

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Adaptació del sistema de transmissió del Tarlà de l'Argenteria de Girona

Document: Memòria i annexos

Alumne: Miquel Teixidor Batlle

Tutor: Daniel Trias Mansilla

Cotutor: Jordi Torrent Collell

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria: Juny 2024

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1 Antecedents	4
1.1.1 Peticionari	5
1.1.2 Necessitats del peticionari.....	5
1.2 Objecte	5
1.3 Especificacions i abast	5
1.3.1 Requeriments	5
1.3.2 Abast del projecte	6
2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL	7
2.1 Ubicació	7
2.2 Aspectes generals del mecanisme.....	8
2.3 Principi de funcionament.....	9
3. MUNTATGE BARRA DEL TARLÀ	11
4. MUNTATGE BANCADA DE CONTROL REMOT	13
5. CIRCUIT ELÈCTRIC	16
6. COMANDAMENTS I FUNCIONAMENT	17
6.1 Mode manual des del balcó	18
6.2 Mode manual des del carrer	18
6.3 Mode automàtic des de l'aplicació mòbil.....	19
7. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES	20
8. RESUM DEL PRESSUPOST	21
9. CONCLUSIONS	22
10. RELACIÓ DE DOCUMENTS	23
ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES	24
A.1 COMPONENTS A FABRICAR	25
A.1.1 Eix d'acoblament a la barra del Tarlà.....	25
A.1.2 Eix buit	26
A.1.3 Plat separador.....	26
A.1.4 Plat acoblador	27
A.1.5 Manovella	28
A.1.6 Eix de control.....	29
A.1.7 Volandera manovella.....	30
A.1.8 Xapa suport del motor	30
A.1.9 Tapa del motor.....	31
A.1.10 Tapa de l'eix de control.....	32
A.1.11 Bloc suport del rodament davanter	33
A.1.12 Bloc suport del rodament posterior	33
A.1.13 Bloc suport de l'encoder.....	34
A.1.14 Platina exterior del timó.....	34

A.1.15 Platina centradora eix-timó.....	35
A.1.15 Platina unió carretó-roda	35
A.2 COMPONENTS A COMPRAR.....	36
A.2.1 Motor.....	36
A.2.2 Reductor.....	37
A.2.3 Posicionadors de molles.....	38
A.2.4 Rodaments	39
A.2.5 Disc fre de bicicleta.....	42
A.2.6 Timó	43
A.2.7 Rodes.....	44
A.2.8 Encoder	45
A.2.9 PLC basat en Arduino	46
A.2.10 Variador de freqüència	48
ANNEX B: CÀLCULS MECÀNICS	50
B.1 CÀLCUL DE LA INÈRCIA EQUIVALENT A L'EIX COMÚ	51
B.1.1 Obtenció de les inèrcies dels diferents elements	51
B.2 DIMENSIONAMENT DEL REDUCTOR.....	53
B.2.1 Càlcul del factor de servei.....	53
B.2.2 Càlcul del parell de sortida del reductor	54
B.3 DIMENSIONAMENT DEL MOTOR.....	55
B.3.1 Càlcul del parell.....	55
B.3.2 Càlcul de la velocitat	55
B.3.3 Càlcul de la potència.....	56
B.4 CÀLCUL DELS RODAMENTS	57
B.4.1 Combinacions de càrregues	57
B.4.2 Rodament NSK-HRP N25	60
B.4.3 Rodament SKF 6006-2Z	61
B.4.4 Rodament SKF 6005-2Z	61
B.5 CÀLCUL DE L'EIX D'ACOBLEMENT A LA BARRA DEL TARLÀ.....	62
B.5.1 Geometria i material	62
B.5.2 Simulació des les forces que actuen a l'eix d'acoblament.....	63
B.5.2.1 Condicions de contorn	63
B.5.2.1 Resultats de les tensions a l'eix d'acoblament.....	63
B.5.3 Simulació unions cargolades entre l'eix d'acoblament i la barra del Tarlà....	65
B.5.3.1 Condicions de contorn	65
B.5.3.2 Resultats de la unió cargolada.....	65
B.6 CÀLCUL DE LES VELOCITATS ENTRE L'EIX DE CONTROL I LA BARRA .	67
B.6.1 Velocitat màxima del timó.....	67
ANNEX C: PROGRAMACIÓ	69
C.1 PLC	70
C.1.1 Configuració dels selectores	70
C.2 PROGRAMA ARDUINO IDE	71

C.2.1 Declaració de llibreries i variables	71
C.2.2 Inicialització del programa	72
C.2.3 Loop principal	73
C.2.4 Funcions	74
C.2 VARIADOR DE FREQUÈNCIA	78
C.2.1 Resum dels paràmetres	78
ANNEX D: PROVES DE FUNCIONAMENT	80
D.1 TREBALL PREVI.....	80
D.2 MUNTATGE A LA UNIVERSITAT.....	81
D.3 MUNTATGE AL CARRER	83
ANNEX E: MANUAL DE MUNTATGE	84
E.1 MUNTATGE DEL MECANISME MOTRIU	85
E.1.1 Llistat de components.....	85
E.1.2 Eines a utilitzar	86
E.1.3 Procediment de muntatge	87
E.2 MUNTATGE EIX DE CONTROL REMOT	88
E.2.1 Llistat de components.....	88
E.2.2 Eines a utilitzar	89
E.2.3 Procediment de muntatge	89
E.3 INSTAL·LACIÓ DEL MECANISME AL CARRER.....	91
E.3.1 Llistat de components.....	91
E.3.2 Eines i maquinària a utilitzar.....	92
E.3.3 Procediment de muntatge	92
ANNEX F: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT	94
F.1 INSTRUCCIONS IMPORTANTS DE SEGURETAT	95
F.2 INFORMACIÓ	95
F.3 INSTRUCCIONS D'ÚS.....	96
F.3.1 Quadre de comandament.....	96
F.3.2 Instruccions per a la posada en marxa.....	97
F.4 MODES D'UTILITZACIÓ	97
F.4.1 Mode manual des del balcó.....	97
F.4.2 Mode manual des del carrer	98
F.4.3 Mode automàtic des del mòbil	98
F.5 INSTRUCCIONS PER AL MANTENIMENT	98
F.5.1 Recomanacions generals.....	98
F.5.2 Manteniment preventiu.....	99

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

Una de les figures més típiques de Girona és el Tarlà, un ninot que penjat de banda a banda del carrer de l'Argenteria, fa giravoltes durant determinats dies de l'any, concretament apareix per les Festes de Primavera fins passat Temps de Flors.

La llegenda diu que durant les quarantenes per la pesta del segle XV hi havia un home que feia tombarelles per entretenir els veïns que estaven tristos, avorrits i malalts. Així doncs, el 'Tarlà' és un homenatge a aquest personatge i el ninot que penja de la barra giratòria imita d'alguna manera les acrobàcies que duia a terme.

El putxinel li té una estructura simplificada a la del cos humà. Té dos braços rígids, amb les mans fixades a la barra i articulats per l'espatlla. Per altra banda, hi ha el tronc amb el cap fixat. A la cintura hi ha una nova articulació que permet unir les extremitats inferiors. Aquestes, estan formades per les cuixes, el genoll (que actua com articulació), i la part inferior formada per la cama i el peu. En total, es poden identificar 3 unions, fet que indica que el ninot té 4 graus de llibertat.



Figura 1: El Tarlà de l'Argenteria de Girona

1.1.1 Peticionari

Ajuntament de Girona

P1708500B

Plaça del Vi núm. 1

17004 Girona

1.1.2 Necessitats del peticionari

Antigament, el mecanisme s'accionava manualment des d'un dels balcons. El 2019 es va instal·lar una eina tecnològica que permetia controlar la figura des del telèfon mòbil i així evitar l'accés en una propietat privada per fer voltar el personatge. Tanmateix, el mecanisme dissenyat el 2019 presenta molts problemes, ja que està format per una transmissió de cadenes que no accepta velocitats i parells tan grans, fet que provoca que sovint salti. Com a conseqüència, s'ha d'accedir a la propietat privada comentada anteriorment per tornar a posar el mecanisme a punt.

1.2 Objecte

Concretament, el que es pretén és projectar un mecanisme de transmissió directa per fer girar el Tarlà, millorant i adaptant l'actual. Aquest ha de ser un sistema robust i que permeti girar el Tarlà d'una manera similar a com es feia originalment, però sense accedir al balcó. A més, es busca incrementar la seva interactivitat, ja que s'ha observat que l'ús del telèfon mòbil en la seva operació és limitat.

1.3 Especificacions i abast

1.3.1 Requeriments

Taula 1: Requeriments de la petició

Tema	Obligatori / Desitjable	Descripció
Dimensions màximes	Obligatori	2200 x 600 mm
Funció	Obligatori	El mecanisme ha de permetre girar el Tarlà de manera interactiva.

Tema	Obligatori / Desitjable	Descripció
Forces	Obligatori	Pes Tarlà: 15,8 Kg Pes barra: 33,2 Kg
Instal·lació	Obligatori	Manipulació des de peu de carrer, s'ha de poder connectar i desconnectar fàcilment.
	Desitjable	Evitar accedir a la propietat privada
Temps de funcionament	Obligatori	4h/dia
Control	Obligatori	S'ha de poder manipular des de un comandament a distància.
	Obligatori	Mantenir un volant per l'accionament manual.
Vida útil	Desitjable	10 anys
Costos	Obligatori	8772,50 euros

1.3.2 Abast del projecte

En aquest projecte, es realitzarà el nou disseny mecànic i electrònic del dispositiu per a la seva fabricació, programació i instal·lació. Inclourà el disseny dels components mecànics i la programació per transferir les ordres del codi als components mecànics.

El treball tindrà el format de projecte, amb tots els documents que implica: memòria, plànols, estat d'amidaments, plec de condicions i pressupost. Continirà també annexos de càlculs justificatius així com manual de muntatge i manteniment.

El projecte està destinat a l'execució i construcció del mecanisme.

2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL

2.1 Ubicació

El Tarlà es penja entre dos balcons de propietat privada al Carrer de l'Argenteria, al centre de Girona. Aquests estan ubicats a una altura de 4 metres i amb una separació de 3940 mm. S'ha de tenir en compte que està ubicat a una via urbana de pas públic, cosa que implica que durant el llarg del dia hi circulen vianants per sota constantment.



(a) Joieria Quera



(b) Privat

Figura 2: Balcons on es recolza la barra del Tarlà

Pel que fa al mecanisme que fa girar el Tarlà estarà situat al balcó de la joieria Quera, que té les següents dimensions:

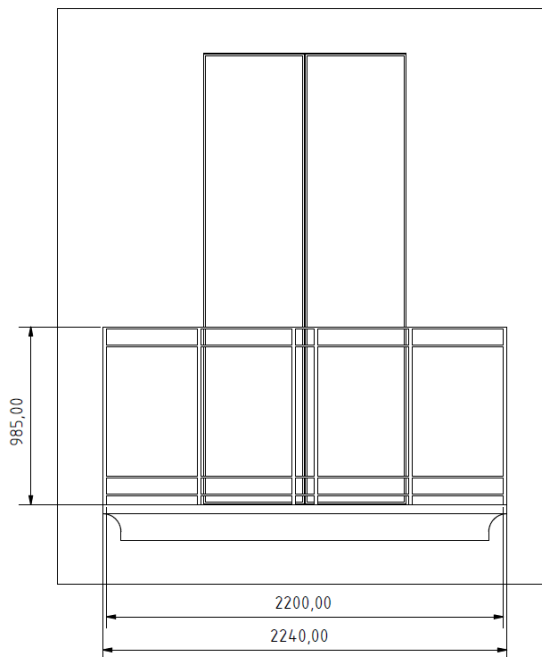


Figura 3: Alçat del baco de la joieria Quera

A la Figura 4 s'observa l'obertura de la balconera. Està formada per dues fulles amb un radi d'obertura de 560 mm cap a l'exterior. Això limita l'espai útil on posar el mecanisme, ja que depèn de com es col·loqui, les portes no es podran obrir.

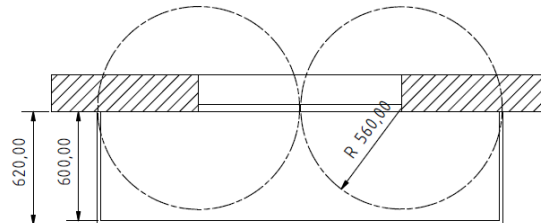


Figura 4: Planta del balcó de la joieria Quera

2.2 Aspectes generals del mecanisme

La solució proposada es basa en l'accionament que tenia el Tarlà originalment, és a dir, amb un volant. A peu de carrer, es troba un carretó mòbil que conté l'eix de control. Mitjançant un timó, que fa de comandament, es pot fer girar el ninot a diferents velocitats i en ambdós sentits. A més, s'ha mantingut la possibilitat de controlar el titella a través del mòbil i manualment des del balcó.

El disseny final consta de tres parts: la mecànica de la barra i el mecanisme motriu del motor-reductor, la mecànica del control, i la part electrònica, encarregada de la comunicació entre totes aquestes. A la Figura 5a es pot observar la barra del Tarlà acoblat amb el motor-reductor, aquest rep les ordres que se li envien des del timó de la Figura 5b.



(a) Sistema de transmissió



(b) Carretó mòbil de control

Figura 5: Renderitzat del mecanisme

2.3 Principi de funcionament

S'ha decidit posar un motor-reductor directament connectat a l'eix del Tarlà. El reductor és de vis sense fi, aquest mecanisme no pot funcionar en sentit contrari, és a dir, és irreversible. Per tal de complir amb un dels requisits obligatoris (s'ha de poder accionar des del balcó), s'han hagut de dissenyar un seguit de peces que permeten manejar l'eix del Tarlà sense la utilització directa del motor.

La solució proposada s'ha basat en la utilització d'un eix buit acoblat a l'eix de sortida del motor-reductor. A l'interior d'aquest eix buit hi passa un altre eix que està recolzat per dos rodaments. Uns posicionadors ajustables permeten que els dos eixos puguin girar solidàriament amb l'eix del motor o bé que l'eix interior giri de manera independent, proporcionant així la flexibilitat necessària per al control del sistema manual des del balcó o remotament.

A la Figura 6 s'observa en detall els posicionadors de molla acoblats, d'aquesta manera es pot utilitzar el mecanisme en combinació amb el motor. L'eix del reductor, ressaltat en color verd, transmet el parell a l'eix del Tarlà i tot el conjunt, marcat en taronja, gira solidàriament.

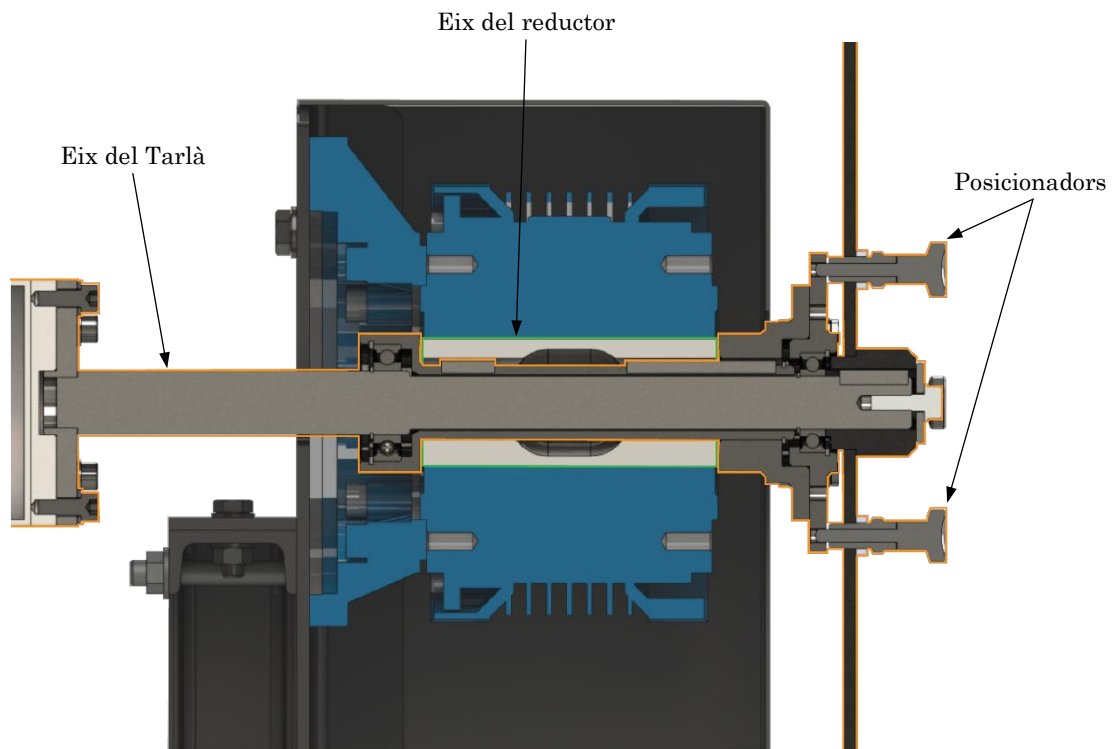


Figura 6: Secció amb els posicionadors acoblats

En cas que es vulgui fer girar el mecanisme manualment des del balcó és tan fàcil com desacoblar els posicionadors tal com es detalla a la Figura 7. S'aconsegueix així, desembragar l'eix del motor. Els dos rodaments, marcats en verd, permeten que l'eix del Tarlà giri lliurement sense la influència directa del motor.

