASTM B221 - 12a Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Extruded Bars, Rods, Wire, Profiles, and Tubes.
- [9] - DIN 6921 Perno hexagonal con vallona.
- [10] - DIN 933 Perno de cabeza hex.
- [11] - DIN 912 Tornillo de cabeza cilíndica.
- [12] - DIN 125 1B Arandelas.
- [13] - ISO 2338 Passador cilíndrico.
- [14] - DIN 934 Tuerca hexagonal.
- [15] - UNE-EN 60204-1:2007. Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.
- [16] - ISO 2768-M. General tolerances for linear and angular dimensions.
- [17] - UNE-EN 287-1:2004.Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.

Pàgines web consultades.

Ladyada, <http://www.ladyada.net/learn/arduino/> , consulta Març 2013.

Ardumania, <http://www.ardumania.es> , consulta Març 2013.

Arduino, www.arduino.cc , consulta Març 2013.

THK, <http://www.thk.com/> , consulta Març 2013.

Tecnopower, <http://www.tecnopower.es/> , consulta Març 2013.

Igus, <http://www.igus.es>, consulta Abril 2013.

Bosch, <https://www.boschrexroth.com>, consulta Abril 2013.

Aenor, <http://www.aenor.es/>, consulta Maig 2013.

8. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El present projecte consta dels següents documents:

DOCUMENT NÚMERO 1 MEMÒRIA I ANNEXES.

Memòria.

Annex A. Càlculs del motor.

Annex B. Catàlegs.

Annex C. Estudi de seguretat i salut.

Annex D. Automatització.

DOCUMENT NÚMERO 2 PLÀNOLS.

DOCUMENT NÚMERO 3 PLEC DE CONDICIONS.

DOCUMENT NÚMERO 4 ESTAT D'AMIDAMENTS.

DOCUMENT NÚMERO 5 PRESSUPOST.

ANNEX A. CÀLCULS DEL MOTOR

ANNEX A. CÀLCULS DEL MOTOR.

Per a l'elecció dels motors cal determinar-ne la velocitat i el parell necessaris per a moure els diferents subconjunts.

A.1 CÀLCUL VELOCITAT MOTOR.

Objectiu:

L'objectiu és calcular la velocitat que ha de tenir el motor per poder fer el seguiment del front d'esquerda.

Càlculs:

Velocitat de rotació del motor	$Wn = \frac{Va \cdot 60}{P}$	<p>On;</p> <p>Wn= Velocitat motor [rpm].</p> <p>Va= Velocitat avanç del front d'esquerda. [mm/s].</p> <p>P= Pas del fus trapezoïdal [mm].</p>
--------------------------------	------------------------------	---

- La velocitat d'avanç [mm/s]

La velocitat d'avanç del front d'esquerda és de 2 [mm/s], segons el Projecte Final Carrera [3].

- El pas del fus trapezoïdal [mm]

El pas de rosca és de 2 [mm], segons l'Annex A. Especificacions tècniques, del fus trapezoïdal.

Substituint a la fórmula es calcula que **Wn=60 rpm**.

Resultat:

La velocitat en càrrega que hauran de tenir el motors pas a pas és de 60 revolucions per minut.

A.2 CÀLCUL PARELL MOTOR.

Objectiu:

Es tracta de calcular el parell necessari que hauran de tenir el motors, per a poder moure els diferents subconjunts.

Càlculs:

Parell necessari pel moviment d'un sistema eix/femella trapezoïdal (Segons catàleg eixos trapezoïdals de Tecnopower).	$C = \frac{F \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot \eta}$	<p>On;</p> <p>C=Parell (input) [N·m].</p> <p>F=Força axial en l'eix [N].</p> <p>P=Pas de l'eix trapezoïdal [m].</p> <p>η=eficiència .</p>
---	--	---

– Força axial en l'eix [N]

Es considera que la força axial equival al pes dels subconjunts que ha de desplaçar el motor.

▪ Força axial subconjunt x:

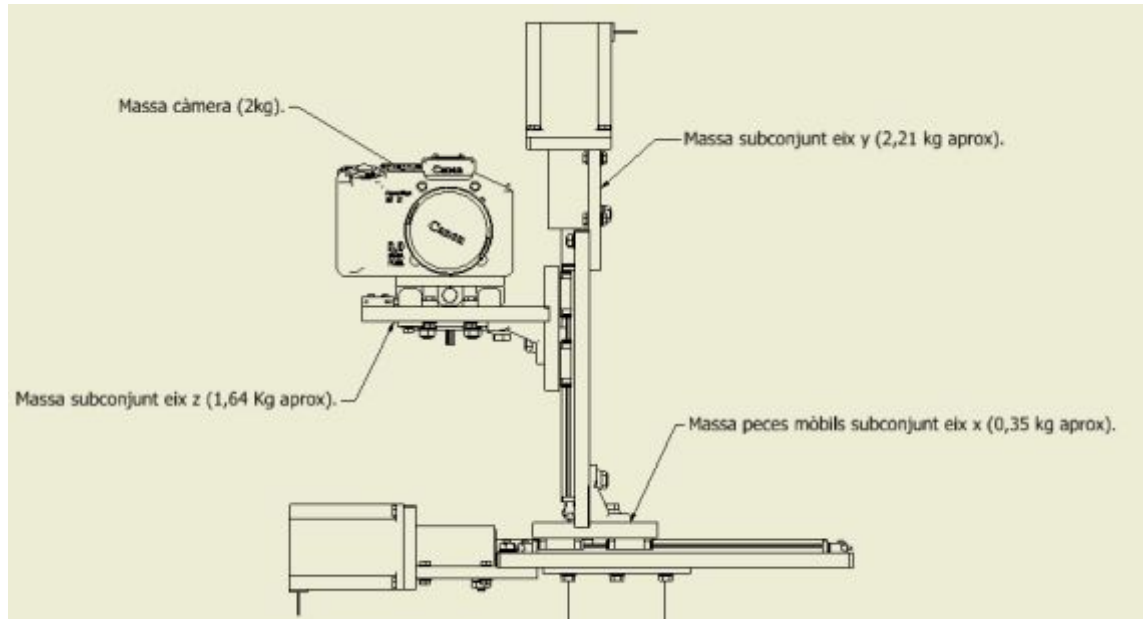


Figura A.1. Masses suportades pel motor de l'eix x.

La massa de la càmera està sobredimensionada, ja que la càmera que s'usa actualment pesa 550grs. La massa de cada subconjunt l'obtenim amb el programa inventor, aplicant la densitat corresponent a cada peça.

$$F_{a_x} = m [kg] \cdot g [m/s^2]$$

$$F_{a_x} = (\text{massa peces mòbils subconjunt eix x} + \text{massa subconjunt eix y} + \text{massa subconjunt eix z} + \text{massa càmera}) [kg] \cdot g [m/s^2]$$

Prenent les dades de la Figura A.1 s'obté una $F_{a_x} = 60,82 [N]$

▪ Força axial subconjunt y:

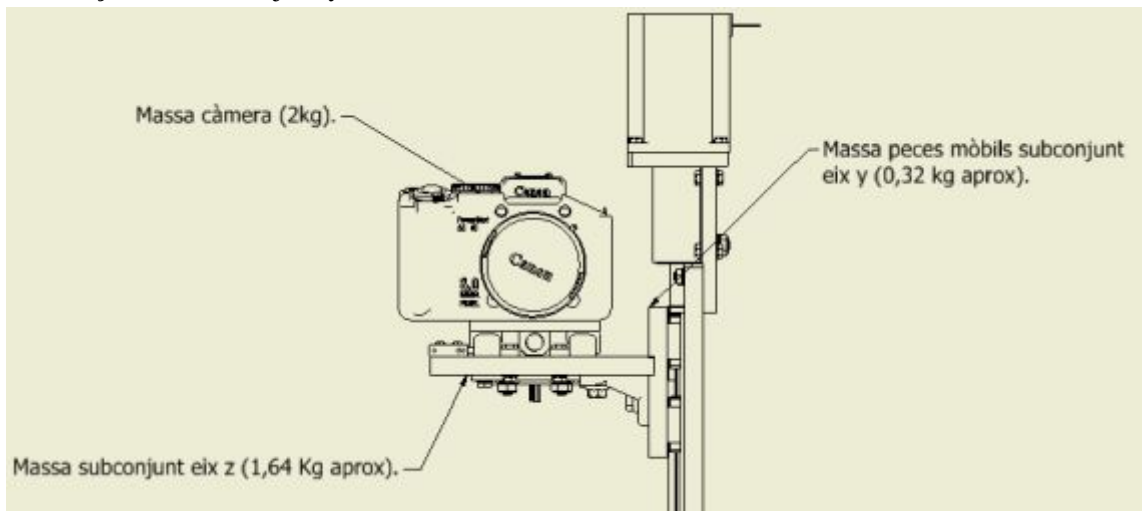


Figura A.2. Masses suportades pel motor de l'eix y.

$$Fa_x = m [kg] \cdot g [m/s^2]$$

$$Fa_y = (\text{massa peces mòbils subconjunt eix x} + \text{massa subconjunt eix y} + \text{massa subconjunt eix z} + \text{massa càmera}) [kg] \cdot g [m/s^2]$$

Prenent les dades de la figura A.2 s'obté una $Fa_y = 38,85 [N]$.

- Força axial subconjunt z:

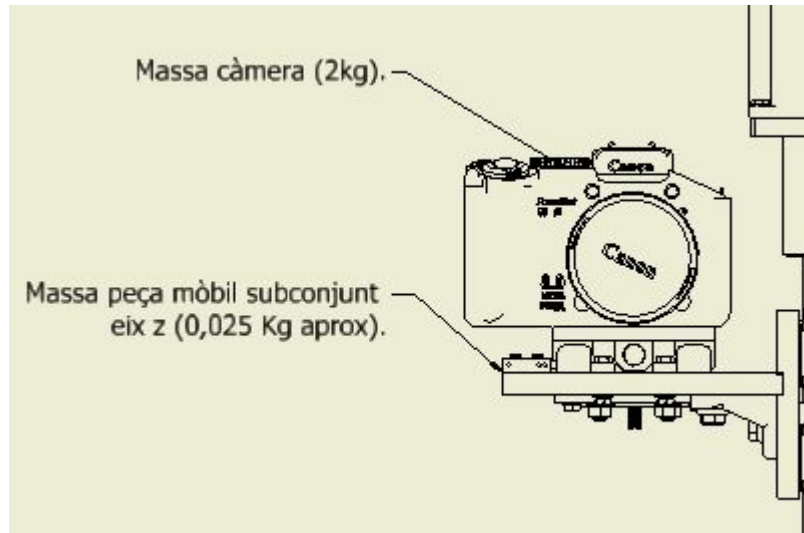


Figura A.3. Masses suportades pel motor de l'eix z.

$$Fa_x = P [kg] \cdot g [m/s^2]$$

$$Fa_z = (\text{massa peces mòbils subconjunt eix x} + \text{massa subconjunt eix y} + \text{massa subconjunt eix z} + \text{massa càmera}) [kg] \cdot g [m/s^2]$$

Prenent les dades de la Figura A.3 s'obté una $Fa_z 19,86 [N]$.

- Pas del fus trapezoidal [m]

El pas de rosca és de $2 \cdot 10^{-3} [m]$ i es pot trobar en l'Annex B.1 Catàleg del fus trapezoïdal.

- Eficiència η .

Per eficiència s'entén l'aptitud d'un sistema eix/femella que transforma el moviment giratori en moviment rectilini. Aquest paràmetre permet avaluar quina part d'energia de rotació es transforma en energia útil pel moviment lineal, per tant, també quanta energia es dissipa pel calor.

Càlcul eficiència per a coeficients de fricció diferents a $\mu=0,1$. (Segons catàleg eixos trapezoïdals de Tecnopower).

$$\eta = \frac{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1 + \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha}}$$

On;

α = Angle hèlix del eix.

f = Coeficient de fricció dinàmica entre el material del eix i de la femella.

- L'angle d'hèlix

L'angle d'hèlix és de $4,2^\circ$, segons l'annex B. Especificacions tècniques del fus trapezoïdal.

- Coeficient de fricció dinàmic

El coeficient de fricció dinàmic entre acer-coure lubricat és de 0,18, segons el Manual de fórmulas de ingenieria [5].

Substituint en la fórmula s'obté un $\eta = 0,29$.

En la taula A.1 es mostren els parells necessaris que s'obtenen substituint en la fórmula inicial del parell.

	Parell necessari	Parell necessari aplicant un factor de seguretat del 30%.
Subconjunt eix x	$C_x = 0,067 [N \cdot m]$	$C_x = 0,087 [N \cdot m]$
Subconjunt eix y	$C_y = 0,043 [N \cdot m]$	$C_y = 0,056 [N \cdot m]$
Subconjunt eix z	$C_z = 0,022 [N \cdot m]$	$C_z = 0,029 [N \cdot m]$

Taula A.1. Parells necessaris de cada subconjunt. El factor de seguretat té en compte el rendiment dels cossos en moviment en l'eix, com els rodaments.

A.3 ELECCIÓ MOTOR.

Amb les dades de velocitat i parell s'han seleccionat els següents motors.

Per l'eix x i y s'ha escollit un motor pas a pas NEMA 23 de la casa IGUS.

Tal com es pot veure al gràfic, és capaç d'oferir un parell de 1,7 N·m a 60rpm.

Amb els càlculs obtinguts el motor de l'eix x tindria un rendiment del 51%, i el motor de l'eix y un rendiment del 32%.

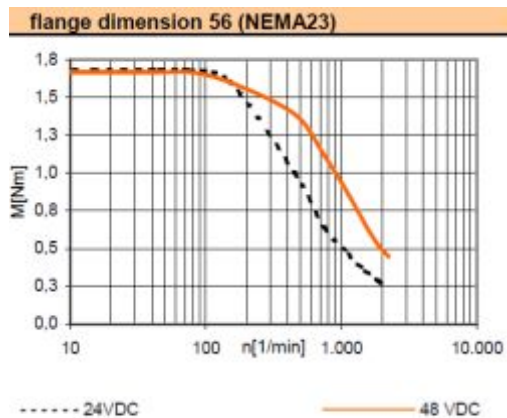


Figura A.4. Gràfic parell-rpm del motor nema 23.

Per l'eix z, que té un requeriment de càrrega bastant inferior s'ha seleccionat un motor pas a pas NEMA 17 de la casa IGUS.

Tal com es pot veure al gràfic, és capaç d'oferir un parell de 0,5 N·m a 60rpm.

Amb els càlculs obtinguts el motor de l'eix z tindria un rendiment del 58%.

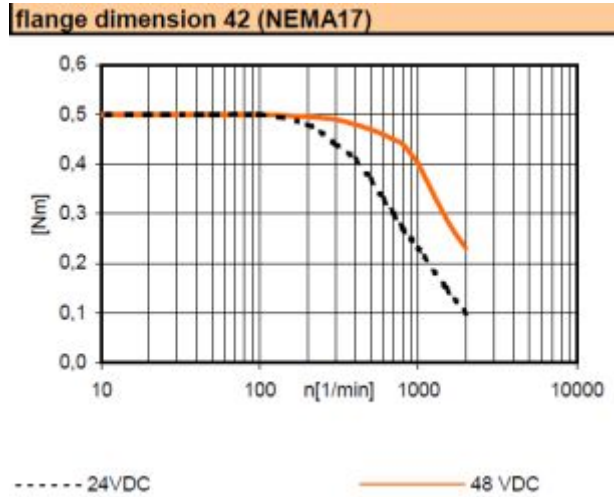


Figura A.5. Gràfic parell-rpm del motor nema 17.

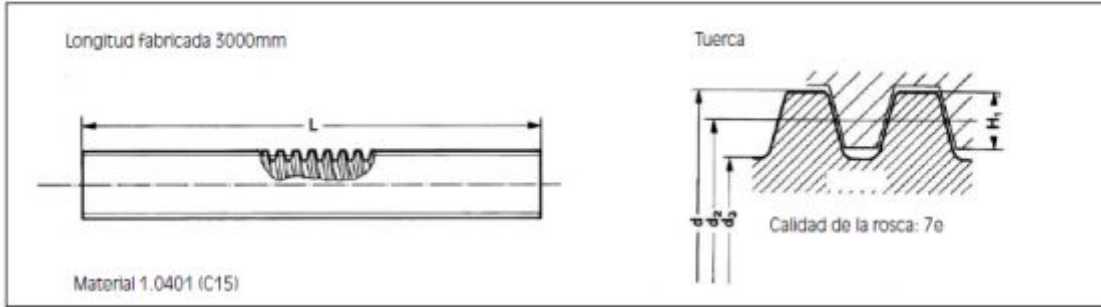
ANNEX B. CATÀLEGS

ANNEX B. CATÀLEGS.

B.1 CATÀLEG FUS TRAPEZOIDAL

Husillos trapezoidales

Husillos trapezoidales de precisión laminados RPTS



Tipo ¹⁾	Dimensiones					Precisión μmm/ 300 mm	Rectitud μmm/ 300 mm	2)	3)	Peso (kg/m)	Momento de inercia polar Icm ⁴⁾	Momento de resistencia ⁴⁾ Icm ⁵⁾	Momento de inercia (kgm ² /m)
	d	d _{2 min}	d _{2 max}	d ₁ ⁷⁾	H ₁								
RPTS Tr 10x2	10	8.739	8.929	6.89	1	300	0.5	4°2'	0.40	0.500	0.011	0.032	0.51.10 ⁶⁾

¹⁾ Tr 20x4 significa: rosca trapezoidal con un diámetro exterior d=20mm, de una entrada, con paso de 4mm con rosca derecha o izquierda
 Tr 20x8 P4 significa: rosca trapezoidal con un diámetro exterior d=20mm, de dos entradas, con paso de 8mm, con sólo rosca derecha
²⁾ Ángulo de inclinación de la rosca: ver fórmula pág.51
³⁾ El coeficiente teórico para convertir el movimiento rotativo a movimiento lineal con coeficiente de fricción μ= 0.1. Eficacia para otros coeficientes de fricción: ver fórmula pág.51
⁴⁾ El momento de inercia polar es el doble que el momento de inercia
⁵⁾ Perfil especial
⁶⁾ Hasta una longitud de 6000mm. Se realizan cortes según la medida deseada por el cliente
⁷⁾ El diámetro de fondo es según norma DIN 103



Polígono Industrial Moll dels Frares, Calle C, nº 10
 08620 SANT VICENÇ DELS HORTS - BARCELONA
 Teléfono: 93 656 80 50 - Fax: 93 656 80 26
 E-mail: tp@tecnopower.es - Web: www.tecnopower.es

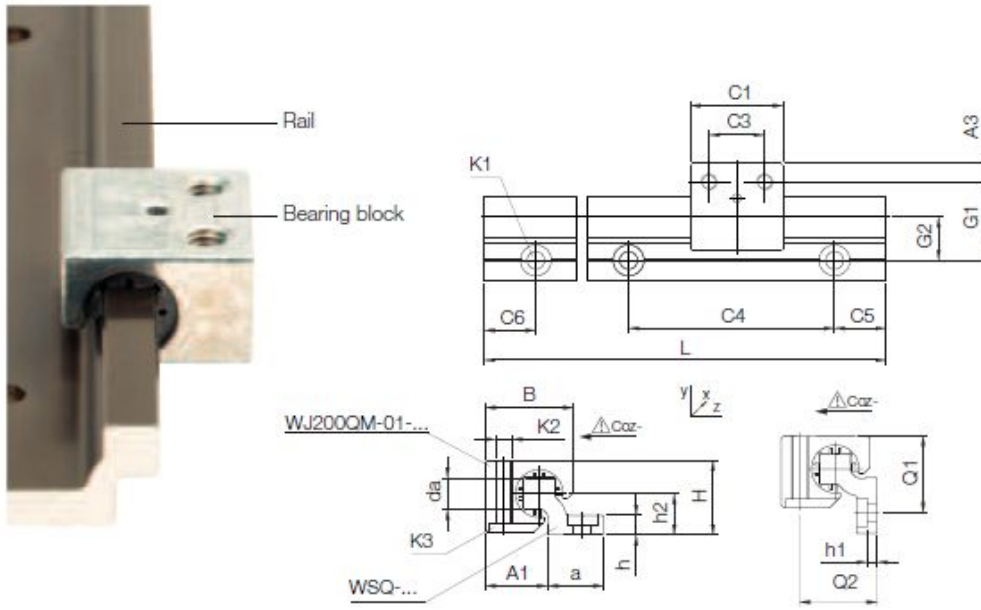
B.2 CATÀLEG CONJUNT RAIL-PATINS EIX Z

DryLin® W modular guide systems

DryLin® W Modular Guide Systems | Product Range

Single rail and housing bearing, square

Order key complete ▶ page 785



Illustrated rails may vary in color due to the technical coating!