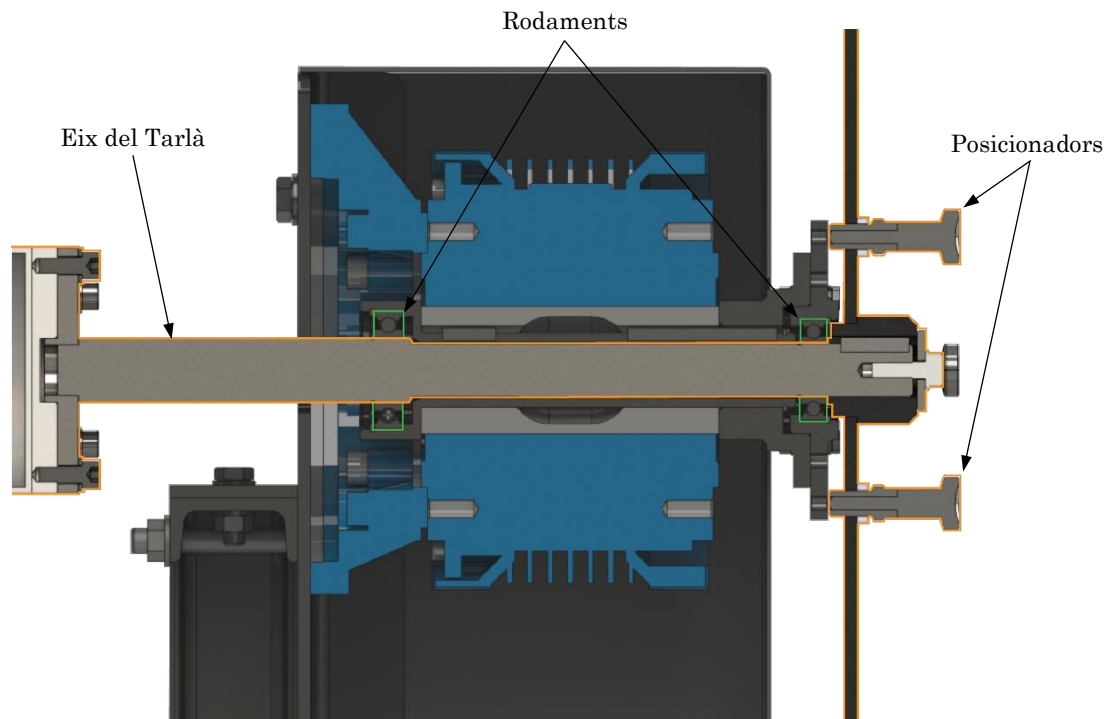


Figura 7: Secció amb els posicionadors desacobllats

3. MUNTATGE BARRA DEL TARLÀ

Aquest és el conjunt que va situat a sobre els balcons. El muntatge del mecanisme motriu del sistema es recolza a la barana del balcó de la joieria Quera mitjançant un suport ja existent. Per tal d'adaptar el nou mecanisme en el suport, s'ha utilitzat una xapa unida per cargols mètrics. En aquesta xapa hi ha cargolada la brida del motor-reductor juntament amb tot el mecanisme i la tapa corresponent. A la Figura 8 hi ha representat tot el muntatge de la barra del Tarlà així com el suport i el rodament situats a l'altre balcó.

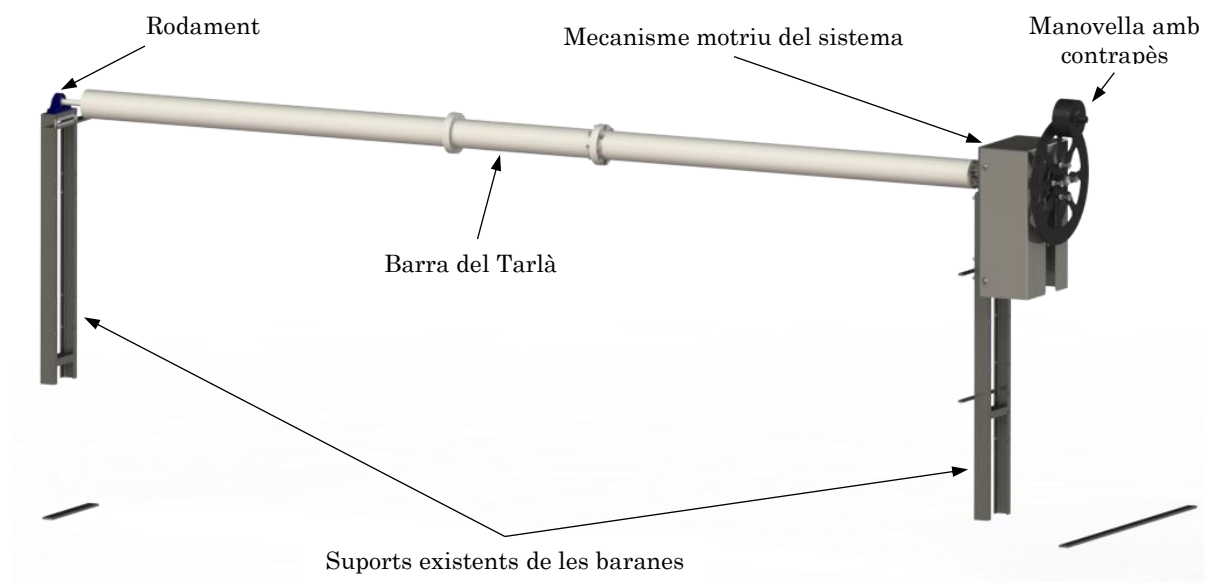


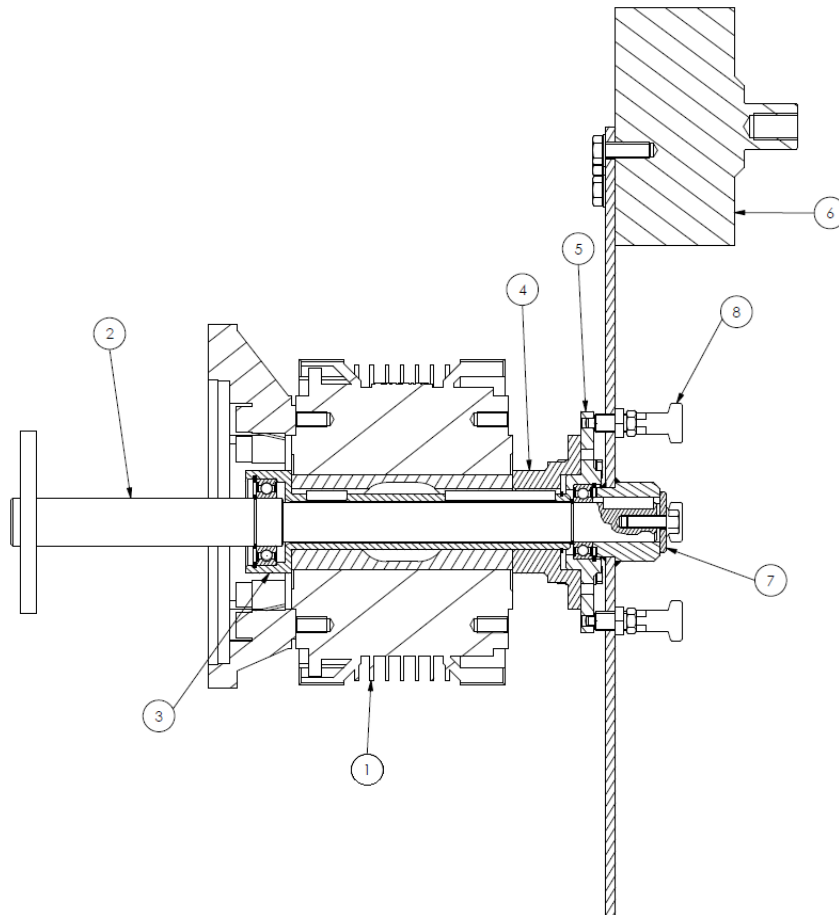
Figura 8: Renderitzat del muntatge de la barra del Tarlà

El motor, que fa d'element motriu principal, és l'encarregat de proporcionar moviment al mecanisme. Aquest està connectat a un reductor de vis sense fi amb una relació de transmissió de $i=1/40$. A la sortida del reductor, que té un diàmetre de 35 mm, hi ha acoblat un eix buit amb les seves corresponents xavetes. Aquest eix buit també fa de suport per un dels rodaments. A la part exterior, hi ha un plat separador, encastat, per una banda al reductor i per l'altra, al plat acoblador. En aquest últim, hi ha el segon rodament. Per evitar el desplaçament dels rodaments que reben força axial, s'han col·locat diferents anells elàstics de retenció.

A l'interior de totes aquestes peces hi passa l'eix principal, que, per una banda, va cargolat a la barra del Tarlà a través de 8 cargols mètrics i per l'altra a la manovella mitjançant una volandera i un cargol que fan de topall. El parell de l'eix a la manovella es transmet mitjançant una nova xaveta. A la manovella per una part i tenim el contrapès,

la seva funció és contrarestar la inèrcia del ninot. Per altra, els acobladors, que permeten modificar la interacció dels diferents components per tal d'utilitzar el mecanisme accionat a través del motor o manualment.

A la Figura 9 es pot visualitzar la disposició de totes aquestes peces comentades. Tanmateix, a l'annex A s'explica el disseny de cada una amb més detall.



Número	Components
--------	------------

1	Reductor
2	Eix d'acoblament a la barra del Tarlà
3	Eix buit
4	Plat separador
5	Plat acoblador
6	Manovella amb contrapès
7	Volandera de la manovella
8	Posicionadors

Figura 9: Secció amb els components del mecanisme motriu

4. MUNTATGE BANCADA DE CONTROL REMOT

A la bancada mòbil s'hi situa l'eix de control remot, concretament, està ubicat a la part inferior del tauler. Aquest eix està recolzat per dos rodaments que tenen els seus suports corresponents separats 120 mm. El que queda més endins, s'hi troba un bloc que permet l'acomodament de l'encoder. L'encoder està subjectat a l'eix mitjançant dos espàrrecs.

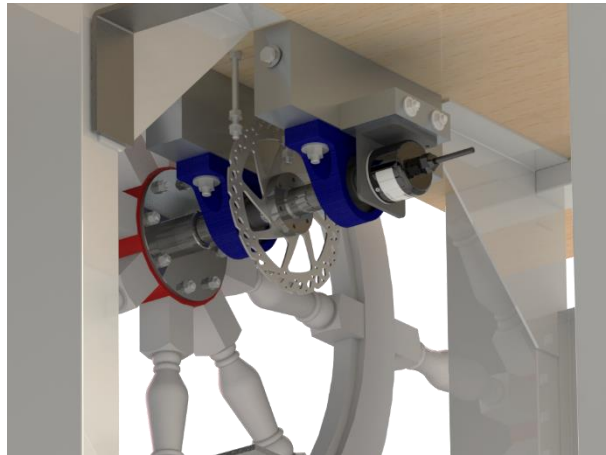


Figura 10: Renderitzat en detall de l'eix de control sense la tapa

Per tal de simular la resistència i el parell que s'havia d'aplicar a la manovella antigament, s'ha posat un fre de diàmetre 160 mm. Situat al centre de l'eix i entre els dos rodaments hi ha el disc de fre, aquest està collat a l'eix per mitjà de 6 cargols. Pel que fa al fre mecànic està situat de manera que queda tangent al disc, està fixat a la bancada amb dues varilles roscades. La resistència que aplica és sempre constant, mitjançant una molla que es pot tensar més o menys en funció d'un cargol, tal com s'observa a la Figura 11.

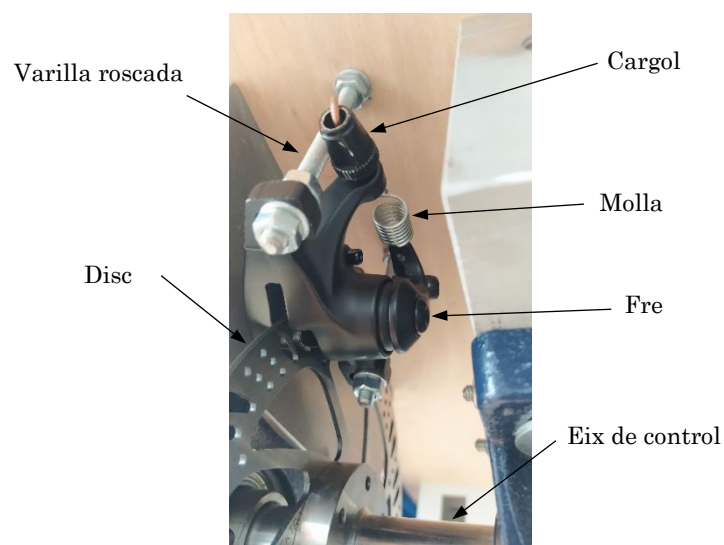
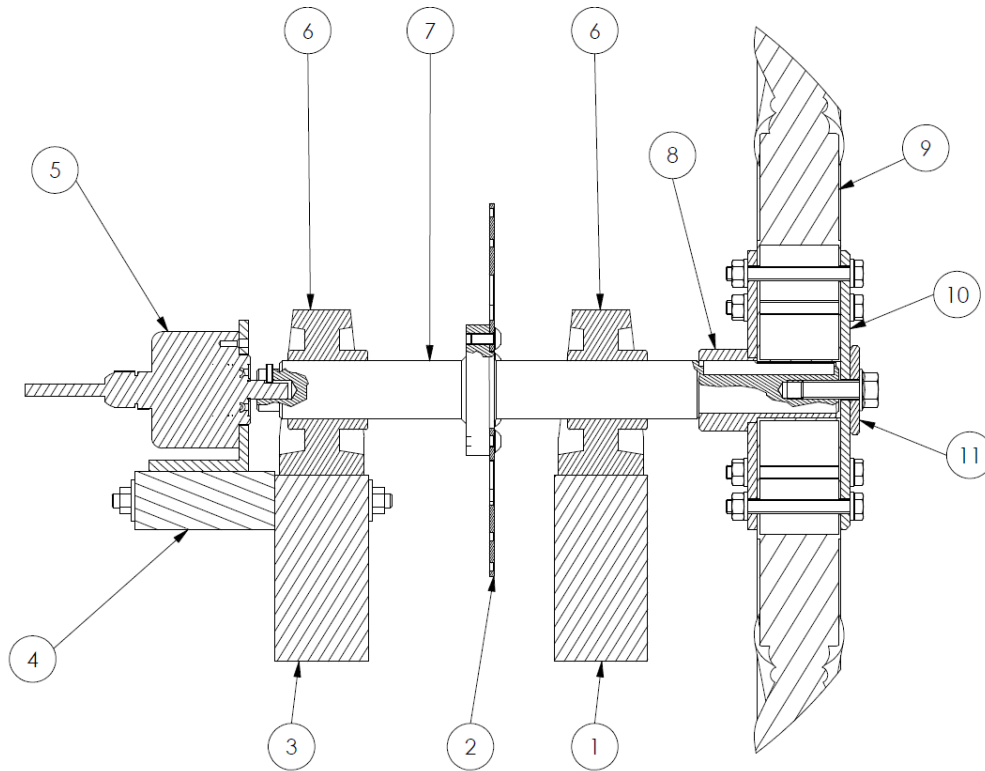


Figura 11: Detall del fre

A l'altre extrem, hi ha acoblat el timó mitjançant una xaveta. S'ha hagut de reforçar la part central amb unes platines per tal que el conjunt treballi correctament. Pel mateix motiu, també s'ha dissenyat una peça que permet ajustar l'eix al timó, reforçant la unió i evitant danys a la fusta. A la Figura 12 es pot observar la interacció de cadascuna de les peces.



Número Components

1	Bloc suport del rodament davanter
2	Disc de fre
3	Bloc suport del rodament posterior
4	Bloc suport de l'encoder
5	Encoder
6	Rodament
7	Eix de control
8	Platina centradora eix-timó
9	Timó
10	Platina exterior del timó
11	Volandera de la manovella

Figura 12: Secció amb els components de l'eix de control

Pel que fa la cinemàtica, el sistema té 1 grau de llibertat, on l'entrada és el gir del timó que es transmet mitjançant l'eix fins a arribar a l'encoder.

A la bancada també hi ha situat l'armari amb tots els components elèctrics. A més a més, s'han modificat les rodes del carretó per tal que durant el transport no hi hagi vibracions ni cops causats per les llambordes del paviment. Aquestes vibracions havien malmès els components elèctrics que hi havia en el passat, és per això que s'ha decidit canviar les rodes massisses per unes de neumàtiques. Aquestes són més grosses a les que hi havia, per la qual cosa s'ha dissenyat unes platines que permeten adaptar les rodes a l'estructura del carretó.



Figura 13: Renderitzat en detall de la platina que uneix la roda amb carretó

Tant en l'annex A com en el Document 2: Plànols, es pot visualitzar la disposició i el disseny de cada component amb més detall.

5. CIRCUIT ELÈCTRIC

El sistema té com a font de corrent un endoll connectat a 230 V. Aquest, alimenta el variador de freqüència i una petita font d'alimentació de 24 V la qual es fa servir per a l'encoder i el PLC.

El PLC basat en *Arduino* és l'encarregat d'executar el codi que té emmagatzemat. En rebre les pulsacions de l'encoder, l'autòmat processa i transforma els polsos en velocitats i sentits que se li han assignat. El sistema també incorpora un mòdul Wi-Fi amb una antena que permet comunicar-se amb les ordres del mòbil. El codi està adjunt a l'Annex C.

Mitjançant el mòdul de comunicació RS-485 s'envia la informació al variador de freqüència, que farà d'intermediari amb el motor, provocant la rotació l'eix del Tarlà. A la Figura 14 es pot visualitzar un diagrama que mostra com interactuen el diferents components electrònics.

Si és necessari, en tot moment es pot prémer el polsador d'emergència per aturar l'accionament. Automàticament, el motor es parará gradualment mitjançant una rampa suau.

A l'annex C es descriu amb més detall com s'ha programat i el motiu dels diferents paràmetres que s'han utilitzat.

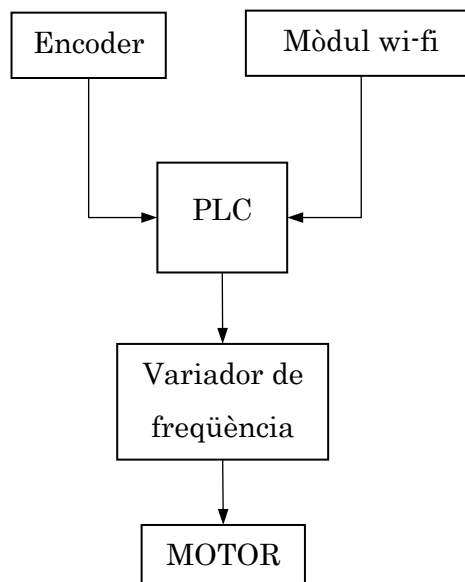


Figura 14: Diagrama dels elements electrònics

6. COMANDAMENTS I FUNCIONAMENT

En aquesta secció es detallen els diferents modes de funcionament que té el mecanisme. A continuació, a la Figura 15 hi ha representat un diagrama on s'observa de manera generalitzada el funcionament del nou sistema de transmissió del Tarlà.