DryLin® W Guide Rails, Square – Load Data and Dimensions [mm]

Part number	Weight [kg/m]	H ±0.07	da -0.1	L max.	a -0.3	h	h1	h2	G1	G2	A1	Q1	Q2
WSQ-06	0.23	14	5	3,000	14	4	4*	7.5	18	10.5	13.5	17	15
WSQ-10	0.54	20	7.5	4,000	25	5.5	5.5*	11	27	17	18.5	26	21
WSQ-16	0.94	27	11.5	4,000	27	7.5	3.5	14	33	19	25	32	28
WSQ-20	1.41	36	15	4,000	27	9.5	4.5	20	38	21	30	37	37

Part number	C4	C5 min.	C5 max.	C6 min.	C6 max.	K1 for Screw DIN 912	ly [mm²]	lz [mm²]	Wby [mm²]	Wbz [mm²]
WSQ-06	60	20	49.5	20	49.5	M4*	2,200	640	220	100
WSQ-10	120	20	79.5	20	79.5	M6*	16,100	3,300	950	350
WSQ-16	120	20	79.5	20	79.5	M8	33,000	10,800	1,700	910
WSQ-20	120	20	79.5	20	79.5	M8	56,500	34,000	2,600	2,100

Standard bore pattern symmetrical: C5 = C6; please order C5 ≠ C6 with drawing

* Trough bore



delivery time available from stock



prices price list online www.igus.eu/eu/DryLinW



order part number example WSQ-06

770 Lifetime calculation, CAD files and much more support ▶ www.igus.eu/eu/DryLinW

DryLin® W Modular Guide Systems | Product Range

Single rail and housing bearing, square



Order key
complete ► page 785



All parts can be ordered individually
or as an assembled system

DryLin® W Housing Bearings, Square – Load Data and Dimensions [mm]

Part number	Floating bearing play	Floating bearing direction	Weight [g]	B	C1	C3	A3	K2	K3	Stat. Load Capac.		
										Co _y [N]	Co _{z+} [N]	Co _{z-} [N]
WJ200QM-01-06	-	-	16	18	19	10	4.5	M4	M3	420	420	140

B.3 CATÀLEG CONJUNT RAILS-PATINS

Modelo RSR-ZM

Modelos RSR7 a 12ZM

Guía LM

Modelo RSR15ZM

Descripción del modelo	Dimensiones estáticas		Dimensiones del bloque LM										Dimensiones del rail LM					Capacidad de carga estática				Momento estático admisible N·m*		Masa					
	M	W	L	B	C	D x L	L1	T	K	N	E	d	Hs	Ancho	Alzura/Paso	Longitud	C			M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Bloque LM	Rail LM	kg	kg/m		
																	MN	MV	MW									W	M
RSR 7ZM	8	17	23,4	12	8	M2 x 2,5	13,2	3,4	5,5	1,6	—	1,5	—	7	0-0,02	5	4,7	15	2,4 x 4,2 x 2,3	300	0,88	1,37	2,93	20,7	2,93	20,7	5	0,008	0,23
RSR 9ZM	10	20	30,8	15	10	M3 x 2,7	19,4	4,6	7,8	2,4	—	2,2	—	9	-0,02	5,5	5,5	20	3,5 x 6 x 3,3	1000	1,47	2,25	7,34	43	7,34	43	10,4	0,014	0,32
RSR 12ZM	13	27	35	20	15	M3 x 3,2	20,4	4,5	10,6	3,1	—	2,4	—	12	-0,025	7,5	7,5	25	3,5 x 6 x 4,5	1340	2,65	4,02	11,4	74,9	10,1	67,7	19,2	0,028	0,58
RSR 15ZM	16	32	43	25	20	M3 x 3,5	26,5	5,5	12,6	2,9	3,6	—	3,4	15	-0,025	8,5	9,5	40	3,5 x 6 x 4,5	1430	4,41	6,57	23,7	149	21,1	135	38,8	0,05	0,925

Nota: Debido a que se utiliza acero inoxidable en el bloque LM, el rail LM y las bolas, estos modelos son altamente resistentes a la corrosión y al entorno.

Nota: La longitud máxima que se detalla en "Longitud" indica la longitud máxima estándar de un rail LM. (Consulte ■1-304). Momento estático admisible*: 1 bloque; valor del momento estático admisible con 1 bloque LM. Bloques dobles: valor del momento estático admisible con 2 bloques tengan contacto entre ellos.

Código del modelo

2 RSR15Z M UU C1 +230L P M - II

- 2: Cantidad
- RSR15Z: Descripción del modelo
- M: Tipo de bloques LM utilizados en el mismo rail
- UU: Simbolo para la cant. inoxidable de railes utilizados en el mismo plano ("4")
- C1: Nivel de juego (C1)
- +230L: Longitud del rail LM (en mm)
- P: Acero inoxidable Rail LM
- M: Simbolo para la cant. inoxidable de railes utilizados en el mismo plano ("4")
- II: Nivel de juego (P)

(*) Cuando el número de bloques sea mayor a 2, el momento estático admisible será el 50% del valor indicado en el cuadro de datos. (**) Cuando el número de bloques sea mayor a 2, el momento estático admisible será el 50% del valor indicado en el cuadro de datos. (***) Cuando el número de bloques sea mayor a 2, el momento estático admisible será el 50% del valor indicado en el cuadro de datos.

1-300 THK

Opciones → ■1-503

THK ■1-301

Para descargar los datos técnicos, vaya al sitio de THK en español: <https://tech.thk.com>

B.4 CATÀLEG ACOPAMNET ELÀSTIC

Acoplamiento de estrella juego cero - Serie económica EKC

Características:

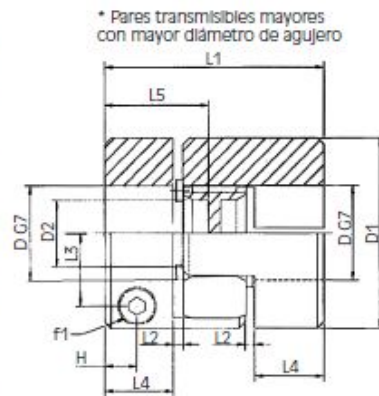
- Acoplamiento serie económica de estrella para aplicaciones "motion control"
- Plazo de entrega inmediato (envío en el mismo día)
- Juego cero
- Estrella Intermedia para compensación de desalineaciones.

Material:

- Cubos de aluminio anodizado y estrella de poliuretano de:
Amarillo: 92 Shore A | **Rojo:** 98 Shore A | **Bianco:** 72 Shore D



Dimensión	EKC-5 mm	EKC-25 mm	EKC-35 mm	EKC-80 mm	EKC-110 mm
L1: Longitud total	35	66	78	90	114
L2: Espacio Intermedio	1,5	2	2	2,5	3
L3: Distancia radial al tornillo	10	14,5	20	25	30
L4: Espesor del cubo	11	25	30	35	45
L5: Centro del engrane	16,5	31,5	37,5	43	55
D1: Diámetro cubo	30	40	55	65	80
D1*: Diámetro cubo y tornillo	32	45	57	72	83
D2: Estrella ID	10,5	18	27	30	38
H: Distancia axial al tornillo	5	11	10,5	11,5	15,5
f1: Tamaño del tornillo	M4	M6	M6	M8	M8



Datos técnicos /dimensiones

Tamaño	Par nominal (Nm)	Elastómero	Color de la estrella (rojo estándar)	Momento de inercia 10 ⁻² Kg·m ²	Resistencia a la torsión Nm/arcmin	Desalineación lateral máxima mm	Peso Kg	Par de apriete tornillos Nm	Diámetro agujero (D) mm		Diámetros agujero estándar
									mn.	máx.	
EKC-5	5	92 Sh A	Amarillo	0,0060	0,008	0,15	0,045	5,65	5	15	6, 8, 10, 11, 12, 14
		98 Sh A	Rojo		0,013	0,09					
		72 Sh D	Bianco		0,018	0,04					
EKC-25	25	92 Sh A	Amarillo	0,0407	0,109	0,10	0,14	13,00	8	20	10, 11, 12, 14, 16, 19, 20
		98 Sh A	Rojo		0,182	0,06					
		72 Sh D	Bianco		0,255	0,03					
EKC-35	35	92 Sh A	Amarillo	0,1667	0,268	0,14	0,28	13,00	13	28	14, 16, 19, 20, 24, 28
		98 Sh A	Rojo		0,447	0,10					
		72 Sh D	Bianco		0,626	0,05					
EKC-80	80	92 Sh A	Amarillo	0,3825	0,346	0,15	0,53	27,68	19	38,1	19, 20, 24, 28, 32, 35
		98 Sh A	Rojo		0,577	0,11					
		72 Sh D	Bianco		0,808	0,06					
EKC-110	110	92 Sh A	Amarillo	1,1026	0,661	0,17	0,96	27,68	24	45	24, 28, 32, 35, 38, 40
		98 Sh A	Rojo		1,102	0,12					
		72 Sh D	Bianco		1,542	0,07					

Ejemplo de pedido Para el código **EKC 35R 6N 6K**

EKC SERIE
 35R TAMAÑO: 35 COLOR DE LA ESTRELLA R (ROJO)
 6N DIÁMETRO D1 6mm H7 N: SIN CHAVETA
 6K DIÁMETRO D2 6mm H7 K: CON CHAVETA

B.5 CATÀLEG MOTORS

The logo for iglus, featuring the word "iglus" in a stylized, lowercase, orange font with a registered trademark symbol.

stepper motor



- 2-phase hybrid stepper motor 1.8°
- protection class IP65
- with plug or stranded wires
- optional with encoder / brake

stepper motor MOT-AN-S ...