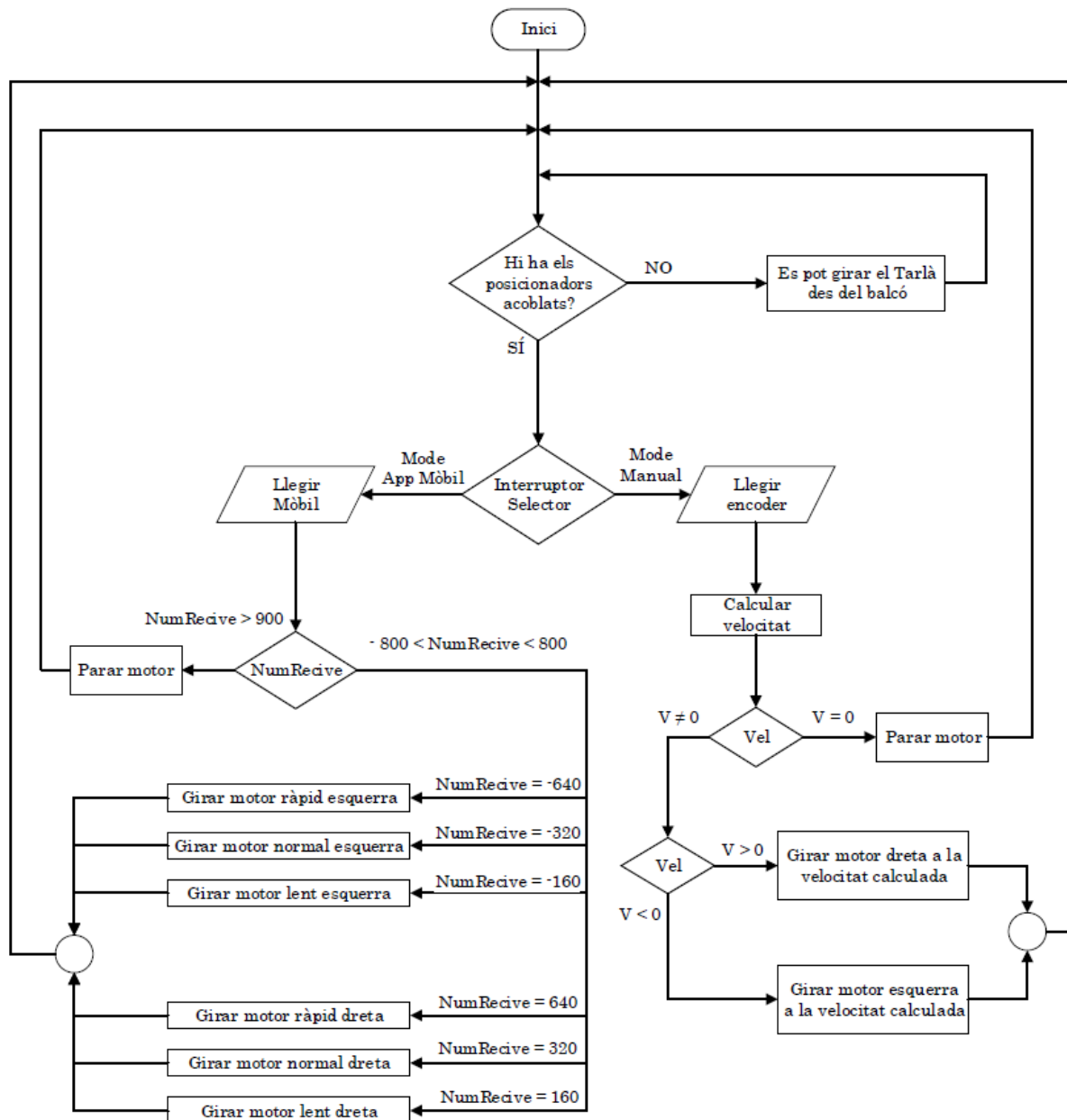


Figura 15: Diagrama conceptual de funcionament

6.1 Mode manual des del balcó

La primera forma d'accionar el Tarlà és de manera manual, tal com es feia tradicionalment, des del balcó. S'ha volgut mantenir aquest mode. Per fer-ho, cal desacoblar els 4 posicionadors de manera que queda l'eix completament lliure de la transmissió del motor. Amb aquest mode no és necessari l'electricitat, és a dir, està pensat pel cas que hi hagués algun problema a la xarxa i no arribes corrent en el mecanisme. Això permet continuar girant de forma ininterrompuda, independentment de l'estat de la xarxa elèctrica.

6.2 Mode manual des del carrer

Aquest mode permet que tothom qui passi pel carrer pugui controlar el ninot des del timó. A diferència del primer mode, amb aquest és crucial alinear i fer convergir els 4 posicionadors de la manovella als forats del plat d'acoblament del motor. Un cop connectat el carro a la xarxa elèctrica i el selector situat a la part superior del quadre elèctric posicionat al mode manual ja es pot controlar el Tarlà des del timó.

El timó actua com a comandament. No només permet el gir del ninot en ambdós sentits, sinó que també permet controlar la velocitat. Si es gira el timó més lent, la barra del Tarlà girarà més a poc a poc, en canvi, si es gira el timó de manera més ràpida, la barra adquirirà velocitats més altes, proporcionant un control precís.



Figura 16: Mode manual des del carrer

6.3 Mode automàtic des de l'aplicació mòbil

Per últim, es poden controlar els moviments del Tarlà i fer-lo girar a través d'un telèfon mòbil. En aquest cas s'ha de moure el selector del quadre elèctric a la posició "App mòbil". A la Figura 17 s'observa una captura de pantalla de la interfície de l'aplicació utilitzada. L'app està programada a tres velocitats diferents: ràpid, normal i lent, així com tres cabrioles específiques. A més el botó "Reiniciar" permet parar el motor suaument mitjançant una rampa controlada.

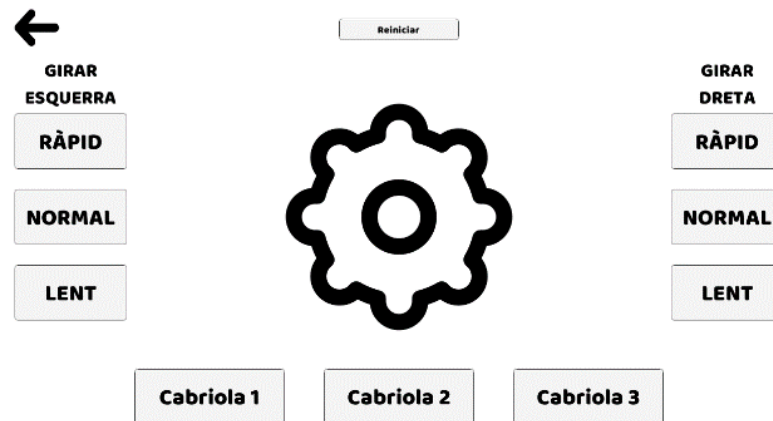


Figura 17 Interfície de l'app mòbil

7. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES

A continuació, s'indiquen les característiques i paràmetres mecànics més rellevants del mecanisme dissenyat.

Taula 2: Resum de característiques del nou sistema de transmissió del Tarlà

Característiques	Valor
Dimensions del muntatge del mecanisme motriu	587 x 354 x 221 mm (altura x amplada x profunditat)
Pes del muntatge del mecanisme motriu	71 kg
Dimensions del muntatge bancada de control remot	1047 x 1000 x 812 mm (altura x amplada x profunditat)
Pes del muntatge bancada de control remot	85 kg
Connexió elèctrica	220-240 V ~ 50 Hz
Grau de protecció	IP 20
Tipus de transmissió	Directa amb motor-reductor
Sistema de control	PLC basat en Arduino
Màxima velocitat de gir	20 rpm
Màxima acceleració	4,19 rad/s ²
Modes de funcionament	- Mode manual des del balcó - Mode manual des del carrer - Mode automàtic des de l'aplicació mòbil.

8. RESUM DEL PRESSUPOST

Puja el pressupost la quantitat de SIS MIL SET-CENTS SETANTA-SIS EUROS AMB DISSET CÈNTIMS (6776,17 €).

Per a una informació més detallada, dirigir-se al document 5, pressupost.

9. CONCLUSIONS

A continuació es presenten les principals conclusions en base els objectius plantejats. Primer de tot, és important destacar que aquest projecte ha assolit tots els objectius establerts inicialment. S'ha presentat un disseny que complia amb tots els requeriments del client, s'ha executat i construït la proposta i finalment, el mecanisme ha funcionat amb èxit.

El desenvolupament d'aquest projecte ha estat el desafiament més gran que he tingut l'oportunitat d'afrontar fins ara. Malgrat tenir els coneixements de mecànica, aquest projecte ha representat un repte tècnic superior, ja que la complexitat de la programació del PLC i el variador de freqüència necessària era més gran que en els projectes que havia realitzat durant el llarg de la carrera.

Dit això, tot i els diferents imprevistos que han anat sortint al llarg del procés de muntatge, programació i calibratge s'ha aconseguit projectar un mecanisme més fiable que el que hi havia anteriorment, ja que només s'ha accedit a la propietat privada per muntar i desmuntar el mecanisme.

Comparant amb com es movia el Tarlà antigament, es pot observar una diferència notable, i aquesta és la velocitat. S'ha hagut de reduir molt la velocitat en la que gira el ninot, com a conseqüència no es poden fer certes piruetes. Això és degut a que el sistema està pensat per a tots els públics, que en general, no tenen en compte la dinàmica del ninot. Si es programés una velocitat màxima més elevada es produirien molts xocs que malmetrien el titella i l'estructura on es recolza tot el muntatge del Tarlà. Rigidificant l'estructura dels balcons, amb uns puntals es reduirien les vibracions, milloraria el funcionament i es podria fer girar el ninot a velocitats més grans.

Un punt a considerar i que s'ha observat un cop la solució estava en funcionament, és la de les vibracions que pateix la bancada mòbil al ser transportada. Tot i canviar les rodes, i reduir molt les que ja hi havia, s'ha contemplat que es podrien afegir uns silentblocks entre el quadre elèctric que allotja els components electrònics i el carro, disminuint així encara més la tremolor que pateixen aquests components.

Finalment, m'agradaria afegir que, l'aspecte més satisfactori de la realització d'aquest treball, ha estat poder dur el projecte a terme. Com s'ha comentat, antigament costava molt fer voltar el Tarlà i d'aquesta manera s'ha trobat un sistema més interactiu perquè els més petits, però no només, puguin des del carrer fer girar aquest personatge llegendari.

10. RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOCUMENT 1. MEMÒRIA I ANNEXOS

1. MEMÒRIA
2. ANNEXOS
 - a. Descripcions tècniques
 - b. Càlculs mecànics
 - c. Programació
 - d. Proves de funcionament
 - e. Manual de muntatge
 - f. Manual d'usuari i manteniment

DOCUMENT 2. PLÀNOLS

DOCUMENT 3. PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT 4. ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT 5. PRESSUPOST

ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

A.1 COMPONENTS A FABRICAR

A.1.1 Eix d'acoblament a la barra del Tarlà

L'eix està format per dos rodons soldats. Les dues peces estan elaborades per mitjà d'un torn utilitzant acer al carboni. Això s'ha fet pensant en la fabricació, ja que si s'hagués partit d'un sol rodó del diàmetre gran, s'hauria llençat molt de material, influint directament al preu, és a dir, incrementant-lo. La Figura 18 mostra visualment la peça.

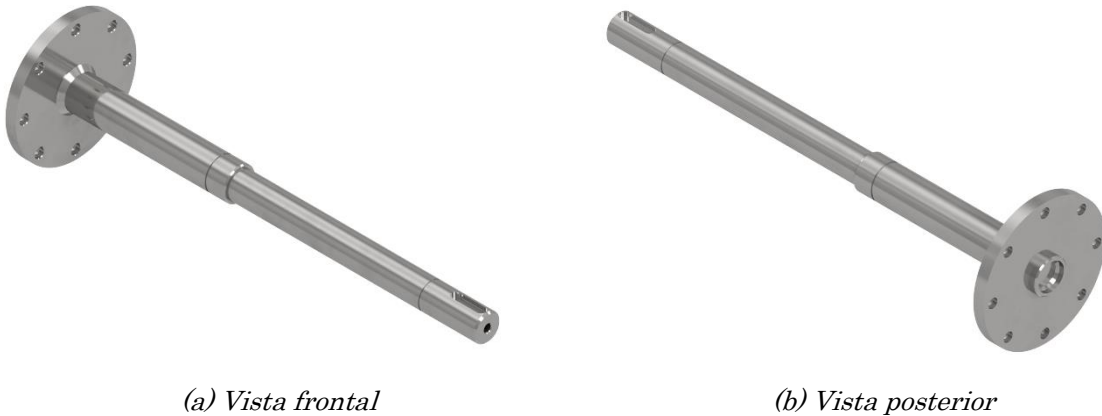


Figura 18: Renderitzat de l'eix d'acoblament a la barra del Tarlà

La platina soldada a un extrem de l'eix, tant per la part interior com per l'exterior, està dissenyada per facilitar el muntatge de la barra en el mecanisme del motor. Té un centrador que permet anivellar axialment la barra del Tarlà. A la part exterior hi ha 8 forats de 8,4 mm de diàmetre que permeten fixar la unió amb cargols M8.

Pel que fa a l'eix en si, té un extrem de 30 mm de diàmetre en el qual s'acobra un rodament. L'altre extrem és de 25 mm, on també va col·locat un altre rodament. Per tal d'evitar el desplaçament d'aquests dos, l'eix compta amb 2 assentaments pels anells elàstics de retenció amb les seves mesures corresponents.

En tots els casos s'han tingut en compte els ajustos i acabats superficials indicats pels fabricants, tant dels rodaments com dels anells elàstics. Totes les arestes estan aixamfranades per facilitar la inserció dels rodaments.

Per últim, hi ha l'assentament de la xaveta de 8 mm d'ample i 36 mm de longitud que transmet el parell a la manovella. També hi ha un forat roscat axialment de M8x20 el qual hi va roscat un cargol que reté la manovella.

A.1.2 Eix buit

Aquest eix també està mecanitzat amb el torn a partir d'un rodó d'acer S275. A diferència de l'anterior eix, aquest s'ha hagut de mandrinar, és a dir, és buit per dins. A la Figura 19 es pot observar aquesta peça, la qual presenta una rugositat superficial de Ra 1,6 μm .



(a) Vista frontal

(b) Vista posterior

Figura 19: Renderitzat de l'eix buit

En un extrem hi ha l'allotjament del rodament amb diàmetre 55 mm i tolerància J7. També s'utilitza una regata pel respectiu anell elàstic interior. La peça té 2 forats passants de 8 mm de diàmetre per facilitar l'extracció del rodament en cas que s'hagi de canviar.

El diàmetre de 35 mm és el que s'insereix a la sortida del reductor. Per tal que treballi correctament, l'ajust entra el forat del reductor i l'eix buit és de h6. S'assegura així, el correcte funcionament. També hi ha l'allotjament d'una xaveta de 10 x 25 mm i una altra de 10 x 70 mm.

A l'altre extrem hi ha una regata de diàmetre 33 mm i tolerància $-0,25$ mm que permet l'allotjament d'un altre anell elàstic exterior.

A.1.3 Plat separador

La peça que es veu a la Figura 20 està fabricada amb torn amb un bloc d'acer S275. El diàmetre interior és de 35 mm amb un ajust de classe H7. A més hi ha un xaveter d'amplada 10 mm que permet que la peça giri solidària a l'eix buit, assegurant així la transmissió efectiva del moviment sense lliscament. A l'altre extrem, el diàmetre interior de 60 mm i ajust H11 està pensat per inserir i centrar part del plat acoblador. El plat

separador està perforat amb 4 forats de 6,5 mm, els quals permeten el pas de cargols M6 que s'utilitzen per fixar la peça amb el plat acoblador.

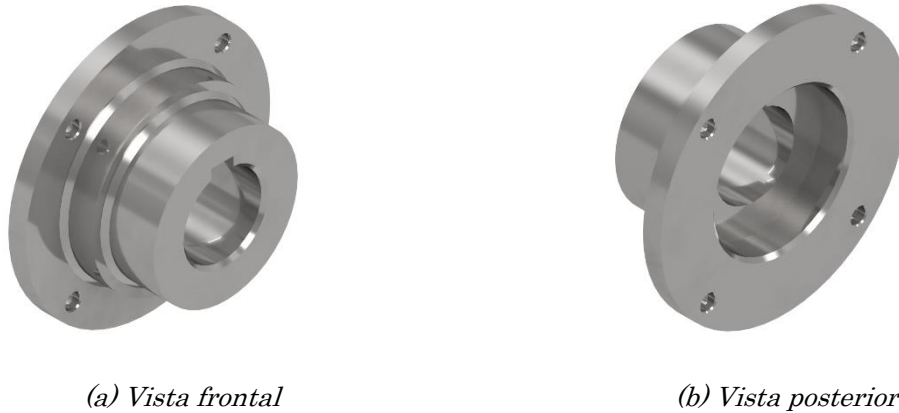


Figura 20: Renderitzat del plat separador

A.1.4 Plat acoblador

Aquest plat torna a estar fabricat amb acer S275 a un torn. Com és d'esperar, tal com s'observa a la Figura 21 és una peça circular. Té l'interior buit on allotja un rodament i a la part exterior incorpora fins a 12 forats passants situats estratègicament. A la part posterior, hi ha el diàmetre de 60 mm amb ajust h9 que és el que encaixa i centre la peça amb el plat separador.

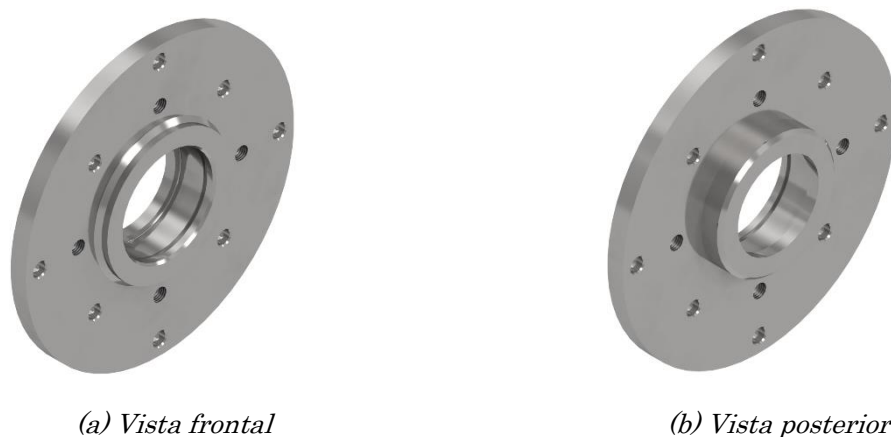


Figura 21: Renderitzat del plat acoblador

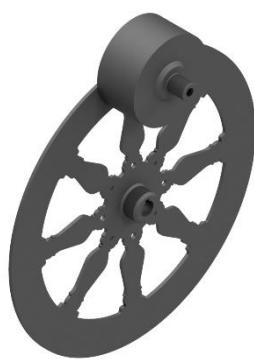
Concretament, allotja un rodament de diàmetre exterior 47 mm. Per un costat, el propi plat fa de topall i per l'altra hi ha una ranura d'1,85 mm d'ampla per un circlip.