technical data			
flange dimension		42 (NEMA17)	56 (NEMA23)
motor			
max voltage	[VDC]	60	60
nominal voltage	[VDC]	24-48	24-48
nominal current	[A]	1,8	4,2
holding torque	[Nm]	0,5	2,0
detent torque	[Nm]	0,022	0,068
step angle	°	1,8	1,8
resistance / phase	[Ω]	1,75±10%	0,50±10%
inductance / phase	[mH]	3,30±20%	1,90±20%
moment of inertia / rotor	[kgcm ²]	0,08	0,48
max load axial	[N]	7	15
max load radial	[N]	20	52
encoder			
operating voltage	[VDC]	5	
impulse / turn	[1/min]	500	
zero impulse / index		yes	
line-driver		RS422 protocol	
brake			
operating voltage	[VDC]	24±10%	
wattage	[W]	8	10
holding torque	[Nm]	0,4	1,0
moment of inertia	[kgcm ²]	0,01	0,02
weight			
product weight	[kg]	0,32	1,12
with encoder	[kg]	0,34	1,14
with encoder and brake	[kg]	0,58	1,36
operating data			
ambient temperature	[°C]	-10 ...+50	
max temperature rise	[°C]	80	
insulation class		B	
humidity (not condensing)	[%]	85	
protection class engine case		IP65 (shaft seal IP52)	
CE		EMV guideline	

Schrittmotoren MOT-AN-S . . .



pin assignment
flange dimension 42(NEMA17) & 56(NEMA23)



motor	
M12 5-pole	
PIN	Signal
1	A/
2	A
3	B
4	B/
5	-
housing	schielding

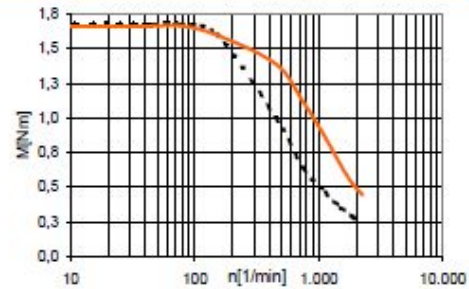
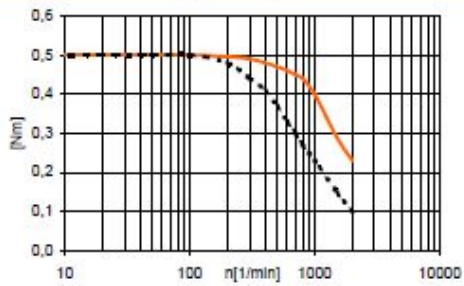


brake	
M8 3-pole	
PIN	Signal
1	brake (24V)
3	0V
4	-



encoder	
M12 8-pole	
PIN	Signal
1	A
2	A/
3	B
4	B/
5	0V
6	N/
7	N
8	5V DC
housing	schielding

characteristic
flange dimension 42 (NEMA17) flange dimension 56 (NEMA23)



----- 24VDC

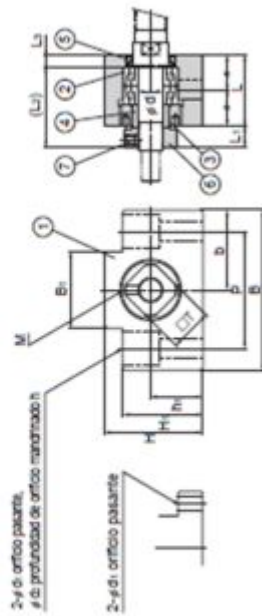
————— 48 VDC

characteristic based on quarter step mode

B.6 CATÀLEG SUPORT FUS

501ES **Unidad de soporte**

Modelo EK Unidad con soporte tipo cuadrada en el lateral fijo



Modelos EK 4 y 5

Descripción del modelo	d	L	L1	L2	L	B	H	d	P	H1	h	h _h	M	T	Cojinete utilizado	Máx. Kg
EK 4	4	15	5,5	17,5	3	34	19	17	26	7	10	±0,02	M2,6	10	ACA-12PS	0,06
EK 5	5	16,5	5,5	18,5	3,5	36	21	18	26	8	11	±0,02	M2,6	11	ACS-14PS	0,08
EK 6	6	20	5,5	22	3,5	42	25	21	30	8	13	±0,02	M3	12	ACS-16PS	0,14
EK 8	8	23	7	26	4	52	32	26	38	26	17	±0,02	M3	14	79MBDFGMP5	0,24
EK 10	10	24	6	29,5	6	70	43	35	52	24	25	±0,02	M3	16	7000HTDFGMP5	0,46
EK 12	12	24	6	29,5	6	70	43	35	52	24	25	±0,02	M3	19	7001HTDFGMP5	0,44
EK 15	15	25	6	36	5	80	49	40	60	25	30	±0,02	M3	22	7002HTDFGMP5	0,55
EK 20	20	42	10	50	10	95	58	47,5	75	25	30	±0,02	M4	30	7204HTDFGMP5	1,35

Modelos EK 10 a 20

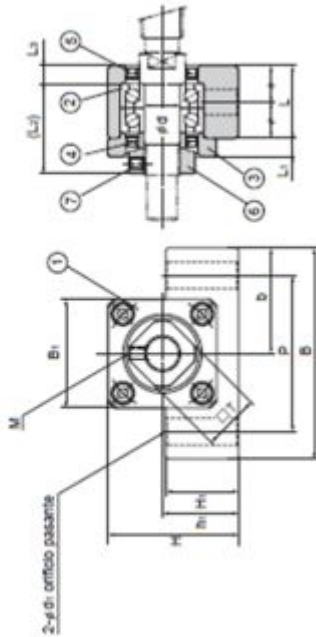
Descripción del modelo	d	L	L1	L2	L	B	H	d	P	H1	h	h _h	M	T	Cojinete utilizado	Máx. Kg
EK 10	10	24	6	29,5	6	70	43	35	52	24	25	±0,02	M3	16	7000HTDFGMP5	0,46
EK 11	11	24	6	29,5	6	70	43	35	52	24	25	±0,02	M3	19	7001HTDFGMP5	0,44
EK 12	12	24	6	29,5	6	70	43	35	52	24	25	±0,02	M3	22	7002HTDFGMP5	0,55
EK 13	13	25	6	30,5	6	75	45	36	55	25	26	±0,02	M4	30	7204HTDFGMP5	1,35

Modelos EK 10 a 20

N.º de pieza	Nombre de pieza	Cantidad de unidades
1	Caja	1
2	Cojinete	1 juego
3	Tapa de soporte	1
4	Coarinn	2
5	Retén	2
6	Tuerca de bloqueo	1
7	Tomillo de tpe con hueco hexagonal en la cabeza (con una pieza de fijación)	1

501ES

Accesorios del husillo de bolas



Modelos EK 6 y 8

Descripción del modelo	d	L	L1	L2	L	B	H	d	P	H1	h	h _h	M	T	Cojinete utilizado	Máx. Kg
EK 6	6	20	5,5	22	3,5	42	25	21	30	8	13	±0,02	M3	12	ACS-16PS	0,14
EK 8	8	23	7	26	4	52	32	26	38	26	17	±0,02	M3	14	79MBDFGMP5	0,24
EK 10	10	24	6	29,5	6	70	43	35	52	24	25	±0,02	M3	16	7000HTDFGMP5	0,46
EK 12	12	24	6	29,5	6	70	43	35	52	24	25	±0,02	M3	19	7001HTDFGMP5	0,44
EK 15	15	25	6	36	5	80	49	40	60	25	30	±0,02	M3	22	7002HTDFGMP5	0,55
EK 20	20	42	10	50	10	95	58	47,5	75	25	30	±0,02	M4	30	7204HTDFGMP5	1,35

Modelos EK 4 y 8

N.º de pieza	Nombre de pieza	Cantidad de unidades
1	Caja	1
2	Cojinete	1 juego
3	Tuerca de fijación	1
4	Coarinn	2
5	Retén	1
6	Tuerca de bloqueo	1
7	Tomillo de tpe con hueco hexagonal en la cabeza (con una pieza de fijación)	1

A15-324 THK

Para conocer la lista de modelos, vaya al [sitio de la web correspondiente en el web browser](https://tech.thk.com)

THK A15-325

ANNEX C. EXPEDIENT DE SEGURETAT.

ANNEX C. EXPEDIENT DE SEGURETAT

En el present document s'analitzen els requisits essencials de seguretat que s'han tingut en compte durant el disseny de la màquina, d'acord amb la Directiva 2006/42/CE [7]. L'objectiu és doncs, oferir un nivell de seguretat suficient, que preservi les persones i els bens dels riscos derivats de la instal·lació, funcionament, manteniment i reparació de la màquina.

C. 1 DADES GENERALS

La taula de posicionament ha estat dissenyada per ser utilitzada en l'entorn de treball del taller del centre AMADE. L'ús pel qual ha estat dissenyada és per poder fer assaigs de visualització del front d'esquerda. La màquina permet posicionar una càmera fotogràfica en tres eixos diferents i es pot governar mitjançant un sistema de control que incorpora una botonera tipus Joystik.

C.2 REQUISITS ESSENCIALS DE SEGURETAT

En la fase de disseny de la màquina s'ha tingut en compte les següents consideracions:

- Òrgans d'accionament

La màquina només funciona davant d'acció positiva i persistent sobre la botonera. En qualsevol altre cas, totes les parts de la màquina romanen estàtiques.

- Fallada en l'alimentació d'energia

En cas de fallada en l'alimentació de la bateria, les parts mòbils de la màquina no cauen per gravetat. Això és degut a que el sistema de transmissió format pel fus-femella, és de rosca trapezoïdal, i ofereix una alta fricció entre les superfícies de contacte que n'impedeix l'avang de les parts en posició estàtica.

- Risc de dany per parts mòbils de la màquina.

Tal com s'observa en la Figura C.1 s'han incorporat elements de seguretat com la xapa de protecció del motor per assegurar que els elements d'unió quedin protegits i inaccessibles. També es pot observar que la femella roscada queda protegida per la placa mòbil del subconjunt.

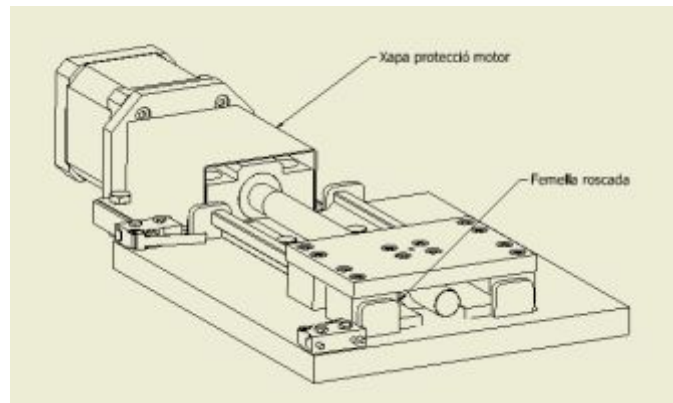


Figura C.1. Sistema protecció d'elements mòbils.