Pel que fa als forats, es tenen tres nivells amb 4 forats separats a 90° a cadascun. Els interiors, situats a un diàmetre de 85 mm no tenen cap funció útil mentre el mecanisme està en moviment, han estat dissenyats per tal de facilitar el desmuntatge del conjunt. Al ser roscats, es poden utilitzar 4 cargols M8 pot afavorir l'extracció del plat ja que a mesura que es van roscant aquests cargols, fan de topall amb el plat separador de manera que si se segueix roscant, la peça acaba desacoblant-se. Al segon nivell, a 45° respecte als altres i separats a un diàmetre de 95 mm amb una tolerància de $\pm 0,25$ mm, hi ha mecanitzats 4 forats de 6,4 mm de diàmetre. Aquests estan alienants amb els del plat separador i serveixen, tal com s'ha comentat anteriorment, per efectuar una unió desmuntable mitjançant cargols mètrics. A l'últim nivell, a un diàmetre de 125 mm hi ha 4 forats de 6,5 mm de diàmetre que fan de centradors pels tetons de molles de la manovella.

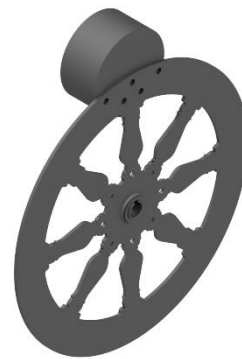
A.1.5 Manovella

La manovella està formada per un disc i dos rodons d'acer S275. Tal com es pot veure a la Figura 22, un rodó està soldat al centre i té la funció de caixa. L'altre, està cargolat a la part exterior i té com a funció contrapesar el pes del Tarlà. A diferència de totes les peces comentades anteriorment, aquesta anirà pintada de negre, ja que així s'aconseguirà una millor estètica i a més es protegirà de la intempèrie.

En primer lloc hi ha el disc, aquest està tallat amb una màquina de tall làser. Té la forma d'un timó, semblant al que hi ha a peu de carrer, amb 8 radis, un gruix de 6 mm i un diàmetre exterior de 500 mm. A un diàmetre de 125 mm hi ha els 4 forats roscats corresponents als posicionadors de molles, amb un pas de rosca diferent del normalitzat DIN, concretament és de M12x1,5, .



(a) Vista frontal



(b) Vista posterior

Figura 22: Renderitzat de la manovella

Per una banda, hi ha la caixa que conté una ranura per una xaveta de 8 mm d'ampla. Aquesta ha estat dissenyada per tal que encaixi amb el disc, d'aquesta manera es pot soldar per la part interior i exterior.

Per altra banda, hi ha el contrapès. Aquest va unit al disc mitjançant 5 cargols M10. Té un pes de 10,54 kg. A un extrem hi ha un coll amb un forat roscat M16 que permet la inserció de l'empunyadura.

A.1.6 Eix de control

Aquesta peça és d'acer S275 i està mecanitzada al torn. S'ha escollit una rugositat superficial de Ra 0,8 µm ja que l'eix va introduït a dos rodaments. L'eix està situat a la part central del muntatge que hi ha en el carro mòbil a peu de carrer.

L'extrem que va unit amb el timó és de 20 mm de diàmetre. Hi ha un forat roscat M8 de fondària 20 mm que permet l'insert d'un cargol per efectuar la unió amb el timó. També en aquest costat, hi ha mecanitzada una ranura per una xaveta de 6 mm d'ample i 56 mm de llarg. Un canvi de secció a 25 mm permet fer de topall amb l'acoblador del timó.

A l'extrem oposat, hi ha un forat axialment de 8 mm de diàmetre pel qual s'hi posa l'eix de l'encoder. Radialment, hi ha 2 forats M3 a 90° els quals hi van roscats dos espàrrecs que fan de presoners per l'eix de l'encoder.

Tal com s'observa a la Figura 23 el centre de l'eix, presenta un canvi de diàmetre de 56 mm amb un gruix de 10 mm juntament amb una vora de diàmetre més petit que serveix per centrar el disc de fre. En el qual es localitzen 6 forats roscats M5 a 60° cadascun que serviran per fixar-hi el disc



(a) Vista frontal

(b) Vista posterior

Figura 23: Renderitzat de l'eix de control

A.1.7 Volandera manovella

El present element ha estat dissenyat per a suportar la càrrega de fixació entre la manovella i l'eix. Fet d'acer S275, té forma de disc amb un forat de diàmetre 9 mm. L'exterior és de 38 mm. És una peça que no requereix molta precisió, és per això que s'ha optat per un acabat de Ra 3,2 µm.



Figura 24: Renderitzat de la volandera manovella

A.1.8 Xapa suport del motor

A diferència d'altre components, aquesta peça s'ha partit d'una xapa d'acer inoxidable AISI 304 de gruix 6 mm. Primer s'ha hagut de mecanitzar, posteriorment plegar i per últim soldar una petita platina tal com es veu a la Figura 25. Cal destacar que la peça no és simètrica, sinó que l'eix està desplaçat cap a un costat. Això és degut a la posició en que està muntat el motor. La regata de 40 mm d'ampla s'utilitza per introduir des de dalt i centrar l'eix amb el motor reductor.



(a) Vista frontal



(b) Vista posterior

Figura 25: Renderitzat de la xapa suport del motor

A la part inferior, la xapa té 4 colissos utilitzats per fixar la peça en el suport de la barana. Més cap amunt hi ha els 4 forats que es fan servir per collar la brida del reductor. A les ales plegades, també s'hi troben 4 forats roscats M10, utilitzats per unir la tapa del motor.

Per últim, es té la platina soldada de 60 x 200 mm. Aquesta es recolza al suport de la barana i addicionalment té dues ranures amb el qual fixar-se al suport existent del balcó. Està unida a la xapa mitjançant una soldadura de 5 mm per la part superior.

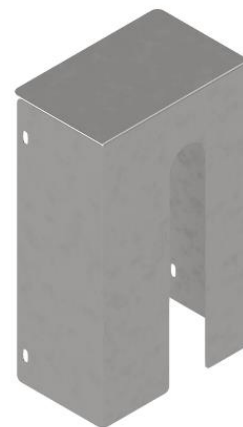
A.1.9 Tapa del motor

La tapa del motor està fabricada amb una xapa de 2 mm de gruix i d'acer inoxidable AISI-304. Ha estat dissenyada perquè es pugui fabricar amb una sola làmina sense necessitat de soldadures. Únicament s'ha de mecanitzar i posteriorment plegar.

Igual que passava amb la xapa suport del motor, la ranura, en aquest cas d'amplada 86 mm, queda desplaçada cap a un costat, és a dir, la peça no és simètrica. A la Figura 26 es pot veure com queda plegada la xapa. A la part lateral hi ha 4 colissos que faciliten la unió amb la xapa suport del motor.



(a) Vista frontal



(b) Vista posterior

Figura 26: Renderitzat de la tapa del motor

A.1.10 Tapa de l'eix de control

La tapa de l'eix de control també està fabricada amb xapa d'acer inoxidable AISI-304. En aquest cas, però, és d'1,5 mm de gruix i sí que s'ha d'aplicar una soldadura interior de 2 mm per unir totes les parts. Té com a funció principal aïllar i protegir els components interns, especialment contra els possibles danys que es puguin derivar de l'accés accidental amb els dits al fre.

S'ha dissenyat per adaptar i encabir perfectament el disc de fre, per això té la forma circular de diàmetre 223 mm. La Figura 27 pot ajudar a entendre més bé la descripció.

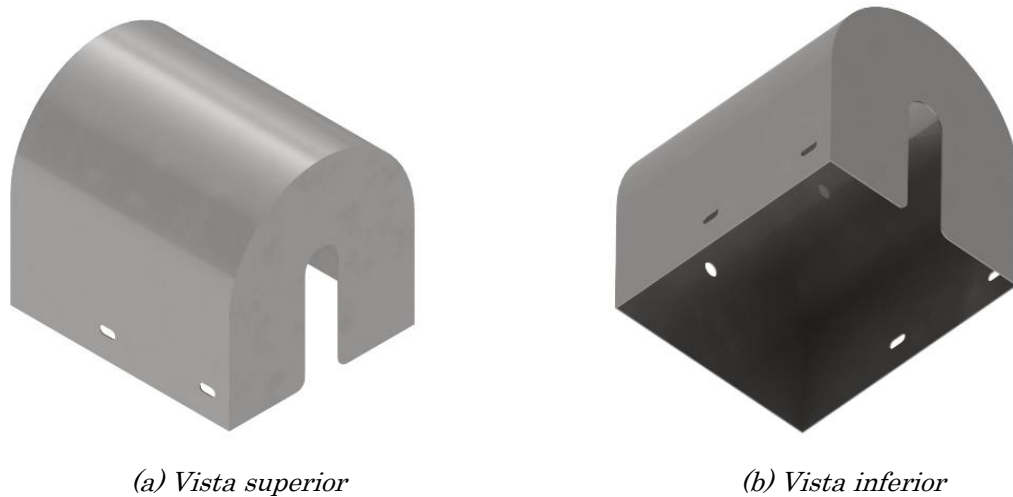


Figura 27: Renderitzat de la tapa de l'eix de control

La tapa està formada per tres xapes. La davantera inclou una ranura de 40 mm d'amplada en la qual s'alinea i es posiciona l'eix. A la xapa de la part posterior, hi ha un forat de 14 mm de diàmetre a una altura de 116,5 mm, aquest permet extreure el cable elèctric de l'encoder. La xapa que les uneix, té 4 colissos situats estratègicament els quals serveixen per unir la tapa amb els diferents blocs de suport dels rodaments i així fixar el conjunt.

A.1.11 Bloc suport del rodament davanter

El suport es fabrica a partir d'un bloc d'alumini. Aquest s'ha hagut d'escairar amb la fresa per tal que les parets formessin angles rectes. A la Figura 28 es pot observar que a la cara superior hi ha dos forats 10 mm de diàmetre, aquests estan separats una distància de 100 mm. És important destacar que els forats són passants, ja que s'utilitzaran per passar una varilla roscada pel mig, per una banda es fixarà el rodament i per l'altra el tauler del carro. A les cares exteriors hi ha un forat M8 a cada banda que permet subjectar la tapa.



Figura 28: Renderitzat del bloc suport del rodament davanter

A.1.12 Bloc suport del rodament posterior

Aquest bloc és semblant a l'anterior. Té les mateixes característiques que el davanter però s'ha afegit un mecanitzat que es pot veure a la Figura 29.

A la part central superior, hi ha dos colissos de 8 mm de diàmetre separats 40 mm amb una tolerància de $\pm 0,2$ mm. Tenen una fondària de 15 mm i estan dissenyats per tal de poder calibrar correctament l'altura del suport de l'encoder.

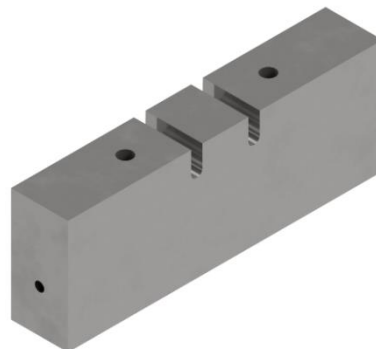


Figura 29: Renderitzat del bloc suport del rodament posterior

A.1.13 Bloc suport de l'encoder

Per fabricar aquest suport també es parteix d'un massís d'alumini. Igual que els altres blocs, s'han hagut d'escairar i rectificar les cares. A la part superior hi ha 4 forats roscats M3 els quals serveixen per fixar el suport en forma d'angle de l'encoder. També té dos forats passants de 8 mm de diàmetre, els quals s'utilitzen per passar una varilla roscada i unir el bloc amb el suport del rodament posterior. La Figura 30 és una imatge de la peça.

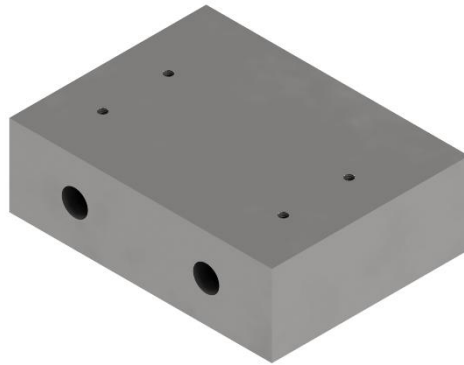


Figura 30: Renderitzat del bloc suport de l'encoder

A.1.14 Platina exterior del timó

La platina, amb forma de disc i foradada pel centre, és d'acer S275. Es troba una cara plana que contacte amb el timó i una altra on s'hi ha mecanitzat un xamfrà, aquesta és la que està a l'exterior. A la Figura 31 es pot observar que hi ha 8 forats de 6,5 mm de diàmetre a 45° graus respectivament. A l'anar amb el timó i ser una peça visible, s'ha decidit pintar-la amb el mateix vermell del Tarlà.



Figura 31: Renderitzat de la patina del timó

A.1.15 Platina centradora eix-timó

Aquesta peça és un conjunt soldat format per una caixa i una platina, els dos d'acer S275. Igual que el component anterior, la platina té 8 forats. A la Figura 32 s'observa la caixa de diàmetre interior 20 mm i tolerància H11 amb un forat per una xaveta de 6 mm d'amplada. Aquesta regata és passant, de manera que, a la part interior, en tenir un diàmetre més petit, convergeix i la caixa queda partida. Per tal de facilitar la soldadura, s'ha fet un encaix en els dos components, es pot veure amb més detall al Doc. 2 Plànols.

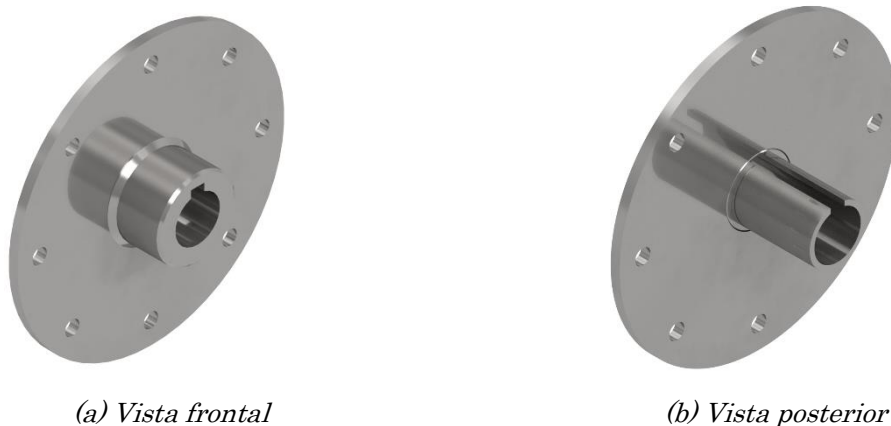


Figura 32: Renderitzat de la platina centradora eix-timó

A.1.15 Platina unió carretó-roda

La platina present s'ha dissenyat per adaptar les noves rodes del carretó i reforçar l'estructura. Amb forma rectangular, està fabricada d'acer galvanitzat i té un gruix de 10 mm. Presenta 4 colissos pels quals van collats el suport de la roda i 3 forats roscats M8 els quals s'utilitzen per fixar amb el suport antic de l'estructura del carretó.

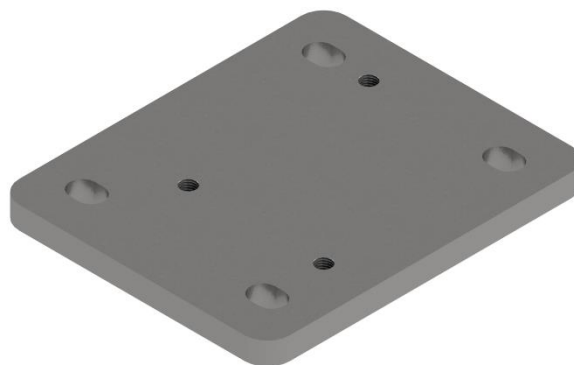


Figura 33: Renderitzat de la platina unió carretó-roda

A.2 COMPONENTS A COMPRAR

A.2.1 Motor

El motor escollit és de tipus asíncron trifàsic amb carcassa d'alumini, concretament el model T3A 90S-4 del fabricant TechTop Motor. Les mides del motor són les següents:

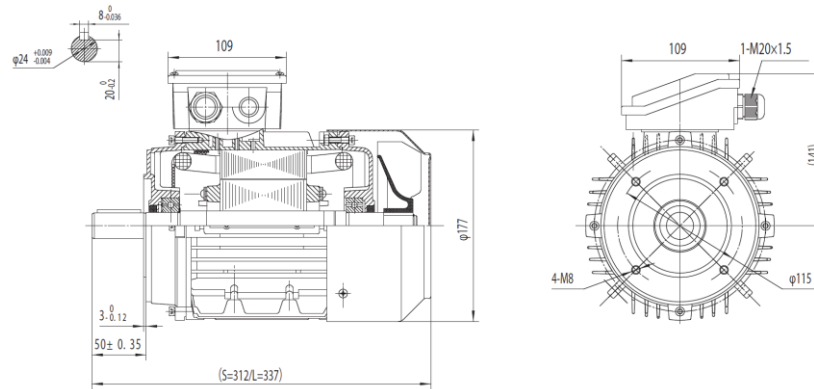


Figura 34: Cotes generals del motor T3A 90S-4

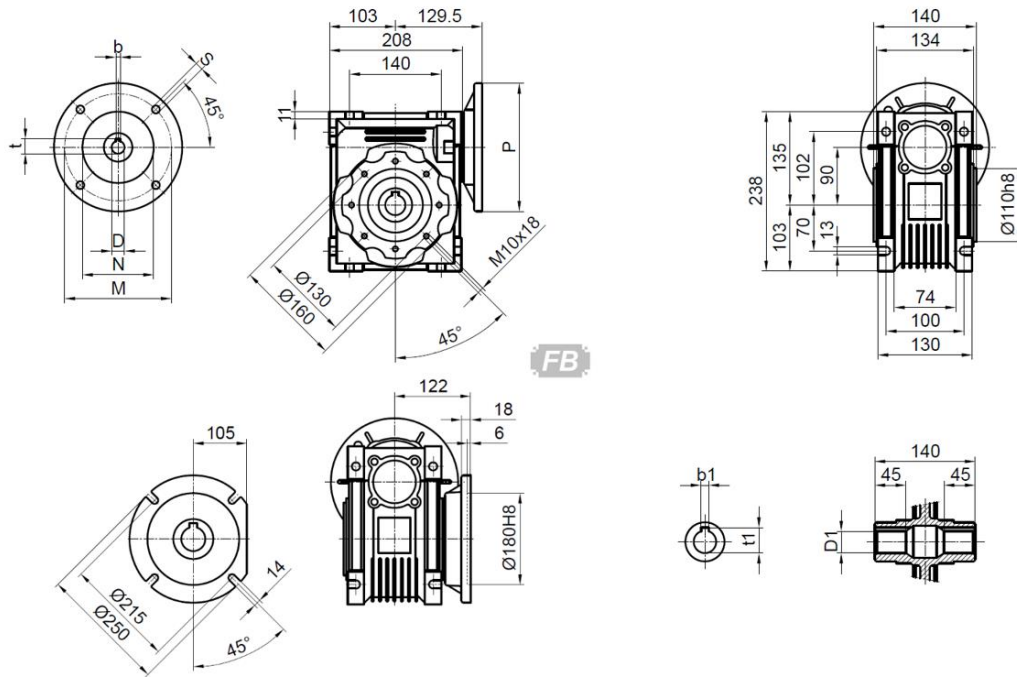
La seva fitxa tècnica és la següent:

Datos eléctricos				Datos generales			
Potencia nominal	1.1		Kw	Tamaño del bastidor	90		
Velocidad nominal	1440		min ⁻¹ 50Hz	Montaje	B14		
	1730		min ⁻¹ 60Hz	Peso	15.15	Kg	
Frecuencia nominal	50		Hz	Material de la carcasa	Aluminio		
Tensión nominal(+/-10%)	230		VΔ/50Hz	Protección	IP	55	
	400		VY/50Hz	Clase de aislamiento	H		
	280		VΔ/60Hz	Tropicalización	Sí		
	480		VY/60Hz	Clase de vibración	A		
Par nominal	7.3		Nm (Mn)	Servicio	S1		
Corriente nominal	4.44	VΔ/50Hz	A (In)	Sentido de rotación	Bidireccional		
	2.57	VY/50Hz	A (In)	Método de enfriamiento	IC	411	
Corriente de arranque	7.1		xIn	Entrada del cable	1-M20x1,5		
Par de arranque	4		xMn	Normas	IEC/DIN/ISO/VDE/EN		
Par de ruptura	3.4		xMn	Ejecución según las normas	IEC 60034-1		
Carga de			D.O.L.	Patas desmontables	Sí		
Clase de eficiencia	IE3			Pintura	n/a	Sin pintura	
Eficiencia	50Hz	60Hz		Protecciones térmicas	n/a		
	84.1	84.3	100% arranque	Condiciones locales			
	84.1	83.7	75% arranque	Temperatura ambiente	de -20°C a +40°C		
	81.8	83	50% arranque	Altitud sobre el nivel del mar	1000 m		
Factor de potencia cosφ	0.74	0.74	100% arranque				
Datos mecánicos							
Nivel de ruido	LpA	70	dB(A)	Cojinete lado DE	6205-2RS-C3		
	LwA	80	dB(A)	Cojinete lado NDE	6205-2RS-C3		
Momento de inercia	0.00384		Kgm ²	Vida útil media del cojinete	40000	h	
Tipo de cojinetes			NSK	Intervalo de relubricación cojinete L1 DE	vida útil	h	
Lubricantes para cojinetes	Vea el manual de instalación y mantenimiento			Intervalo de relubricación cojinete L1 NDE	vida útil	h	
				Anillo de compensación	LADO NDE	standard	

Figura 35: Especificacions tècniques del motor T3A 90S-4

A.2.2 Reductor

Pel que fa el reductor s'ha escollit el model TQ090-B14 de vis sense fi-corona fabricat per Traitec Transmissions. Aquest té els eixos buits, el d'entrada és de 24 mm i el de sortida de 35 mm de diàmetre. També s'ha seleccionat la brida de sortida de tipus FB.



PAM IEC	D _{Es}	b	t	P	M	N	S	Output	D _{1H8}	b ₁	t ₁
100/112B5	28	8	31.3	250	215	180	13		35	10	38.3
100/112B14	28	8	31.3	160	130	110	9	(38)	(10)	(41.3)	
90B5	24	8	27.3	200	165	130	11				
90B14	24	8	27.3	140	115	95	9				
80B5	19	6	21.8	200	165	130	11				
80B14	19	6	21.8	120	100	80	6.5				

(...) Only on request

Figura 36: Cotes generals del reductor TQ090-B14

S'ha escollit un reductor amb relació de transmissió 40:1.

Taula 3: Informació reduccions pel TQ090

Type	n2	Ratio :1	Max kW	M2 nM	Max M2 nM	Eff %	Motor Frame Size (kW)															
							80	80	90	90	100	100	112	132	132	160	160	180				
TQ 090	186	7.5:1	9.00	416	1020	93																
	140	10:1	6.20	397	972	90																
	93	15:1	4.40	418	1023	89																
	70	20:1	3.50	438	1073	88																
	56	25:1	3.10	479	1174	87																
	47	30:1	2.50	421	1032	79																
		35	40:1	2.00	444	1087	78															
		28	50:1	1.60	438	1073	77															
		23	60:1	1.20	389	875	76															
		20	70:1	N/A																		
		18	80:1	0.85	295	663	61															
		14	100:1	0.70	299	672	60															
								0.55	0.75													
								0.55	0.75	1.1												
							0.55	0.75	1.1	1.5												
							0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0										
							0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0	4.0									
							0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0	4.0									
							0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0	4.0									
							0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0	4.0									

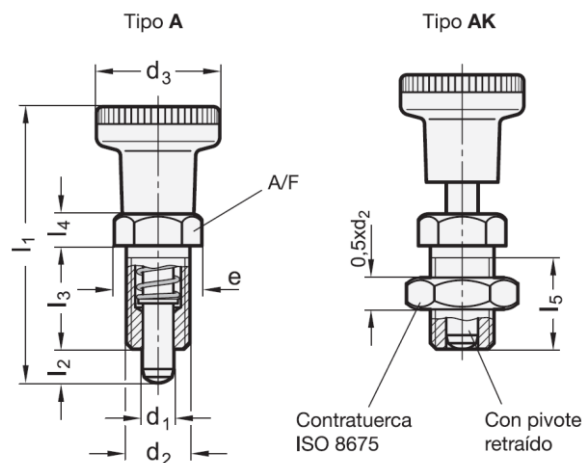
A.2.3 Posicionadors de molles

Aquest component té com a objectiu centrar la manovella amb el conjunt de la barra. S'ha escollit el model GN 617 AK, amb pom de plàstic i contrafemella. A la Figura 37, es mostra una imatge del component:



Figura 37: Posicionador de molles GN 617 AK

S'ha seleccionat el que té com a diàmetre del passador 6 mm.



Descripción	d1 Pasador -0.02/-0.05 Núcleo H7	d2	d3	d4	e	l1 ≈	l2 mín.	l3	l4	l5 mín.	l6 mín.	l6 mín.	A/F	Carga de muelle en N ≈ inicial	Carga de muelle en N ≈ final	⚖️
GN 617-6-AK	6	M 12x1.5	25	-	16.2	54.5	6	20	6	17	-	-	14	9	24	38

Figura 38: Cotes del posicionador de molles GN 617-6-AK

A.2.4 Rodaments

Pel que fa a el rodaments, en el conjunt n'hi ha de 2 tipus.

Per una banda es tenen els rodaments rígids de boles amb plaques de protecció. Aquests tenen baixa fricció i suporten càrregues radials i axials en tots dos sentits. El segellat integral pot incrementar significativament la vida útil del rodament ja que manté el lubricant als rodaments i els contaminants fora.

A la següent taula s'hi presenten les propietats.

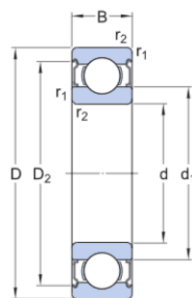
Taula 4: Propietats dels rodaments rígids de boles amb plaques de protecció

Propietats	Valor
Ranures d'ompliment	Sense
Quantitat de fileres	1
Element de fixació	Cap
Tipus de forat	Cilíndric
Gàbia	Xapa metàl·lica
Disposició ajustada	No
Joc radial intern	CN
Material	Acer per a rodaments
Recobrint	Sense
Segellat	Placa de protecció als dos costats
Tipus de segellat	No fregant
Lubricant	Grassa
Característiques de relubricació	Sense

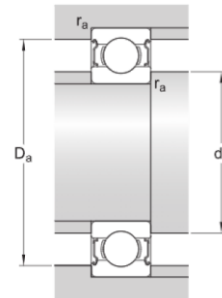
A la Figura 39 es pot veure la geometria dels rodaments.



(a) Render



(b) Dimensions



(c) Dimensions dels ressalts

Figura 39: Rodaments rígids de boles amb plaques de protecció

A continuació es presenten les característiques dels dos rodaments de boles utilitzats. Les cotes són les de la Figura 39.

Taula 5: Especificacions dels rodaments rígids de boles amb plaques de protecció

Característiques	Rodaments		
	SKF 6005-2Z	SKF 6006-2Z	
Dimensions			
Diàmetre intern	d	25 mm	30 mm
Diàmetre extern	D	47 mm	55 mm
Amplada	B	12 mm	13 mm
Diàmetre del ressalt	d ₁	32 mm	38,2 mm
Diàmetre del rebaix	D ₂	42,2 mm	49 mm
Dimensió del Xamfrà	r _{1,2}	mín. 0,6 mm	mín. 1 mm
Diàmetre del ressalt de l'eix	d _i	mín. 28,2 mm	mín. 34,6 mm
Diàmetre del ressalt de l'eix	d _i	màx. 31,9 mm	màx. 38,1 mm
Diàmetre del ressalt del suport	D _i	màx. 43,8 mm	màx. 50,4 mm
Radi de l'eix	r _a	màx. 0,6 mm	màx. 1 mm
Dades de càlcul			
Capacitat de càrrega dinàmica bàsica	C	11,9 kN	13,8 kN
Capacitat de càrrega estàtica bàsica	C ₀	6,55 kN	8,4 kN
Carga límit de fatiga	P _u	0,275 kN	0,355 kN
Velocitat de referència		32 000 r/min	28 000 r/min
Velocitat límit		16 000 r/min	14 000 r/min
Factor de càrrega mínim	k _r	0,025	0,025
Factor de càlcul	f ₀	14	15
Massa del rodament		0,083 Kg	0,12 kg
Classe de tolerància			
Toleràncies dimensionals		P6	P6
Desviació radial		P5	P6

Per altra banda hi ha els rodaments de suport d'eix amb autolubrificació fabricats per NSK. Estan dissenyats per acomodar una desalineació inicial d'allotjament de fins a 0,03 radians. A la Figura 40 es veu la peça físicament.

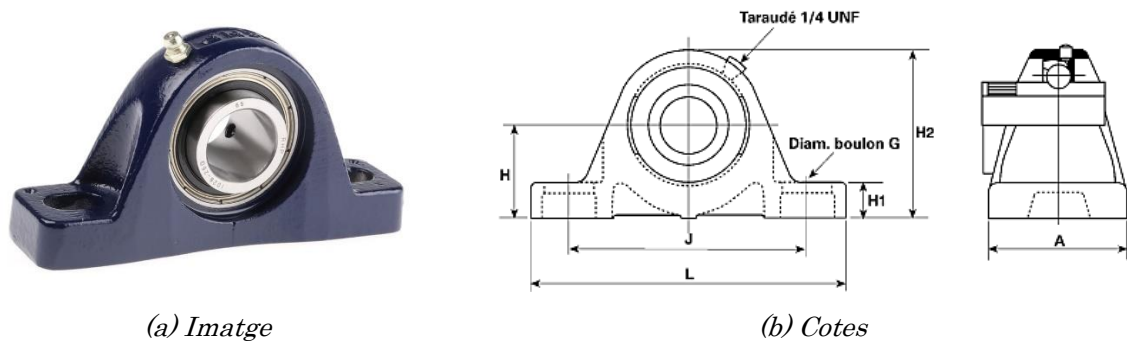


Figura 40: Rodament NSK-RHP NP25

A la Taula 6 hi ha representats el valor de les diferents característiques d'aquest tipus de rodament.

Taula 6: Especificacions dels rodaments NSK-RHP NP25

Característiques	Valor
Diàmetre d'entrada	25 mm
Tipus de rodament	Suport d'eix
Material	Ferro fos
Altura Central (H)	36,5 mm
Mida de l'orifici de muntatge (G)	10 mm
Longitud (L)	139 mm
Profunditat (A)	36,5 mm
Altura base (H ₁)	16 mm
Altura global (H ₂)	71 mm
Orifici de muntatge entre centres (J)	112,7 mm
Capacitat de càrrega dinàmica C	14 000 N
Capacitat de càrrega estàtica C ₀	7 880 N
Velocitat límit	6250 rev/min
Massa	0,7 kg

A.2.5 Disc fre de bicicleta

Aquest component s'utilitzarà per frenar l'eix i simular la resistència i el parell que s'havia d'aplicar a la manovella antigament. S'ha optat per un kit complet de fre de disc mecànic.

Tal com es veu a la Figura 41, el kit està format pel disc de 160 mm de diàmetre, el cargols per fixar-lo i el fre.

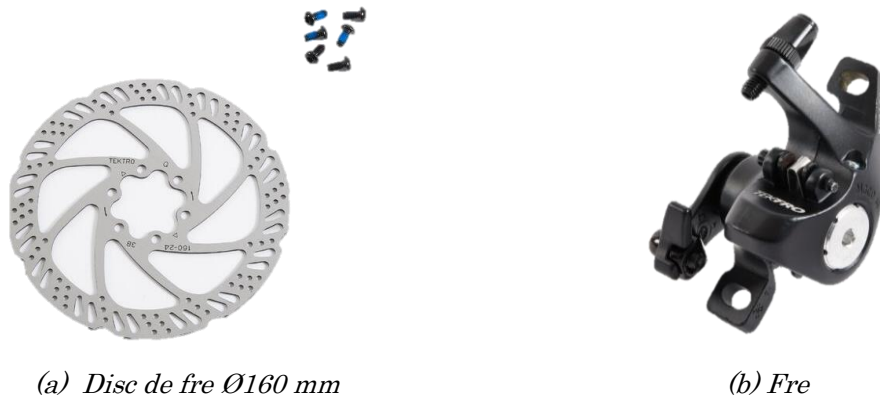


Figura 41: Kit fre de disc mecànic Tektro TKB159

A la Taula 7 hi ha representades les característiques del kit:

Taula 7: Especificacions del kit de fre

Característiques	Valor
Diàmetre disc de fre	160 mm
Gruix disc de fre	1,8 mm
Pastilles de fre	Compatibles amb Shimano Deore / Tektro Auriga
Cargols	M5x25
Material	Alumini
Pes	0,558 kg

A.2.6 Timó

El timó escollit és el que s'observa a la Figura 42. S'ha de tenir en compte que aquest és de decoració i no està pensat per suportar esforços. No disposa de xaveter, és per això que s'han hagut de dissenyar diferents peces per tal que es pugui acoblar a l'eix i acabi treballant de manera correcta. El timó millora l'estètica del mecanisme i visualment fa que sigui impactant, tot i així, el client ha decidit pintar-lo amb els colors blanc i vermell que caracteritzen el Tarlà.



Figura 42: Timó

A la següent taula hi ha la fitxa tècnica del timó:

Taula 8: Especificacions del timó

Característiques	Valor
Diàmetre exterior	762 mm
Diàmetre tenint en compte les manetes exteriors	914 mm
Diàmetre de l'eix	20 mm
Número de radis	8
Material	Palissandre i llautó
Pes	1,5 kg

A.2.7 Rodes









S'ha escollit unes rodes amb càmera pneumàtica i amb suport d'acer que permet el gir axial. Hi ha dues rodes amb fre i dues sense. Les rodes seleccionades són del fabricant Ruedas Industriales Poveda i es poden veure a la Figura 43.



Figura 43: Rodes N8302004 Z NEU RO

A continuació es presenten les seves característiques:

Taula 9: Especificacions de les rodes

Característiques		Valor
Diàmetre		200 mm
Amplada		50 mm
Diàmetre de l'eix		20 mm
Altura total		241 mm
Rodaments		Rodets
Material de la roda		Pneumàtica
Material del suport		Acer
Capacitat de càrrega		75 Kg
Dimensions de la placa		135 x 110 mm
Distància entre forats		105 x 80 mm

A.2.8 Encoder

L'encoder escollit és de tipus rotatiu incremental, en concret el model E50S8-360-3-T-24 del fabricant Autonics. Aquest dispositiu s'utilitza per mesurar la posició de l'eix de control. Té una resolució de 360 polsos per revolució amb tres canals de sortida. A la Figura 44 es pot veure físicament com és.

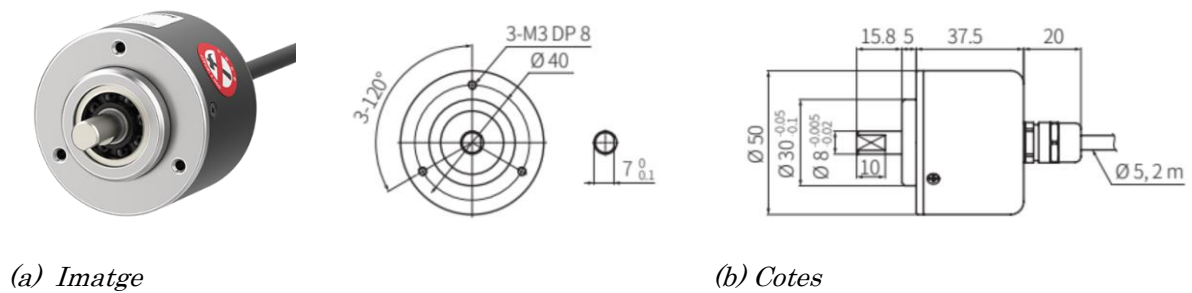


Figura 44: Encoder E50S8-360-3-T-24

En mode de resum, a la Taula 10 hi ha representada un llistat de les diferents propietats.

Taula 10: Especificacions encoder E50S8-360-3-T-24

Característiques	Valor
Diàmetre exterior de l'eix	8 mm
Max. freqüència de resposta	3000 kHz
Max. velocitat	5000 rpm
Parell d'arrancada	0,00686 Nm
Resolució	360 PPR
Sortida de control	Totem pole, A, B, Z
Font d'alimentació	12 - 24 VDC \pm 5%
Tipus de connexió	Cable axial
Protecció	IP50
Pes	363g

A.2.9 PLC basat en Arduino

El PLC té com a objectiu funcionar com a ordinador del sistema. L'autòmat basat en Arduino és l'encarregat de dur a terme els diferents processos automàtics seqüencials que se li han introduït mitjançant el codi. En concret s'ha escollit l'M-Duino 21, un equip de la família Ethernet PLC i que utilitza un Arduino-Mega. Consta de 13 entrades i 8 sortides. S'ha triat aquest model ja que es pot comunicar mitjançant RS-485.

A la Figura 45 hi ha representat els diferents pins de connexió.