- Estabilitat

La situació dels subconjunts i la forma de les potes del tríode han estat dissenyats per garantir la màxima estabilitat. En el pitjor dels casos el centre de gravetat del conjunt gairebé no es veu modificat.

- Riscos deguts a superfícies, arestes, angles.

A totes les peces de fabricació se'ls hi ha mecanitzat uns xamfrans de $2 \times 45^\circ$ per evitar els cantells vius.

C.3 CONDICIONS DE FUNCIONAMENT

Les condicions de funcionament, són un conjunt de normes per l'usuari que repercuteixen directament en el bon funcionament i seguretat de la màquina. A continuació es detallen els aspectes més importants a tenir en compte:

- No carregar el conjunt amb un pes superior als 5kg.
- Col·locar el tríode en superfícies planes per defecte, o amb un pendent màxim del 5%.
- Usar sempre que sigui possible les fixacions de les rodes.
- No tocar cap element del conjunt quan està en funcionament.
- No manipular la part elèctrica ni mecànica del conjunt sense personal qualificat.

C.4 CONDICIONS DE MANTENIMENT

Les condicions de manteniment repercuteixen directament al funcionament de la màquina. Una aplicació correcta de les recomanacions que a continuació es detallen, pot allargar l'esperança de vida substancialment.

- Realitzar el greixatge dels rodaments del suport del motor, del conjunt fus- femella i dels patins de boles, amb grassa estàndard de sabó de liti n.º 2 cada 3 mesos, o cada 200 hores de funcionament.
- Aplicar una neteja superficial de tots els elements mecànics amb un drap humit 1 cop al mes o cada 50 hores de funcionament.
- Tapar el conjunt cada vegada que no s'utilitzi durant un període de temps superior als 10 dies, amb un plàstic protector.

ANNEX D. AUTOMATITZACIÓ.

ANNEX D. AUTOMATITZACIÓ

D.1 INTRODUCCIÓ

L'objectiu d'aquest annex és fer l'automatització de la taula de posicionament nº 1 dissenyada en el Projecte final carrera [3] i que actualment es troba al laboratori d'AMADE. Aquesta automatització ha de servir com a prototipus per a la taula de posicionament que s'ha dissenyat en aquest projecte. L'únic que s'hauria de fer si es volgués implementar el mateix sistema de control seria fer algunes petites modificacions, tals com afegir un altre pont en h i adaptar aquest canvi a la programació del microcontrolador.

El sistema de control que s'ha dissenyat pretén assentar una base perquè en un futur es pugui acabar fent el seguiment d'esquerda de forma totalment automatitzada, amb un sistema de visió artificial que adapti la trajectòria dels motors a l'avanç del front d'esquerda. Això és possible amb l'ús de microcontroladors i és per això que s'ha decidit basar tota l'estructura de control a partir d'un d'ells.

Per fer-nos una idea, la solució adoptada presentarà la següent arquitectura:

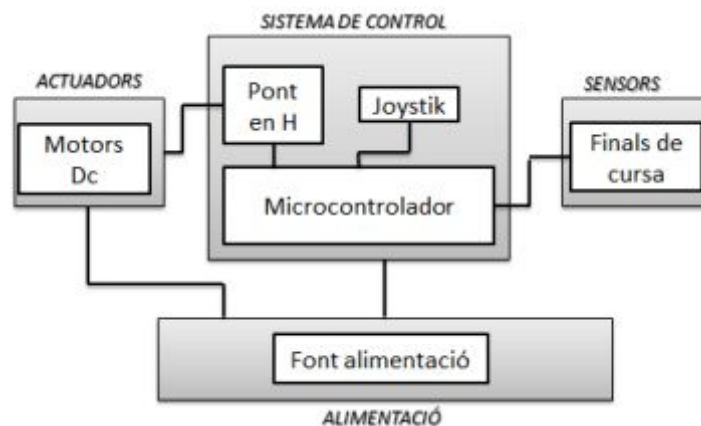


Figura D.1 Arquitectura del sistema d'automatització.

En els següents apartats es definiran les funcions de cada element i com interactuen entre ells.

D 2. DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ

D.2.1 MICROCONTROLADOR

L'esquema de funcionament que haurà de tenir el microcontrolador serà:

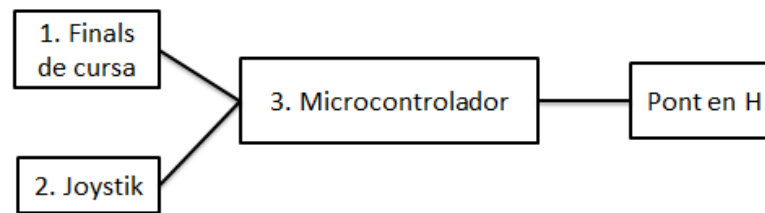


Figura D.2 Esquema senyals microcontrolador.

- 1). Lectura de les sortides digitals dels sensors finals de carrera.
- 2). Lectura de les sortides analògiques del Joystick.
- 3). Processament de les entrades rebudes. El codi de programació de l'Arduino es pot veure en l'apartat D.4 Codi programació arduino.
- 4). Sortida de senyals PWM i digitals al pont en H per controlar el sentit i la velocitat dels motors.

Així doncs, d'entre tots els microcontroladors disponibles al mercat s'ha escollit utilitzar la plataforma Arduino perquè proporciona una facilitat d'ús molt gran i la programació que exigeix és bastant senzilla i intuïtiva. Una de les grans avantatges és el preu, i a diferència d'altres microcontroladors aquesta plataforma en facilita la configuració gracies a unes llibreries que es troben a la pàgina oficial de l'Arduino.

D'entre tots els microcontroladors disponibles de la plataforma, l'Arduino Uno és l'escollit perquè té les suficients entrades i sortides digitals, el seu cost és baix, i treballa amb una tensió recomanada d'entre 7V i 12V, és a dir, la mateixa amb la que treballen els moto reductors. D'aquesta manera ens estalviarem tenir dues fonts d'alimentació a dos voltatges diferents i podrem alimentar l'Arduino i els motors amb una sola.

Les seves característiques estan resumides en la següent taula:

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current for I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Figura D.3 Taula característiques Arduino Uno [6].

D.2.1.1. ALIMENTACIÓ, ENTRADES I SORTIDES

Pins d'alimentació (power pins)

Es pot alimentar l'Arduino mitjançant la connexió USB o mitjançant una font externa (recomanada de 7-12V), disposa d'unes sortides de tensió en continua gràcies a uns reguladors de tensió i condensadors d'estabilització.

Aquests pins són.

- VIN: es tracta de la font de tensió de entrada que contindrà la tensió a la que estem alimentant l'Arduino a través de la font externa.
- 5V. Font de tensió regulada de 5V, aquesta tensió pot venir o bé del pin VIN a través d'un regulador intern, o sinó se subministra a través de USB o alguna altre font de 5V regulada.
- 3.3V: font de 3.3 volts generats pel regulador intern amb un consum màxim de corrent de 50mA.
- GND: pins de terra.



Figura D.4 Pins alimentació de l'Arduino Uno.

Entrades/sortides digitals

Cadascun dels 14 pins digitals es pot utilitzar com una entrada o sortida. Cada pin pot proporcionar o rebre un màxim de 40mA i té resistència de pull-up (desconnectat per defecte) de 20 a 50kOhm. A més, alguns pins tenen funcions especialitzades com:

- Pin 0 (RX) i 1 (TX): s'usa per rebre (RX) i la transmissió (TX) de dades sèrie TTL.
- Pin 2 i 3. Interrupcions externes. Es tracta de pins encarregats d'interrompre el programa seqüencial establert per l'usuari.
- Pins 3,5,6,9,10 i 11. PWM (modulació per amplada de pols). Constitueixen 8 bits de sortida PWM amb la funció analogWrite().
- Pin 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO),13(SCK). Aquests pins són de suport a comunicació SPI.

- Pin 13. LED. Hi ha un LED connectat al pin digital 13. Quan el pin és d'alt valor, el LED està encès, quan el valor està baix, és apagat.



Figura D.5 Entrades i sortides digitals de l'Arduino Uno.

Entrades/sortides analògiques

Arduino té 6 entrades analògiques, etiquetades des de la A0 a A5, cada una de les quals ofereixen 10 bits de resolució (és a dir, 1024 estats). Per defecte tenim una tensió de 5V però podem canviar aquest rang utilitzant el pin de AREF i utilitzant la funció `analogReference()`.



Figura D.6 Entrades i sortides analògiques de l'Arduino Uno.

D.2.1.2 PWM

Per obtenir variacions de velocitat en motors, es sol usar el que coneix com variació de l'amplada de pols (*PulseWidthModulation*). Aquesta senyal es pot generar des d'un circuit integrat o en la majoria de casos des del propi microcontrolador. En el nostre cas, aprofitarem que ho faci el propi Arduino.

En la Figura D.7 podem veure la forma d'un senyal de PWM.

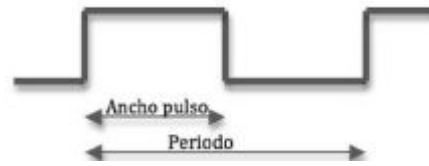


Figura D.7 Forma d'un senyal PWM.

La senyal PWM s'utilitza com una tècnica per controlar els circuits analògics. El període i la freqüència dels trens pols pot determinar la potència entregada. Si per exemple, tenim una tensió de 9 V i la modulem amb un cicle de 10% de treball (*duty cycle*), aconseguim 0,9 V de mitjana. Per entendre-ho millor, realment estem alimentant el motor i apagant-lo en períodes de temps de l'ordre de mils segons. Gràcies a la inèrcia del motor aquests canvis provoquen que es mogui a una velocitat constant. D'aquesta manera, quan més gran sigui l'amplada de pols, major velocitat obtindrem.

$$\text{DutyCycle} = \frac{\text{AnchoPulso}}{\text{Periodo}}$$

Figura D.8 Fórmula del cicle de treball d'una senyal PWM.

En la Figura D.9 podem veure la variació de l'amplitud del senyal equivalent que veurà el motor en funció de les variacions de la senyal PWM generada pel microcontrolador.