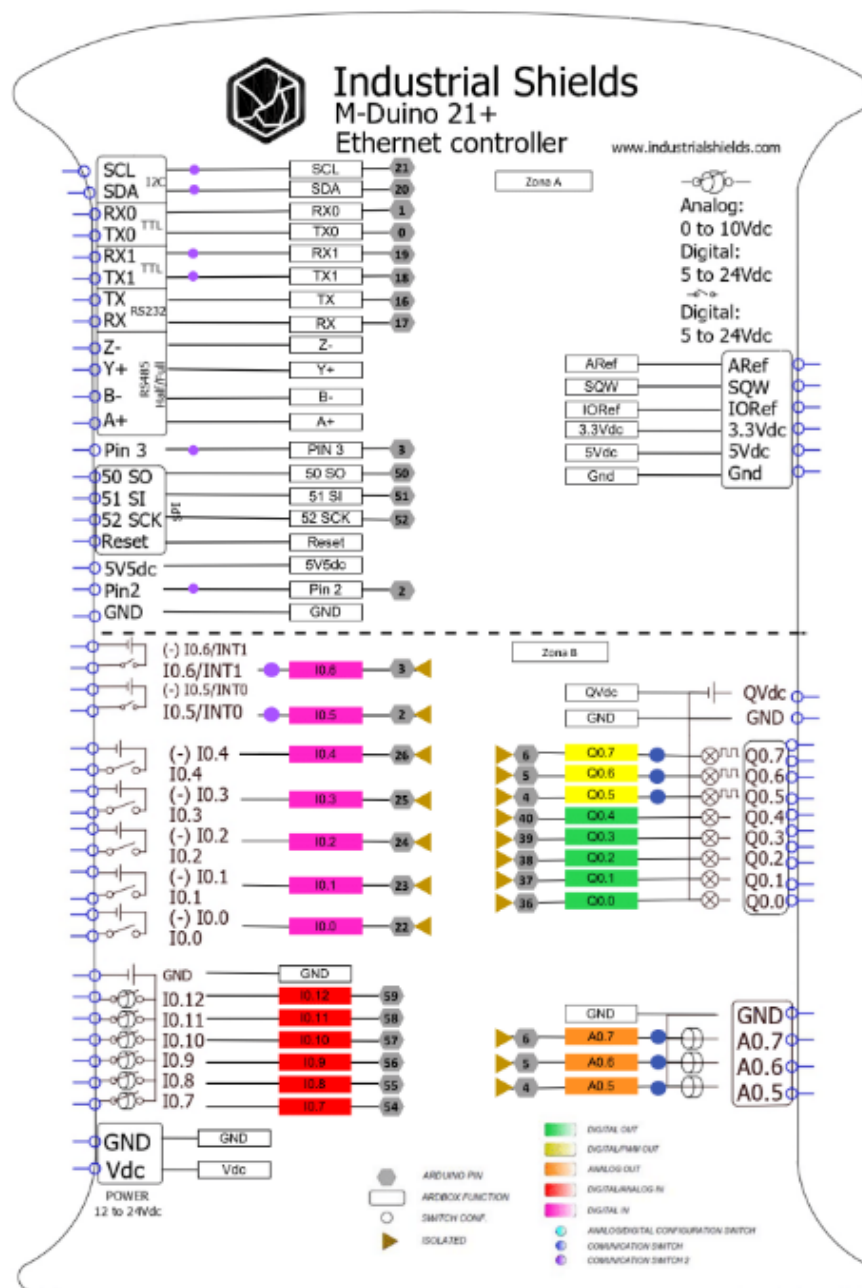


Figura 45: Entrades i sortides M-Duino 21+

A la següent taula es resumeixen les característiques d'aquest PLC.

Taula 11: Especificacions M-Duino 21+

Característiques	Valor
Model	M-Duino
Voltatge d'entrada	12 a 24 Vdc
Tensió nominal d'entrada	24 Vdc
Potència nominal	30 W
I max	1,5 A
Mida	101 x 70 x 119,6 mm
Velocitat del rellotge	16 MHz
Comunicació	I2C, Ethernet, USB, RS232, RS485, SPI (x2), Rx, Tx
Placa Arduino	Arduino Mega 2560
Temperatura ambient de funcionament	0° a 60 °C
Pes	378 g

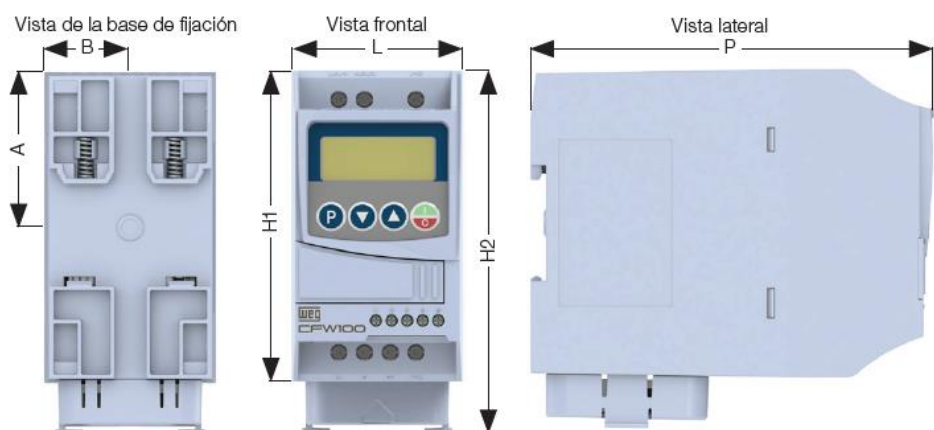
A.2.10 Variador de freqüència

Aquest dispositiu permet regular i controlar la velocitat que gira el motor de corrent altern per mitjà del control de freqüència d'alimentació subministrada al motor. S'ha escollit el convertidor CFW100-C04P2S220G2 del fabricant WEG. Aquest rep les ordres des del PLC mitjançant la comunicació RS485 i les envia al motor. A la Taula 12 hi ha les característiques principals d'aquest component.

Taula 12: Especificacions del variador CW100-C04P2S220G2

Característiques	Valor
Tensió nominal d'entrada	200 – 240 V
Número de fases d'entrada	Monofàsic
Número de fases de sortida	3
Corrent nominal	4,2 A
Potència motor	1,1 kW
Tensió nominal del motor	230 V
Eficiència del convertidor	IE2
Grau de protecció	IP20
Control	Vectorial (VVW) o escalar (V/F)

A la següent figura, hi ha representat les dimensions del variador.



A (mm)	B (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	L (mm)	P (mm)	Pes (kg)
50	28	100	125,6	55	129	0,61

Figura 46: Dimensions del convertidor de freqüència CW100

Per la comunicació amb el PLC s'ha utilitzat un mòdul extern, aquesta interfície es connecta als terminals del variador i permet la connexió RS485. A la Figura 47 s'observa el mòdul de comunicació.



Figura 47: Mòdul de comunicació RS485

Per al mòdul de comunicació, la connexió amb la interfície RS485 està disponible utilitzant els següents terminals:

Taula 13: Terminals del connector RS485 per el mòdul

Terminal	Nom	Funció
6	B-Line (-)	RxD/TxD negatiu
7	A-Line (+)	RxD/TxD positiu
8	GND	0V del circuit RS485

Per tal d'activar la comunicació s'han de posar els selectores S1.1 i el S1.2 en ON.

Taula 14: Ajust dels interruptors S1 per configurar el mòdul RS485

Ajust dels Interruptors	Opció
S1.1 = OFF i S1.2 = OFF	Terminal RS485 desactivat
S1.1 = ON i S1.2 = ON	Terminal RS485 activat

ANNEX B: CÀLCULS MECÀNICS

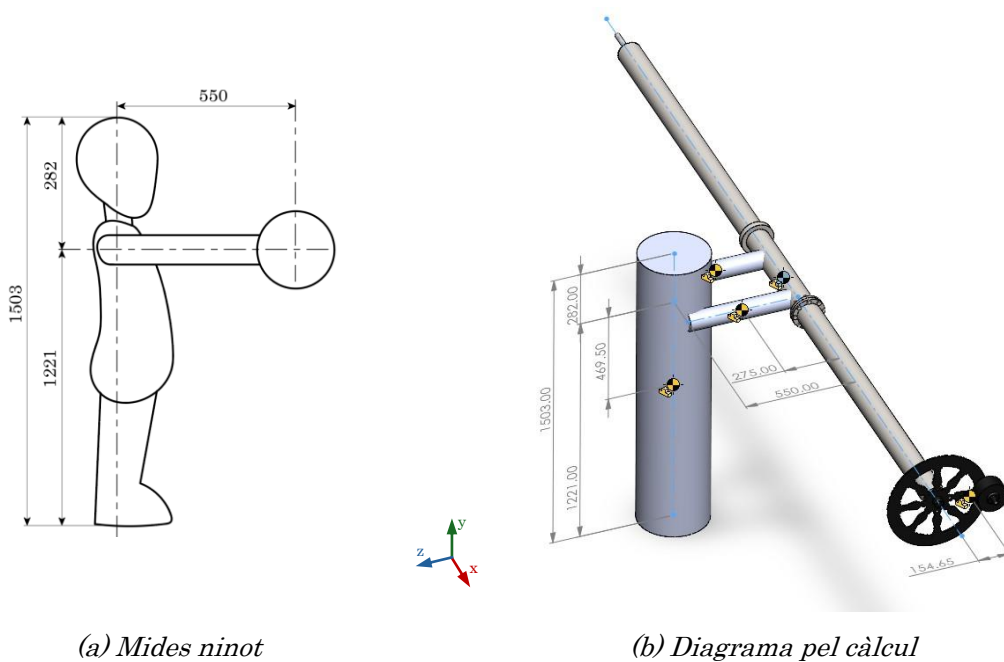
B.1 CÀLCUL DE LA INÈRCIA EQUIVALENT A L'EIX COMÚ

Es vol comprovar la inèrcia que es genera en el mecanisme per tal de, posteriorment, dimensionar el motor-reductor.

L'objectiu és calcular la inèrcia equivalent generada pel ninot i la manovella amb el contrapès respecte la velocitat de la barra del Tarlà.

B.1.1 Obtenció de les inèrcies dels diferents elements

Les masses i les inèrcies de la barra del Tarlà i la manovella amb el contrapès s'obtenen del disseny CAD amb ordinador. Pel que fa el ninot, s'ha suposat que el Tarlà es troba amb el cos perpendicular als braços, en el moment d'arrancada. Per fer-ho s'ha simplificat el ninot com un conjunt de cilindres tal i com s'observa a la Figura 48. S'ha reduït els dos braços a dos cilindres, i un cilindre més gros representa el cos, amb el cap el tronc i les cames.



(a) Mides ninot

(b) Diagrama pel càlcul

Figura 48: Esquema càlcul d'inèrcies

A la Figura 48b hi ha representat cada component amb el seu centre de masses corresponent, així com la distància a l'eix de referència, en aquest cas l'eix x de la barra.

La inèrcia del braç s'analitza mitjançant el gir d'un cilindre des d'un extrem amb l'equació 1.

$$I_x = \frac{1}{4} m_i R_i^2 + \frac{1}{3} m_i L_i^2 \quad (\text{Eq. 1})$$

m: massa del braç, *R*: radi del braç, *L*: longitud del braç

Pel que fa a la inèrcia del cos, s'analitza mitjançant el gir d'un cilindre des del centre de masses tenint en compte que el seu centre de rotació és paral·lel al de la barra.

$$I_x = \frac{1}{4} m_i R_i^2 + \frac{1}{12} m_i L_i^2 + m_i d_{cm}^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

m: massa del cos, *R*: radi del cos, *L*: longitud del cos,

d_{cm}: distància entre el centre de masses del cos i l'eix de la barra

Dades i justificació:

- Masses (Figura 47): $m_{\text{braç}}=1,16$ Kg, $m_{\text{cos}}=13,48$ Kg
- Longituds (Figura 47): $L_{\text{braç}}=550$ mm, $L_{\text{cos}}=1503$ mm
- Radis (Figura 47): $R_{\text{braç}}=46$ mm, $R_{\text{cos}}=175$ mm
- Distàncies (Figura 47): $d_{\text{cm cos}}=723,14$ mm

A la següent taula es presenten els resultats obtinguts de les masses i les inèrcies respecte l'eix axial de la barra dels diferents elements:

Taula 15: Masses i inèrcies dels elements més representatius que generen inèrcia

Element	Massa	Inèrcia
Barra	33,08 kg	0,11 kg m ²
Manovella	17,02 kg	0,91 kg m ²
Braç	1,16 kg	0,12 kg m ²
Cos	13,48 kg	9,69 kg m ²

La inèrcia equivalent a l'eix axial de la barra en el moment d'arrancada més desfavorable és de $I_{\text{eq}}=10,95$ kg m².

A continuació, es pot procedir a dimensionar el reductor i el motor.

B.2 DIMENSIONAMENT DEL REDUCTOR

Es vol dimensionar el reductor necessari pel mecanisme.

L'objectiu d'aquest càlcul és dimensionar el reductor en funció del parell requerit i verificar la seva capacitat de càrrega.

B.2.1 Càlcul del factor de servei

El factor de servei f_s depèn de les condicions de funcionament a la qual està sotmès el reductor. Mitjançant el següent diagrama s'obté un valor del factor de servei.

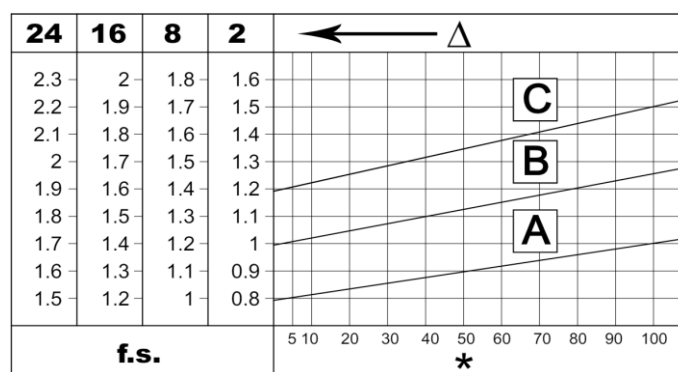


Figura 49: Diagrama del factor de servei del reductor

Dades i justificació:

- Tipus de càrrega (A, B, C): Es considera de tipus C (xocs forts) ja que durant el funcionament del mecanisme hi ha moltes acceleracions i frenades i el Tarlà pica sovint amb la barra.
- Temps de funcionament diari (Apartat 1.3.1): $\Delta = 4\text{h/dia}$
En el diagrama no hi ha l'opció de 4h/dia, per tant s'agafa el valor 8h/dia
- Freqüència d'arrancada (*): Es consideren 100 arrancs/h

S'obté així, el valor del factor de servei $f_s=1,7$.

Aquest factor de servei s'utilitzarà per calcular el parell que ha de tenir la sortida del reductor.

B.2.2 Càlcul del parell de sortida del reductor

El parell de sortida del reductor es calcula tenint en compte el parell necessari el qual s'ha de vèncer i el factor de servei.

$$M_c = M_r \cdot f_s \leq M_n \quad (\text{Eq. 3})$$

*M_c: parell a l'eix de sortida calculat, M_r: parell a l'eix de sortida requerit, M_n: parell nominal a l'eix de sortida
f_s: factor de servei*

El parell a l'eix de sortida requerit s'obté amb la inèrcia equivalent i l'acceleració del sistema mitjançant la següent equació:

$$M_r = I_{eq} \cdot \varepsilon \quad (\text{Eq. 4})$$

M_r: parell a l'eix de sortida requerit, J_{eq}: inèrcia equivalent, ε: acceleració de la barra

Dades i justificació:

- Inèrcia (Càlcul B.1.2): I_{eq}=10,95 kg m²
- Acceleració (Apartat 7 de la memòria): ε=4,19 rad/s²
- Factor de funcionament (Càlcul B.2.1): f_s=1,7
- Parell (Apartat A.2.2): M_n=444 Nm

El valor del parell a l'eix de sortida requerit és M_r=45,88 Nm. Pel que fa el valor del parell a l'eix de sortida calculat és de M_c=78,00 Nm.

Això significa que s'ha d'escollir un reductor amb un parell a l'eix de sortida més gran que 78,00 Nm. En aquest cas, el reductor triat té un parell de 444 Nm, per tant l'elecció és correcta.

B.3 DIMENSIONAMENT DEL MOTOR

Es vol dimensionar el motor necessari per l'accionament del mecanisme. Es comprovarà que el motor sigui capaç de proporcionar el parell i la velocitat necessària.

B.3.1 Càlcul del parell

El parell que ha d'aplicar el motor es calcula utilitzant la relació de transmissió i l'eficiència del reductor.

$$T_{motor} = \frac{M_c}{i_{red} \cdot \eta_{red}} \quad (\text{Eq. 5})$$

T_{motor}: parell a l'eix de sortida del motor, *M_c*: parell a l'eix de sortida del reductor calculat,
i_{red}: relació de transmissió del reductor, *η_{red}*: rendiment del reductor

Dades i justificació:

- Parell (Càlcul B.2.2): $M_c=78,00 \text{ Nm}$
- Reductor (Apartat A.2.2): $i_{red}=40$, $\eta_{red}=0,78$

El valor del parell a l'eix de sortida del motor obtingut és de $T_{motor}=2,50 \text{ Nm}$.

Es determina que el motor utilitzat ha de tenir un parell igual o superior a $2,50 \text{ Nm}$.

B.3.2 Càlcul de la velocitat

Mitjançant la relació de transmissió del reductor es pot saber la velocitat en la qual ha de girar el motor.

$$n_{motor} = i_{red} \cdot n_{sr} \quad (\text{Eq. 6})$$

n_{motor}: velocitat del motor, *i_{red}*: relació de transmissió del reductor, *n_{sr}*: velocitat a la sortida del reductor

Dades i justificació:

- Reductor (Apartat A.2.2): $i_{red}=40$
- Velocitat (Apartat 7 de la memòria): $n_{sr}=20 \text{ rpm}$

El valor de la velocitat del motor és de $n_m=800 \text{ rpm}$.

Es determina que el motor utilitzat ha de tenir una velocitat igual o superior a 800 rpm .

B.3.3 Càlcul de la potència

La potència del motor es calcula mitjançant l'equació 10.

$$P_{motor} = T_{motor} \cdot n_{motor} \quad (\text{Eq. 7})$$

P_{motor}: potència del motor, T_{motor}: parell del motor, n_{motor}: velocitat del motor

Dades i justificació:

- Parell del motor (Càlcul B.3.1): $T_{motor}=2,50 \text{ Nm}$
- Velocitat del motor (Càlcul B.3.2): $n_{motor}=800 \text{ rpm}=83,78 \text{ rad/s}$

El valor de la potència del motor obtingut és $209,45 \text{ W}$.

Es determina que el motor seleccionat ha de tenir una potència útil igual o superior a $209,45 \text{ W}$.

B.4 CÀLCUL DELS RODAMENTS

L'objectiu és comprovar la vida útil dels rodaments i justificar la seva durabilitat i fiabilitat en les condicions específiques d'operació. Aquest càlcul permet planificar el manteniment preventiu i evitar fallades inesperades, millorant el rendiment global del mecanisme.

Es determina la càrrega equivalent estàtica i dinàmica aplicada als rodaments i es compara amb la capacitat de càrrega proporcionada pel fabricant. Es consideren les càrregues radials i la velocitat amb un factor del 90% de fiabilitat.

B.4.1 Combinacions de càrregues

S'han tingut en compte quatre combinacions de càrregues diferents, ja que es tenen forces que varien en el temps. S'ha suposat, quan el Tarlà està amb els braços estesos amb el cos paral·lel al terra i quan està amb el cos perpendicular al terra. D'aquesta manera es pot determinar una força equivalent.

Degut al moviment circular es genera una força centrífuga amb una component normal cap a l'exterior i una component tangencial en el sentit del gir. A les següents figures es representen esquemàticament en el transcurs d'una volta com actuen aquestes forces.

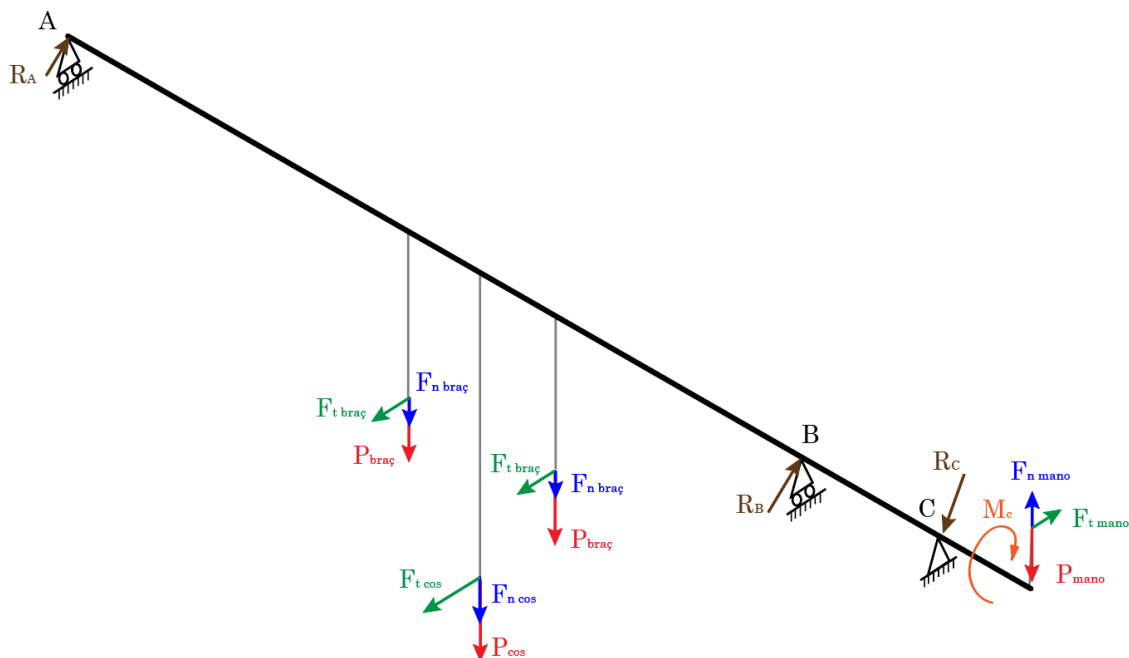


Figura 50: Cas 1. Diagrama de forces que actuen a l'eix a un angle de 0°

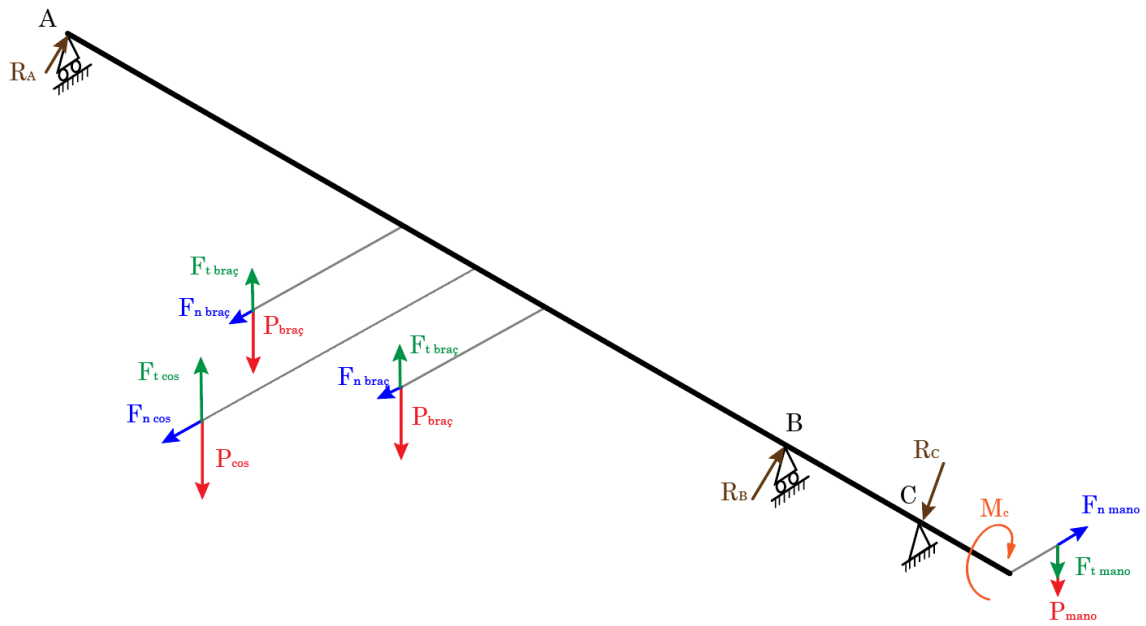


Figura 51: Cas 2. Diagrama de forces que actuen a l'eix a un angle de 90°

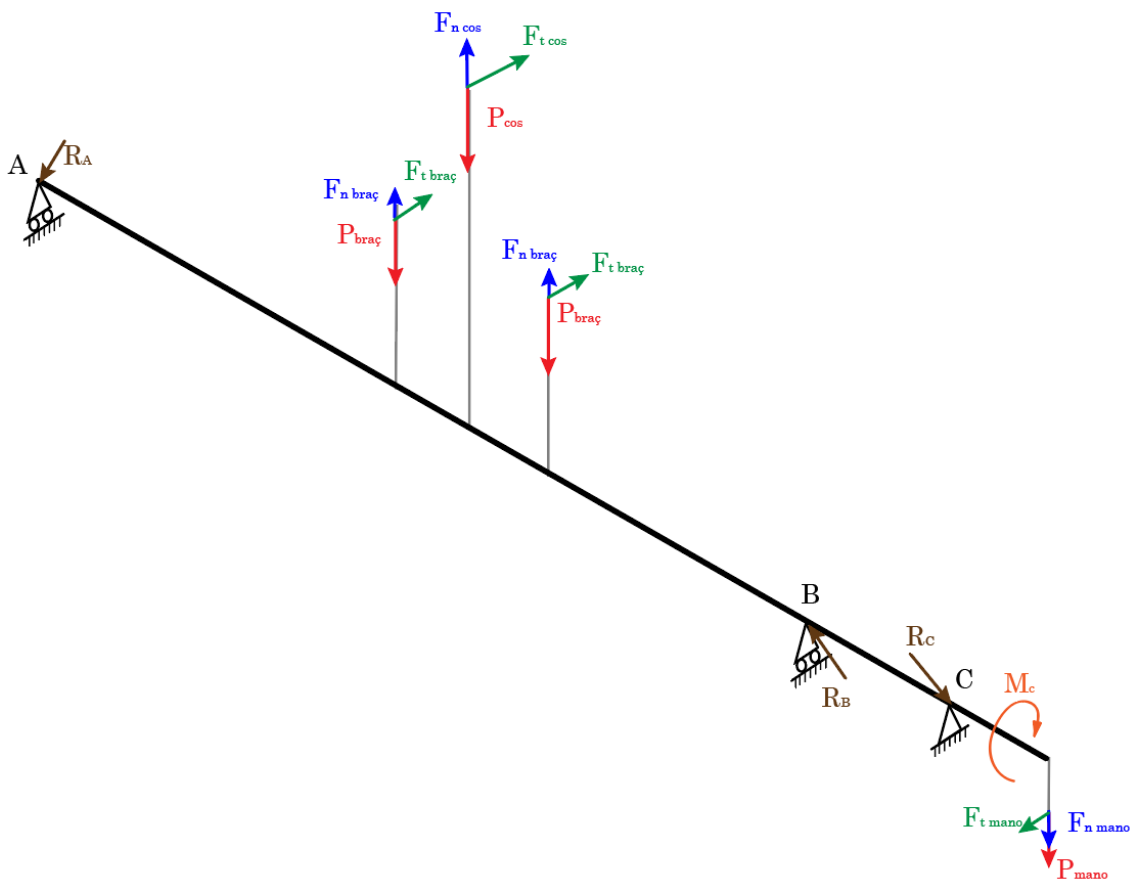


Figura 52: Cas 3. Diagrama de forces que actuen a l'eix a un angle de 180°

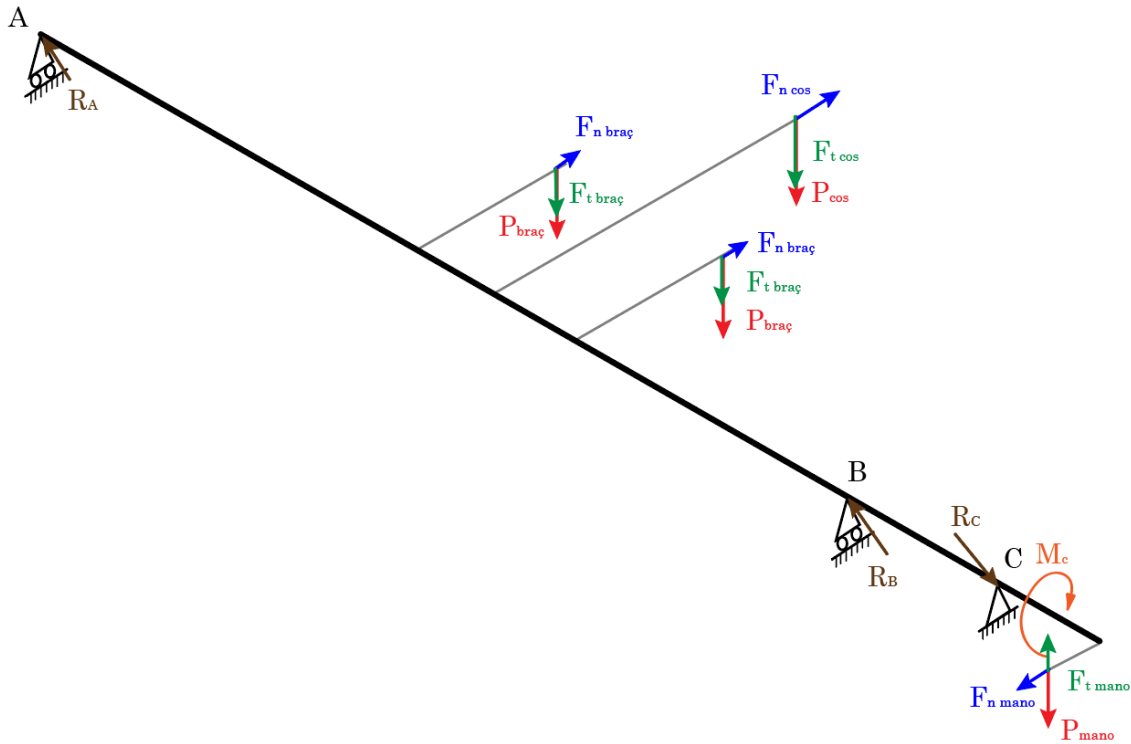


Figura 53: Cas 4. Diagrama de forces que actuen a l'eix a un angle de 270°

On les forces tangencials, causades per l'acceleració del sistema es calculen mitjançant l'Equació 8 i les forces normals, causades per l'acceleració centrípeta es calculen amb l'Equació 9.

$$F_{n i} = m_i \omega^2 r_i \quad (\text{Eq. 8})$$

F_n : Força normal de l'element i , m_i : massa de l'element i , ω : velocitat angular, r_i : radi del centre de masses de l'element i a l'eix

$$F_{t i} = m_i \varepsilon \quad (\text{Eq. 9})$$

F_t : Força tangencial de l'element i , m_i : massa de l'element i , ε : acceleració del sistema

- Parell aplicat: $M_C = 78 \text{ Nm}$
- Pes: $P_{\text{braç}} = 11,38 \text{ N}$, $P_{\text{cos}} = 132,24 \text{ N}$, $P_{\text{mano}} = 166,97 \text{ N}$
- Forces normals = $F_{n \text{ braç}} = 1,39 \text{ N}$, $F_{n \text{ cos}} = 60,06 \text{ N}$, $F_{n \text{ mano}} = 166,97 \text{ N}$
- Forces tangencials = $F_{t \text{ braç}} = 4,86 \text{ N}$, $F_{t \text{ cos}} = 56,48 \text{ N}$, $F_{t \text{ mano}} = 71,31 \text{ N}$

Plantejant un equilibri de forces es poden obtenir les reaccions en cada rodament. S'utilitzaran els valors màxims pel càlcul estàtic i un valor equivalent pel càlcul dinàmic, ja que les forces varien en el temps.

El valor equivalent es calcula amb la següent equació:

$$F_{eq} = \left(\frac{\sum F_i^3 N_i}{\sum N_i} \right)^{1/3} \quad (\text{Eq. 10})$$

F_{eq}: Força equivalent, N_i: Interval en el qual s'aplica la força

A la següent taula es representen les reaccions obtingudes en cada rodament:

Taula 16: Reaccions en els rodaments A, B i C

	Reacció màxima	Reacció equivalent
Rodament A	74,16 N	60,75 N
Rodament B	984,08 N	799,35 N
Rodament C	740,81 N	586,03 N

Seguidament es compararan els valors de les reaccions obtingudes amb la capacitat de càrrega, dada que es troba a la fitxa tècnica de cada rodament (Apartat A.2.4 Rodaments).

B.4.2 Rodament NSK-HRP N25

Aquest correspon al rodament A.

Taula 17: Resultats càrregues rodament NSK-RHP N25

Capacitat de càrrega estàtica C ₀	Reacció màxima	Capacitat de càrrega dinàmica C	Reacció equivalent
7880,00 N	74,16 N	14000,00 N	60,75 N

Els valors de les forces que actuen sobre el rodament són molt inferior als de capacitat de càrrega, això significa que està correctament dimensionats i no trencarà.

B.4.3 Rodament SKF 6006-2Z

Aquest correspon al rodament B

Taula 18: Resultats càrregues rodament SKF 6006-2Z

Capacitat de càrrega estàtica C_0	Reacció màxima	Capacitat de càrrega dinàmica C	Reacció equivalent
8400,00 N	984,08 N	13800,00 N	799,35 N

Els valors de les forces que actuen sobre el rodament són molt inferior als de capacitat de càrrega, això significa que està correctament dimensionats i no trencarà.

B.4.4 Rodament SKF 6005-2Z

Aquest correspon al rodament C.

Taula 19: Resultats càrregues rodament SKF 6006-2Z

Capacitat de càrrega estàtica C_0	Reacció màxima	Capacitat de càrrega dinàmica C	Reacció equivalent
6550,00 N	740,81 N	11900,00 N	586,03 N

Els valors de les forces que actuen sobre el rodament són molt inferior als de capacitat de càrrega, això significa que està correctament dimensionats i no trencarà.

B.5 CÀLCUL DE L'EIX D'ACOBLEMENT A LA BARRA DEL TARLÀ

Es realitza una simulació mitjançant el programa d'elements finits Ansys Workbench. Per una banda es comprova el correcte dimensionament de l'eix d'acoblament, i per altra, es comprova que les unions cargolades suporten i són capaces de transmetre les tensions a la barra del Tarlà.

B.5.1 Geometria i material

A la Figura 54 es representa el model utilitzat, format per 3 sòlids. L'eix d'acoblament i els dos rodaments on està recolzat. El mallat general és de 2 mm. Per tal de tenir més precisió a la xaveta, als canvis de secció i els allotjaments dels anells elàstics, s'aplica un mallat de 0,5 mm.

El material utilitzat és l'acer 1.0503 C45 amb les propietats mecàniques establertes al Document 3: Plec de condicions i representades també a la Taula 20.

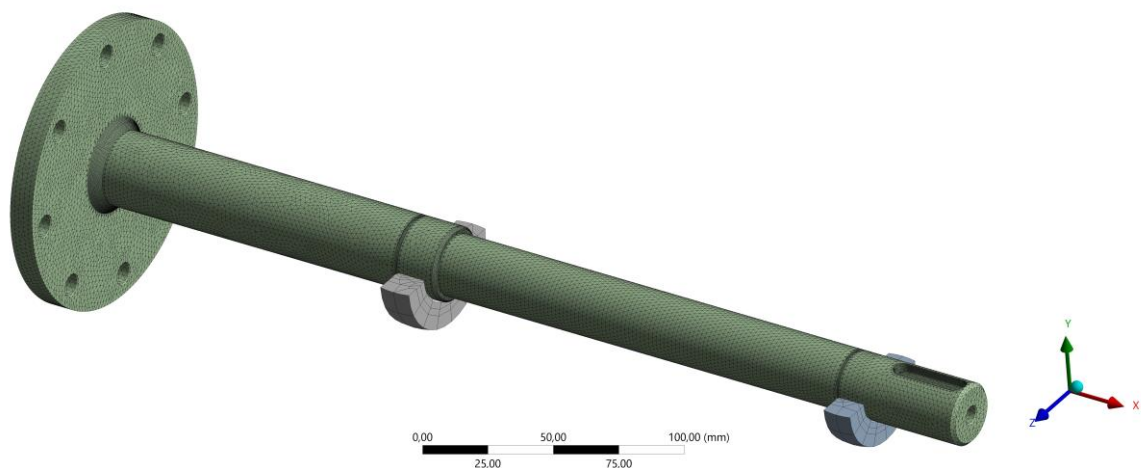


Figura 54: Mallat eix d'acoblament

Taula 20: Propietats acer 1.0503 C45

Propietat	Valor
Densitat	7800 kg/m ³
Mòdul elàstic	210000 MPa
Límit de tracció	750 MPa
Límit a compressió	580 MPa
Límit elàstic	580 MPa

B.5.2 Simulació des les forces que actuen a l'eix d'acoblament

B.5.2.1 Condicions de contorn

Es considera que el contacte entre els rodaments i l'eix és de tipus soldat. Es restringeix el desplaçament del rodament B en l'eix y i z, l'eix x es deixa lliure, tal com actuen les reaccions. El rodament C es restringeix el desplaçament en tots els eixos, de manera que queda fix.