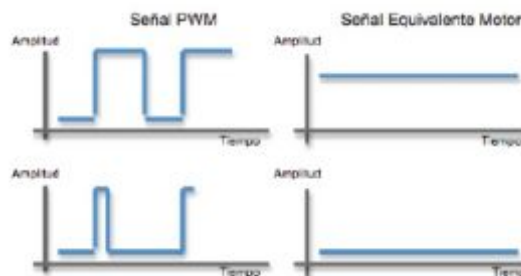


Figura D.9 Senyal equivalent del PWM.

Així doncs, el microcontrolador serà qui governarà la velocitat dels motors amb senyals modulats. No obstant per a poder controlar el sentit de gir dels motors serà necessari l'ús d'un pont en h.

D.2.2 PONT EN H.

En el apartat 2.1.2 s'ha explicat la necessitat de generar senyals modulats per polsos a través de l'Arduino per poder controlar la velocitat dels motors, però amb això no s'aconsegueix controlar-ne el sentit. Un pont en H és un circuit electrònic que permet solucionar aquest problema, activant els motors en un sentit o un altre, i a més, també permet controlar les variables de velocitat i parell.

Tal com es pot veure en la Figura D.10 (a), el terme "pont H" prové de la típica representació gràfica del circuit. Es construeix amb 4 interruptors (mecànics o mitjançant transistors). Quan els interruptors S1 i S4 (veure Figura D.10.(b)) estan tancats, i S2 i S3 oberts, s'aplica una tensió positiva al motor, fent-lo girar en un sentit. Obrint els interruptors S1 i S4, i tancant S2 i S3, el voltatge s'inverteix, permetent el gir en sentit invers del motor.

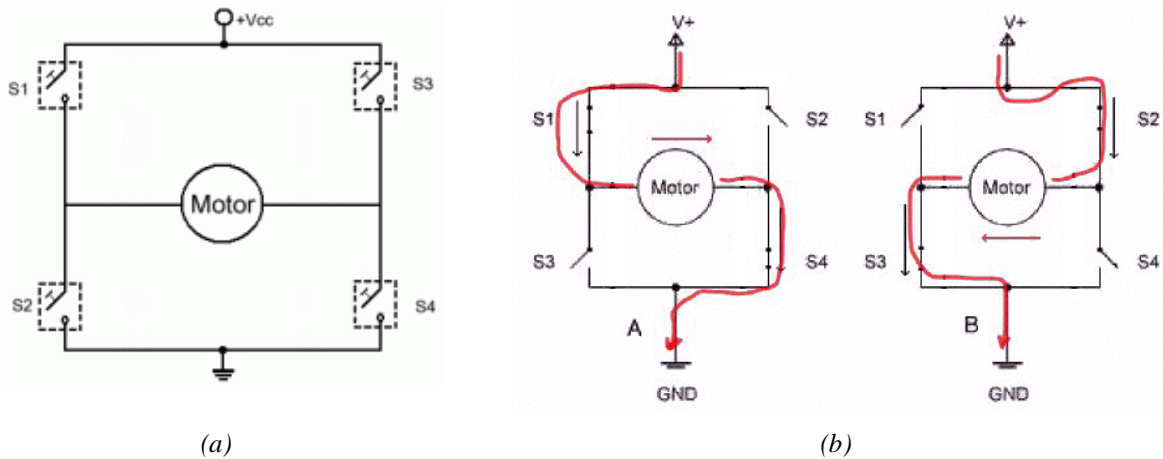
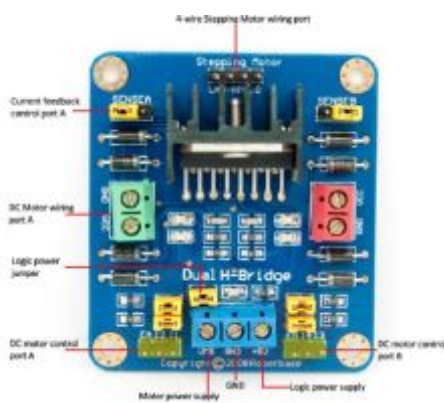


Figura D.10. (a) Pont en h. (b) Pas de corrent pel pont en h en els dos sentits possibles.

Amb la nomenclatura que estem fent servir, els interruptors S1 i S2 mai podran estar tancats al mateix temps, perquè això curtcircuitaria la font de tensió. El mateix succeeix amb S3 i S4.

Per la nostre aplicació s'ha seleccionat el circuit integrat L298H, que porta incorporats dos ponts en h i permet conduir fins a 2A, suficient per controlar els dos moto reductors. En la Figura D.11 se'n poden veure les principals característiques:



- Driver: L298
- Driver power supply: +5V~+46V
- Driver peak current: 2A
- Logic power output Vss: +5~+7V (internal supply +5V)
- Logic current: 0~36mA
- Controlling level: Low -0.3V~1.5V, high: 2.3V~Vss
- Enable signal level: Low -0.3V~1.5V, high: 2.3V~Vss
- Max drive power: 25W (Temperature 75 °C)
- Working temperature: -25 °C~+130 °C
- Dimension: 60mm*54mm
- Driver weight: ~48g

Figura D.11. (c). Circuit integrat L298H (b) Principals característiques del circuit L298H.

Cada pont del circuit L298 està accionat a través de quatre potes d'entrada, les quals són: In1;In2;ENA i In3;In4;ENB. Quan la entrada EN és alta, les entrades In defineixen l'estat del pont. Un estat baix, de la entrada En(enable), inhabilita el pont. Totes les entrades són compatibles.

If I1=1and I2=0, the motor rotates clockwise.
 If I1=0 and I2=1, it rotates anticlockwise.
 If I1=I2, it stops rotating.

EA	I1	I2	Motor A status
» 0	0	1	Clockwise rotation
» 0	1	0	Anticlockwise rotation

Figura D.12. Combinacions possibles de les entrades del circuit L298.

A les entrades ENA i ENB hi connectarem la senyal PWM provinent del Arduino, amb això i amb els diferents estats de les potes In1,In2 i In3, In4 aconseguirem controlar la velocitat i sentit dels moto reductors.

D.2.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓ. JOYSTIK

El sistema de comunicació que utilitzarem per governar la posició dels motors serà un Joystick.

Un Joystick no és res més que dos potenciòmetres que permeten mesurar el moviment en 2-D. Els potenciòmetres són resistències variables, i per tant actuen com sensors proporcionant una tensió variable en funció de la rotació del seu eix. Tal com s'observa en la FiguraD.13 (e), l'eix X del Joystick estarà relacionat a un motor i l'eix Y a l'altre. La inclinació del Joystick en determinarà la velocitat.

El model usat serà el DF Robot ja que és compatible amb l'arduino Uno. La localització dels pins es pot veure en la Figura D.13 (f).

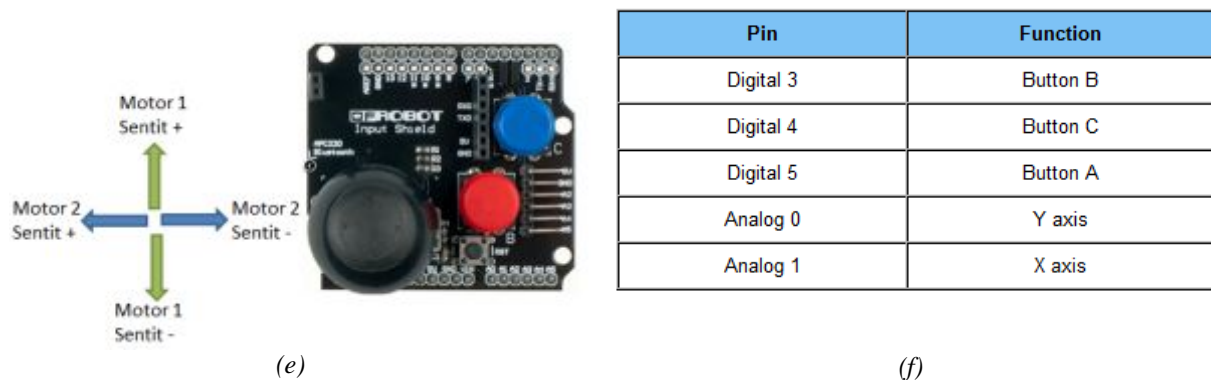


Figura D.13. (e) Sentit motors segons el Joystick DF Robot. (f) Localització dels pins del Joystick DF Robot.

D.2.4 SENSORS FINAL CARRERA.

Els finals de carrera, també coneguts com *microswitch* (interruptors de límit), són dispositius elèctrics, situats al final del recorregut d'un element mòbil, amb l'objectiu d'enviar senyals que puguin modificar l'estat d'un circuit. Internament poden contenir interruptors normalment oberts, (NO en anglès), o tancats (NC). En el cas de la nostre aplicació els finals de cursa són normalment oberts, en el cas d'arribar al final de la carrera útil de la guia l'interruptor intern del sensor passa a estar tancat, i el circuit tanca immediatament l'alimentació dels motors en el sentit corresponent.



Figura D.13. Sensor final carrera

D.2.5 FONT D'ALIMENTACIÓ

Els elements a alimentar són; els moto reductors que hi ha en la taula de posicionament i que treballen a 12v i 2,2A amb una potència nominal de 1,3NMm i una velocitat de càrrega de 81rp, i l'Arduino, que tal com s'ha vist en l'apartat D.2.1.1, la seva tensió de treball recomanada és de 7-12V. Així doncs, és necessària una font d'alimentació que proporcioni 12 V totalment estabilitzats i curtcircuitables, amb una intensitat mínima de 2,2A.

La font que hi ha actualment en la botonera de la taula de posicionament és una CEBEK F3-13 i segueix sent adequada, ja que proporciona 12V i una intensitat màxima constant de 3,5A. A més el rissat màxim amb càrrega no excedeix els 7mV, i permet ajustar sensiblement la tensió de sortida mitjançant un potenciòmetre inclòs en el circuit.

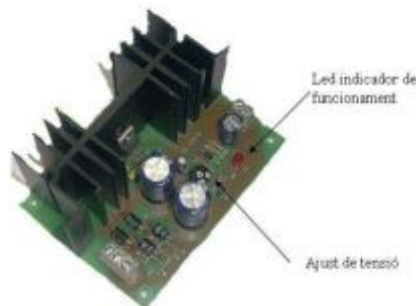
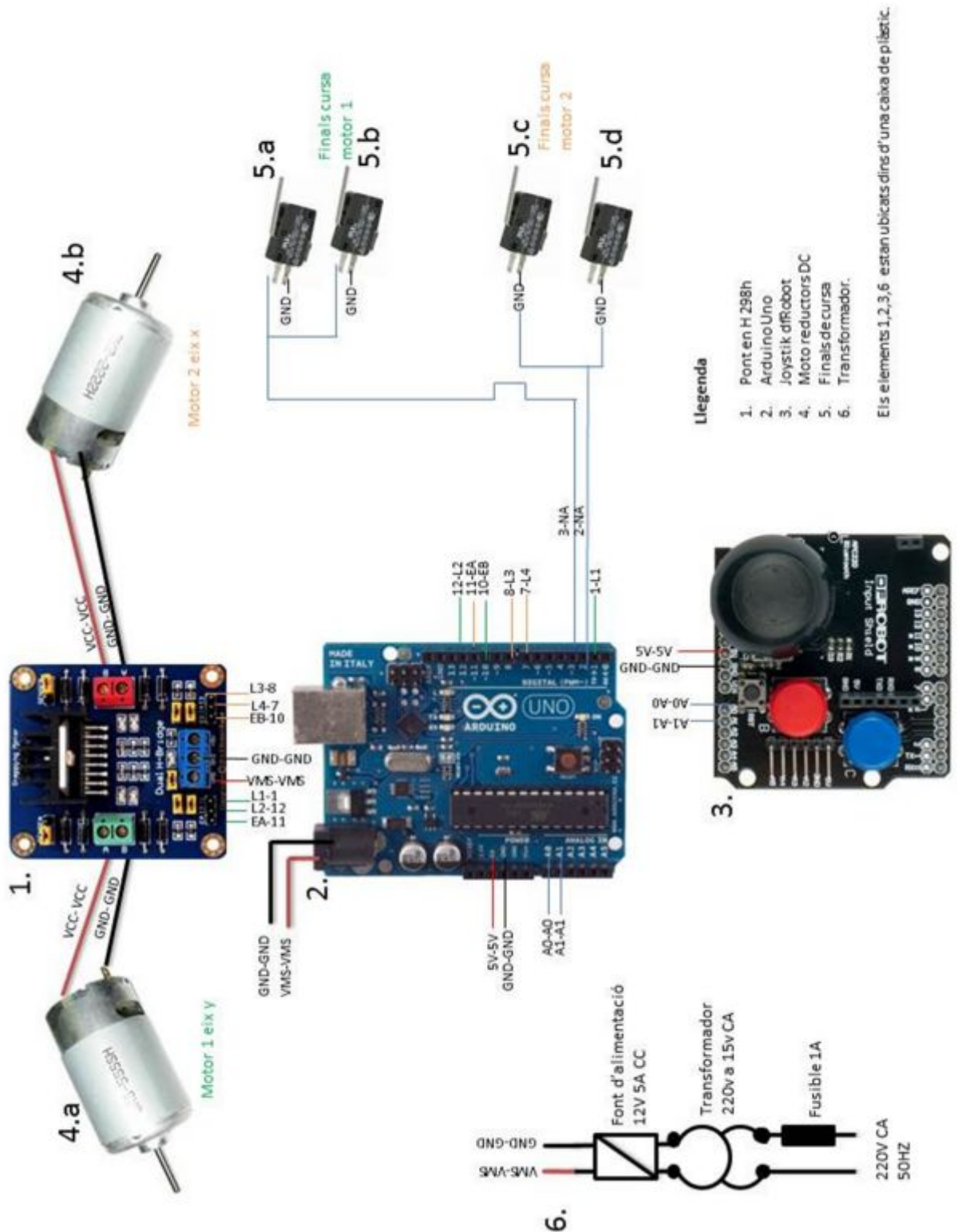


Figura D.14. Font d'alimentació CEBEK F3-13.

D.3. ESQUEMA CONNEXIÓ

En la següent imatge es mostra l'esquema de connexió dels elements. Els pins usats en l'Arduino estan en funció del codi de programació, que es pot trobar en l'apartat D.4 d'aquest mateix document.



D.4 CODI PROGRAMACIÓ ARDUINO.

```

//definim els pins
const byte joystickYA = A0; // Eix Y del joystick al pin analogic A0.
const byte joystickXA = A1; // Eix X del joystick al pin analogic A1.

const byte controlM1 = 11; //serveix per donar pas al control del motor 1
vertical.
const byte controlM2= 10; //serveix per donar pas al control del motor 2
horitzontal.

int Pota_l1_M1=1; // H-bridge , 1Arduino.(pota l1_M1), sentit pel
motor 1 vertical.
int Pota_l2_M1=12; // H-bridge , 12Arduino.(pota l2_M1).

int Pota_l1_M2=7; // H-bridge , 7Arduino.(pota l1_M2), sentit pel motor
2 horitzontal.
int Pota_l2_M2=8; // H-bridge , 8Arduino.(pota_l2_M2).

//definim les variables, els hi assignem a totes el 0 per defecte.

int analogTmp = 0; // Variable per guardar el valor d'entrada analogic del
joystick.

int Motor1 = 0; //Variables d'ajuda pel motor1.
int Motor2 = 0; //Variables d'ajuda pel motor2.

int deadZone = 10; //jostick zona morta.

int pendent_parar_vd=0; // funcions auxiliars motor vertical.
int pendent_parar_ve=0;
int pendent_parar_hd=0; //funcions auxiliars motor horitzontal.
int pendent_parar_he=0;

int final_cursa_vt=3; // el digital pin 3 es el que va als finals de cursa
del motor 1 vertical.
int sfinal_cursa_vt=1; //condicions comprovació final cursa motor 1
vertical, estat alt (1) significa repos.
int sfinal_cursa_vt2=1;
int final_cursa_ht=2; // el digital pin 2 es el que va als finals de cursa
del motor 2 horitzontal.
int sfinal_cursa_ht=1; //condicions comprovació final cursa motor 2
horitzontal, estat alt (1) significa repos.
int sfinal_cursa_ht2=1;

void setup() {

    //Initialitzem tots els pins. Els definim com a sortides digitals.
    Serial.begin(19200);
    attachInterrupt(1,final_cursa_v,FALLING); // el external interrupt nº1 de
l'arduino correspon al digital pin 3.
    // -> quan hi hagi un canvi d'estat en el pin 3 (final_cursa_vt) ->
entrarem a la subrutina final_cursa_v.
    attachInterrupt(0,final_cursa_h,FALLING); // el external interrupt nº1 de
l'arduino correspon al digital pin 2.

```

```

// -> quan hi hagi un canvi d'estat en el pin 2 (final_cursa_vt) ->
entrarem a la subrutina final_cursa_v.

pinMode(final_cursa_vt, INPUT);
pinMode(final_cursa_ht, INPUT);

pinMode(controlM1, OUTPUT);
pinMode(controlM2, OUTPUT);

pinMode(Pota_l1_M1, OUTPUT);
pinMode(Pota_l2_M1, OUTPUT);
pinMode(Pota_l1_M2, OUTPUT);
pinMode(Pota_l2_M2, OUTPUT);

digitalWrite(Pota_l1_M1, HIGH);
digitalWrite(Pota_l2_M1, HIGH);
digitalWrite(Pota_l1_M2, HIGH);
digitalWrite(Pota_l2_M2, HIGH);
}

void loop() {
  delayMicroseconds(100); //deixem 100ms.

  //Adquirim l'entrada analogica del eix Y del joystick i la escalem de
rang 0...1023(es el que treballa el joystick) al rang de -255...255 que es
el que treballa el PWM de l'arduino.
  analogTmp = analogRead(joystickYA);
  Motor1 = (512-analogTmp)/2;
  //ho restringim xk en cap cas sigui superior a 255.
  Motor1 = constrain(Motor1, -255, 255);

  if(pendent_parar_vd==1)
  {
    if(Motor1>0)
    {
      Motor1=0;
    }
    sfinal_cursa_vt=digitalRead(final_cursa_vt); //llegim dues vegades si
ha saltat el attach interrupt amb un delay de 100 per evitar debouncing.
    delay(100);
    sfinal_cursa_vt2=digitalRead(final_cursa_vt);

    if(sfinal_cursa_vt==0 && sfinal_cursa_vt2==0)
    {
      pendent_parar_vd=1;
    }
    else
    {
      pendent_parar_vd=0;
    }
  }

  if(pendent_parar_ve==1)
  {
    if(Motor1<0)
    {
      Motor1=0;
    }
    sfinal_cursa_vt=digitalRead(final_cursa_vt); //llegim dues vegades si
ha saltat el attach interrupt amb un delay de 100 per evitar debouncing.
    delay(100);

```

```
    sfinal_cursa_vt2=digitalRead(final_cursa_vt);

    if(sfinal_cursa_vt==0 && sfinal_cursa_vt2==0)
    {
        pendent_parar_ve=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_ve=0;
    }
}

delayMicroseconds(100); // deixem 100ms entre lectures.

//...fem el mateix per l'eix X.
analogTmp = analogRead(joystickXA);
Motor2 = -(512-analogTmp)/2;
//ho restringim xk en cap cas sigui superior a 255.
Motor2 = constrain(Motor2,-255,255);

if(pendent_parar_hd==1)
{
    if(Motor2>0)
    {
        Motor2=0;
    }
    sfinal_cursa_ht=digitalRead(final_cursa_ht); //llegim dues vegades si
ha saltat el attach interrupt amb un delay de 100 per evitar debouncing.
    delay(100);
    sfinal_cursa_ht2=digitalRead(final_cursa_ht);

    if(sfinal_cursa_ht==0 && sfinal_cursa_ht2==0)
    {
        pendent_parar_hd=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_hd=0;
    }
}

if(pendent_parar_he==1)
{
    if(Motor2<0)
    {
        Motor2=0;
    }
    sfinal_cursa_ht=digitalRead(final_cursa_ht); //llegim dues vegades si
ha saltat el attach interrupt amb un delay de 100 per evitar debouncing.
    delay(100);
    sfinal_cursa_ht2=digitalRead(final_cursa_ht);

    if(sfinal_cursa_ht==0 && sfinal_cursa_ht2==0)
    {
        pendent_parar_he=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_he=0;
    }
}
```

```
}

//apliquem els resultats al motor 1.
if(abs(Motor1)>deadZone)
{
    if (Motor1 > 0)
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M1,LOW);
        digitalWrite(Pota_l2_M1,HIGH);
        analogWrite(controlM1,abs(Motor1));
    }
    else
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M1,HIGH);
        digitalWrite(Pota_l2_M1,LOW);
        analogWrite(controlM1,abs(Motor1));
    }
}
else
{
digitalWrite(Pota_l1_M1,HIGH);
digitalWrite(Pota_l2_M1,HIGH);
analogWrite(controlM1,0);
}
delay(10);

//apliquem els resultats al motor 2.
if(abs(Motor2)>deadZone)
{
    if (Motor2 > 0)
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M2,LOW);
        digitalWrite(Pota_l2_M2,HIGH);
        analogWrite(controlM2,abs(Motor2));
    }
    else
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M2,HIGH);
        digitalWrite(Pota_l2_M2,LOW);
        analogWrite(controlM2,abs(Motor2));
    }
}
else
{
digitalWrite(Pota_l1_M2,HIGH);
digitalWrite(Pota_l2_M2,HIGH);
analogWrite(controlM2,0);
}

delay(10);
}

void final_cursa_v()
{
    delay(100);
    sfinal_cursa_vt=digitalRead(final_cursa_vt);
    delay(100);
    sfinal_cursa_vt2=digitalRead(final_cursa_vt);
}
```



```

    if (sfinal_cursa_vt==0 && Motor1>0)
    {
        pendent_parar_vd=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_vd=0;
    }
    if(sfinal_cursa_vt==0 && sfinal_cursa_vt2==0 && Motor2<0)
    {
        pendent_parar_ve=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_ve=0;
    }
}

void final_cursa_h()
{
    delay(100);
    sfinal_cursa_ht=digitalRead(final_cursa_ht);
    delay(100);
    sfinal_cursa_ht2=digitalRead(final_cursa_ht);

    if (sfinal_cursa_ht==0 && Motor2>0)
    {
        pendent_parar_hd=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_hd=0;
    }
    if(sfinal_cursa_ht==0 && sfinal_cursa_ht2==0 && Motor1<0)
    {
        pendent_parar_he=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_he=0;
    }
}

```

D.4.1 CODIS PRELIMINARS

Per a arribar al codi final de l'apartat D.4, abans s'han fet diferents codi, en els següents apartats hi haurà els codis més significatius.

D.4.1.1 CODI CONTROL DOS MOTORS DC AMB PONT EN H I JOYSTIK.

Aquest codi permet controlar el sentit i velocitat de dos motors DC mitjançant un Joystick i un pont en h.

```

//definim els pins
const byte joystickYA = A0; // Eix Y del joystick al pin analogic A0.
const byte joystickXA = A1; // Eix X del joystick al pin analogic A1.

const byte controlM1 = 11; //serveix per donar pas al control del motor 1.
const byte controlM2= 10; //serveix per donar pas al control del motor 2.

```

```
int Pota_l1_M1=2;    // H-bridge , 2Arduino.(pota l1_M1).
int Pota_l2_M1=12;   // H-bridge , 4Arduino.(pota l2_M1).

int Pota_l1_M2=7;    // H-bridge , 7Arduino.(pota l1_M2)
int Pota_l2_M2=8;    // H-bridge , 8Arduino.(pota_l2_M2).

//definim les variables, els hi assignem a totes el 0 per defecte.

int analogTmp = 0; // Variable per guardar el valor d'entrada analogic del
joystick.

int Motor1 = 0; //Variables d'ajuda pel motor1.
int Motor2 = 0; //Variables d'ajuda pel motor2.
int deadZone = 10; //jostick zona morta.

void setup() {

    //Initialitzem tots els pins. Els definim com a sortides digitals.
    Serial.begin(19200);
    pinMode(controlM1, OUTPUT);
    pinMode(controlM2, OUTPUT);

    pinMode(Pota_l1_M1,OUTPUT);
    pinMode(Pota_l2_M1,OUTPUT);
    pinMode(Pota_l1_M2,OUTPUT);
    pinMode(Pota_l2_M2,OUTPUT);

    digitalWrite(Pota_l1_M1, HIGH);
    digitalWrite(Pota_l2_M1,HIGH);
    digitalWrite(Pota_l1_M2, HIGH);
    digitalWrite(Pota_l2_M2,HIGH);
}

void loop() {
    //Adquirim l'entrada analogica del eix Y del joystick i la escalem de
rang 0...1023(es el que treballa el joystick) al rang de -255...255 que es
el que treballa el PWM de l'arduino.
    analogTmp = analogRead(joysticYA);
    Motor1 = (512-analogTmp)/2;

    delayMicroseconds(100); // deixem 100ms entre lectures.

    //...fem el mateix per l'eix X.
    analogTmp = analogRead(joysticXA);
    Motor2 = -(512-analogTmp)/2;

    //ho restringim xk en cap cas sigui superior a 255.
    Motor1 = constrain(Motor1,-255,255);
    Motor2 = constrain(Motor2,-255,255);

    //apliquem els resultats al motor 1.
    if(abs(Motor1)>deadZone)
    {
```

```

    if (Motor1 > 0)
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M1,LOW);
        digitalWrite(Pota_l2_M1,HIGH);
        analogWrite(controlM1,abs(Motor1));
    }
    else
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M1,HIGH);
        digitalWrite(Pota_l2_M1,LOW);
        analogWrite(controlM1,abs(Motor1));
    }
}
else
{
digitalWrite(Pota_l1_M1,HIGH);
digitalWrite(Pota_l2_M1,HIGH);
analogWrite(controlM1,0);
}

//apliquem els resultats al motor 2.
if(abs(Motor2)>deadZone)
{

    if (Motor2 > 0)
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M2,LOW);
        digitalWrite(Pota_l2_M2,HIGH);
        analogWrite(controlM2,abs(Motor2));
    }
    else
    {
        digitalWrite(Pota_l1_M2,HIGH);
        digitalWrite(Pota_l2_M2,LOW);
        analogWrite(controlM2,abs(Motor2));
    }
}
else
{
digitalWrite(Pota_l1_M2,HIGH);
digitalWrite(Pota_l2_M2,HIGH);
analogWrite(controlM2,0);
}

delay(10);
}

```

D.4.1.2 CODI CONTROL SENTIT LEDS AMB FINALS DE CURSA.

Aquest codi permet controlar el sentit i intensitat de dos leds que simulen ser dos motors DC mitjançant un Joystick. L'interruptor del Joystick simula ser el final de cursa.

```

//definim els pins
const byte joystickYA = A0; // Eix Y del joystick al pin analogic A0.
const byte joystickXA = A1; // Eix X del joystick al pin analogic A1.

const byte controlA2 = 9; //Assignem el pin 11 PWM al controlador d'avanç
del motor 2.

```

```
const byte controlR2 = 6; //Assignem el pin 6 PWM al controlador de
retroces del motor 2.

//definim les variables, els hi assignem a totes el 0 per defecte.

int analogTmp = 0; // Variable per guardar el valor d'entrada analògic del
joystick.

int Motor1 = 0; //Variables d'ajuda pel motor1.
int Motor2 = 0; //Variables d'ajuda pel motor2.

int deadZone = 10; //jostick zona morta.

int pendent_parar_vd=0; // funcions auxiliars.
int pendent_parar_ve=0;

int final_cursa_vt=3; // el digital pin 3 es el boto del joystick que
simula el final de carrera.
int sfinal_cursa_vt=1;
int sfinal_cursa_vt2=1;

void setup() {

    //Initialitzem
    Serial.begin(19200);

    attachInterrupt(1,final_cursa_v,FALLING); // el external interrupt nº1 de
l'arduino correspon al digital pin 3, ->
    // -> es a dir quan hi hagi canvi d'estat en el pin 3 (final_cursa_vt) ->
    // -> entrarem a la subrutina final_cursa_v.

    pinMode(final_cursa_vt,INPUT);

    pinMode(controlA2, OUTPUT);
    pinMode(controlR2, OUTPUT);

}

void loop() {

    delayMicroseconds(100); // deixem 100ms.

    analogTmp = analogRead(joysticXA);
    Motor2 = -(512-analogTmp)/2; //passem dels +-1023 analògics que dona
el joystick als +-255 digitals que llegeix l'arduino.
    Motor2 = constrain(Motor2,-255,255);

    if(pendent_parar_vd==1)
    {
        if(Motor2>0)
        {
            Motor2 =0;
        }
    }
    sfinal_cursa_vt=digitalRead(final_cursa_vt);
    delay(100);
    sfinal_cursa_vt2=digitalRead(final_cursa_vt2);
}
```

```
if (sfinal_cursa_vt==0 && sfinal_cursa_vt2==0)
{
    pendent_parar_vd=1;
}
else
{
    pendent_parar_vd=0;
}

if(pendent_parar_ve==1)
{
    if(Motor2<0)
    {
        Motor2 =0;
    }
    sfinal_cursa_vt=digitalRead(final_cursa_vt);
    delay(100);
    sfinal_cursa_vt2=digitalRead(final_cursa_vt);

    if (sfinal_cursa_vt==0 && sfinal_cursa_vt2==0)
    {
        pendent_parar_ve=1;
    }
    else
    {
        pendent_parar_ve=0;
    }
}

//apliquem els resultats al motor 2.
if(abs(Motor2)>deadZone)
{
    if (Motor2 > 0)
    {
        analogWrite(controlR2,0);
        analogWrite(controlA2,abs(Motor2));
    }
    else
    {
        analogWrite(controlA2,0);
        analogWrite(controlR2,abs(Motor2));
    }
}
else
{
    analogWrite(controlA2,0);
    analogWrite(controlR2,0);
}

delay(10);
}

void final_cursa_v()
{
    delay(100);
    sfinal_cursa_vt=digitalRead(final_cursa_vt);
```

```
delay(100);
sfinal_cursa_vt2=digitalRead(final_cursa_vt);

if (sfinal_cursa_vt==0 && sfinal_cursa_vt2==0 && Motor2>0)
{
  pendent_parar_vd=1;
}
else
{
  pendent_parar_vd=0;
}
if (sfinal_cursa_vt==0 && sfinal_cursa_vt2==0 && Motor2<0)
{
  pendent_parar_ve=1;
}
else
{
  pendent_parar_ve=0;
}
}
```