S'ha tingut en compte la combinació de càrregues més desfavorable presentada a l'apartat B.4.1 Combinacions de càrregues. Es traslladen totes les forces del Cas 4 a l'eix i s'obté la següent combinació de càrregues i condicions de contorn.

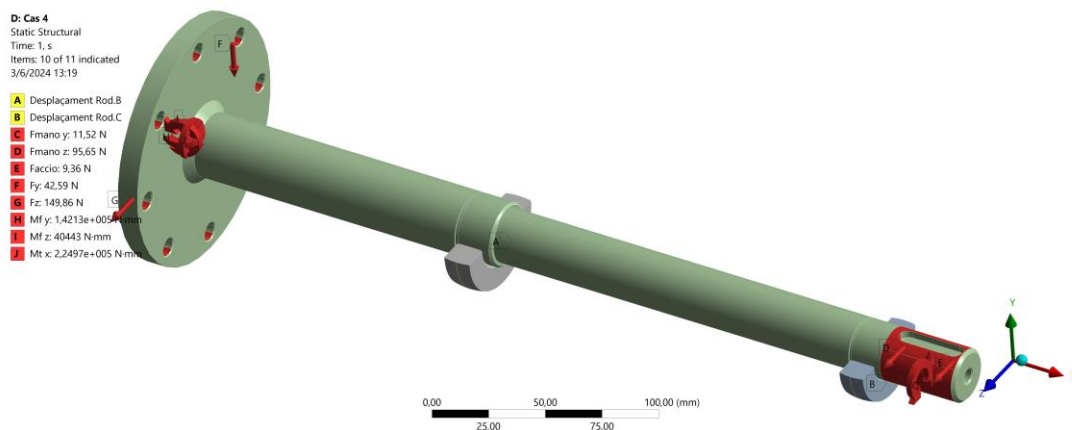


Figura 55: Condicions de contorn cas 4

B.5.2.1 Resultats de les tensions a l'eix d'acoblament

A la Figura 56 es representa la tensió de Von-Mises obtinguda. Es pot observar que els punts on la tensió és més alta són en els canvis de secció i a les regates dels anells elàstics.

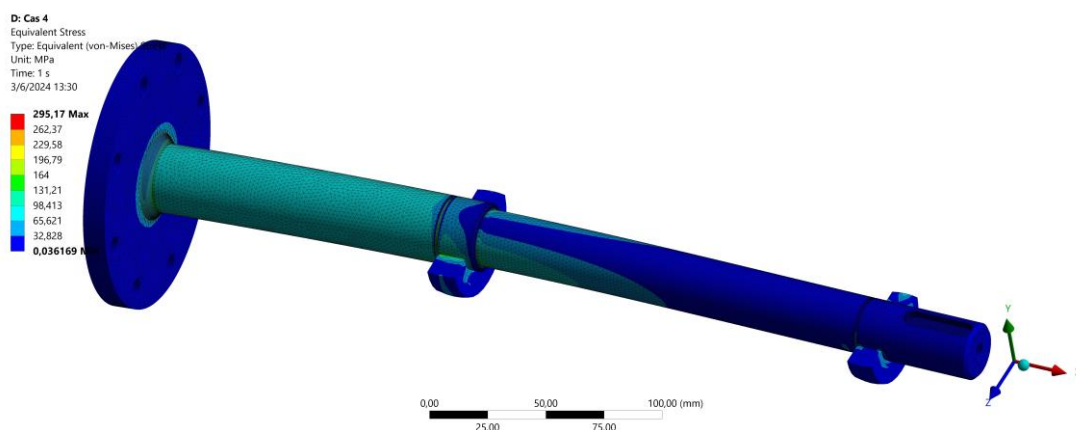


Figura 56: Tensions de Von-Mises a l'eix d'acoblament

En aquest cas, la tensió màxima es troba a la regata del rodament B. Amb un valor de 295,17 MPa.

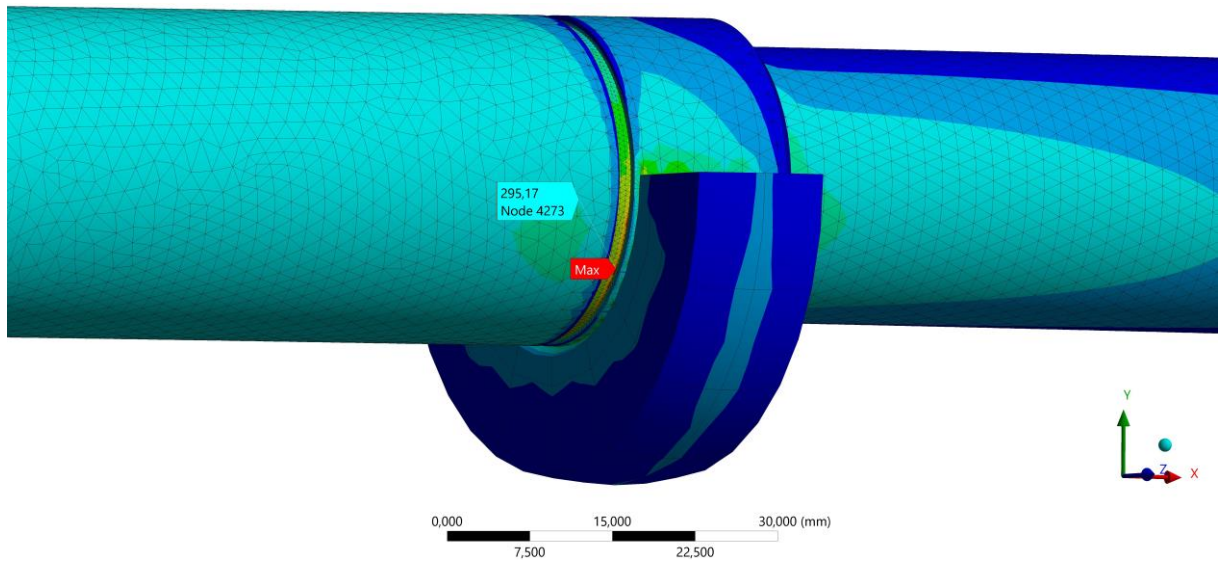


Figura 57: Detall de la tensió màxima de l'eix d'acoblament

El coeficient de seguretat estàtic es pot calcular mitjançant l'Equació 11.

$$n_e = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (\text{Eq. 11})$$

n_e : Coeficient de seguretat estàtic, S_y : Resistència a fluència, σ : Tensió màxima obtinguda

Dades i justificació:

- Resistència a fluència (Plec de condicions): $S_y = 580,00$ MPa
- Tensió màxima (Obtinguda Apartat B.5.2.1): $\sigma_{max} = 295,17$ MPa

El coeficient de seguretat estàtic obtingut és de $n_e = 1,96$

S'accepta el resultat ja que el valor obtingut és més gran que 1. L'eix no trencarà ni es deformarà plàsticament.

B.5.3 Simulació de les unions cargolades entre l'eix d'acoblament i la barra del Tarlà

B.5.3.1 Condicions de contorn

En aquest cas es considera que el contacte entre els rodaments i l'eix és de tipus sense fricció. Es restringeix el desplaçament del rodament B en l'eix y i z. El rodament C es restringeix el desplaçament en tots els eixos, de manera que queda fix. Per últim es fixen tots els forats passants simulant així la unió roscada.

La situació més desfavorable per a les unions és la combinació de càrregues en el Cas 3. Quan el ninot i el contrapès estan perpendicular al terra.

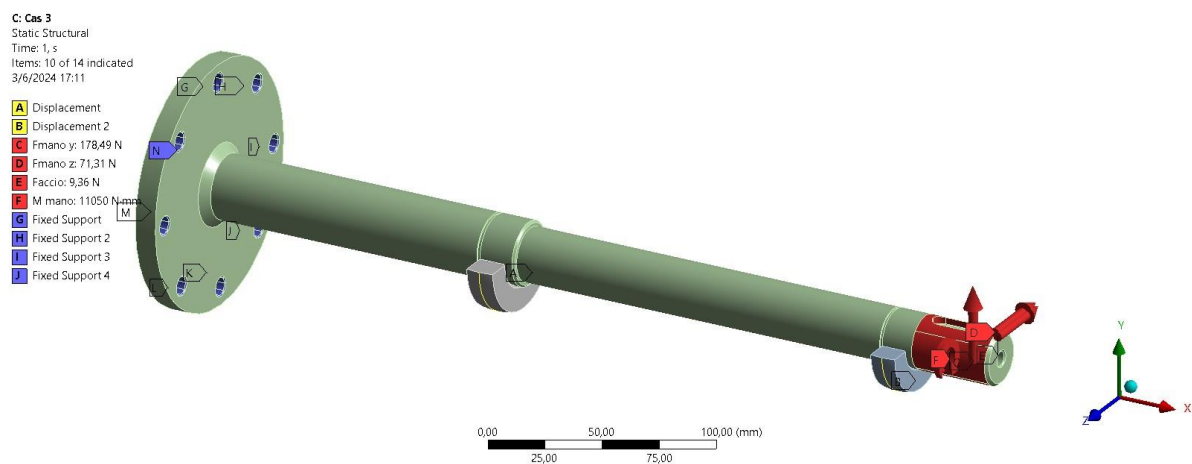


Figura 58: Condicions de contorn cas 3

B.5.3.2 Resultats de la unió cargolada

La Figura 59 mostra la unió cargolada més desfavorable.

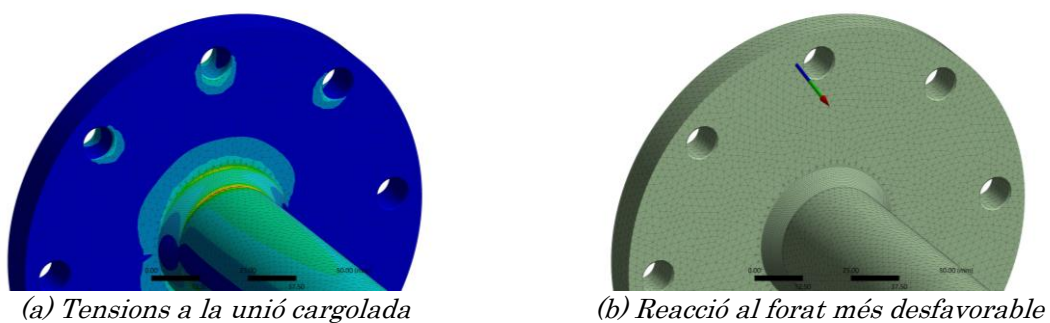


Figura 59: Detall de la unió cargolada

S'obté una reacció amb una component axial de 459,58 N i una tallant de 45,16 N.

Mitjançant l'Equació 12 es pot obtenir la tensió axial en la que està sotmès el cargol.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{Eq. 12})$$

σ : Tensió axial, F: Força axial, A: àrea de la secció

A través de l'Equació 13 s'obté la pressió superficial en la que està sotmès el cargol.

$$\tau = \frac{V}{d e} \quad (\text{Eq. 13})$$

τ : Tensió tallant, V: Força tallant, d: diàmetre cargol, e: amplada platina

Dades i justificació:

- Força axial: $F = 459,58 \text{ N}$
- Força tallant: $V = 45,16 \text{ N}$
- Mides (plànols) : $A = 50,26 \text{ mm}^2$, $d = 8 \text{ mm}$, $e = 10 \text{ mm}$

S'obtenen unes tensions de $\sigma = 9,14 \text{ MPa}$ i $\tau = 0,56 \text{ MPa}$.

Aquestes tensions són molt inferiors a la resistència màxima d'un cargol M8 de qualitat 8.8 (800MPa) (Plec de condicions). Això significa que la unió no trenca i es pot transmetre tota la força generada de l'eix d'acoblament a la barra del Tarlà.

B.6 CÀLCUL DE LES VELOCITATS ENTRE L'EIX DE CONTROL I LA BARRA DEL TARLÀ

B.6.1 Velocitat màxima del timó

L'objectiu d'aquest càlcul és obtenir una relació entre la velocitat de gir de l'eix de control i la velocitat de gir de la barra del Tarlà. Aquest càlcul permet verificar la relació de transmissió i obtenir un factor de conversió que serveix per programar el codi introduït al PLC. Concretament relaciona la velocitat que llegeix l'encoder i la velocitat que s'ha d'enviar al motor.

A la Figura 60 hi ha representades les velocitats conegudes. Per una banda hi ha la referència digital del variador on el valor 8192 equival a la velocitat nominal del motor, per l'altre la velocitat nominal de 1440 rpm. També se sap que la relació de transmissió del reductor és de $i=1/40$, per tant la velocitat màxima en la que pot girar la barra del Tarlà és de 36 rpm.

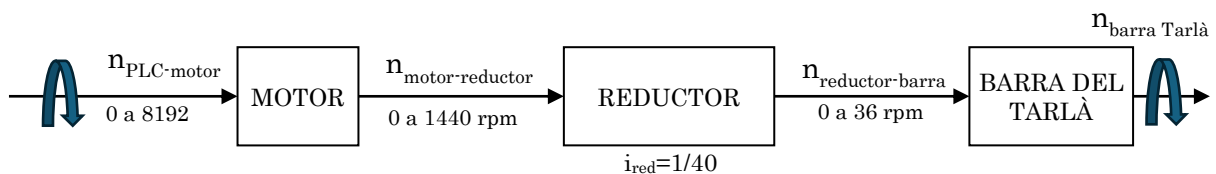


Figura 60: Diagrama de velocitats conegudes

A la Figura 61 es representen les incògnites del sistema. Es vol obtenir una relació entre la velocitat del timó i la velocitat de la barra de $i=1/6$. Així doncs, l'Equació 14 relaciona aquestes dues velocitats.

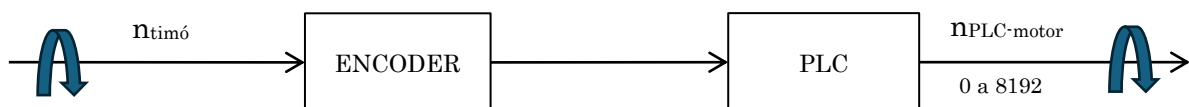


Figura 61: Diagrama de velocitats incògnita

$$n_{timó} = \frac{n_{barra\ Tarlà}}{i_{timó-barra}} \quad (\text{Eq. 14})$$

$n_{timó}$: velocitat de gir del timó, $i_{timó-barra}$: relació de transmissió entre el timó i la barra
 n_{barra} : velocitat de la barra del Tarlà

Dades i justificació:

- Relació de transmissió: $i_{\text{red}}=1/40$, $i_{\text{timó-barra}}=1/6$
- Velocitats (Annex A.2): $n_{\text{motor}}= 1440 \text{ rpm}$, $n_{\text{barra Tarlà}}=36 \text{ rpm}$

El valor de la velocitat màxima del timó és de $n_{\text{timó}} = 216,00 \text{ rpm} = 22,32 \text{ rad/s}$.

Aquest valor és útil per la programació del codi, ja que el PLC permet escalar la velocitat d'entrada de l'eix de control, llegida per l'encoder, a la velocitat del motor.

ANNEX C: PROGRAMACIÓ

L'objectiu d'aquest annex és proporcionar una visió detallada de tots els components que s'han hagut de programar. Per una banda, hi ha el PLC, amb el codi introduït i per altra, els paràmetres introduïts en el variador de freqüència. Es pretén explicar la seva funcionalitat. Cada secció ve acompanyada d'observacions i aspectes claus del seu funcionament, decisions i consideracions rellevants que han influït al seu desenvolupament

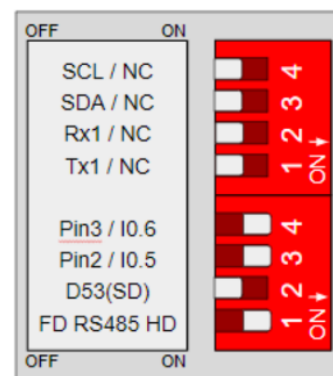
C.1 PLC

C.1.1 Configuració dels selectores

Pel correcte funcionament de tots els pins de comunicació, primerament s'han de configurar diferents selectores que activen o desactiven els diferents pins. Tal com es veu a la Figura 62, s'han activat els pins SCL i SDA, utilitzats pel mòdul GPS. També s'han activat els pins RX1 i TX1 els quals s'utilitzen pel mòdul Wi-Fi. A la zona B, s'han utilitzat els pins I1.6 i I1.5 per l'encoder, ja que aquests són els únics que permeten interrupcions. Per últim hi ha el selector D53 (SD) el qual el manual del PLC ens diu que ha d'estar sempre en OFF, el selector FD RS454 HD s'ha deixat en ON.

Switch	ON	OFF
D ZONE		
SCL/I2.6	NC	SCL
SDA/I2.5	NC	SDA
C ZONE		
RX1/I1.6	NC	RX1
TX1/I1.5	NC	TX1
B ZONE		
Pin 3/I0.6	I0.6	Pin 3
Pin 2/I0.5	I0.5	Pin 2
uSD & RS-485		
D53(SD)	NC	SD
FD RS-485 HD	HD	FD

(a) Taula dels selectores



(b) Configuració utilitzada

Figura 62: Selectors de configuració

Per veure les connexions fetes, anar al Document 2 Plànols. El plànol 4.00 és un esquema elèctric on s'hi detalla els pins utilitzats i les seves connexions.

C.2 Programa Arduino IDE

C.2.1 Declaració de llibreries i variables

El programa comença definint les llibreries que s'han utilitzat. Tal com es pot veure a la Figura 63, es fan servir dos llibreries. La primera proporciona funcionalitats per comunicar els diferents elements amb l'ordinador mitjançant el protocol Modbus. La segona s'utilitza per la comunicació RS485 entre el variador de freqüència i el PLC.

```
#include <ModbusMaster.h>           // Carrega la llibreria ModbusMaster.h
#include <RS485.h>                   // Carrega la llibreria per a la comunicació RS485
```

Figura 63: Declaració de llibreries

A continuació, es defineixen les variables utilitzades durant tot el programa. Primerament, el número pi, que s'utilitzarà per fer càlculs, i una variable de tipus enter la qual servirà per definir si s'està treballant en mode manual des de l'encoder o des del mòbil. Seguidament hi ha totes les variables que fan referència a l'encoder i les del motor.


```

#define PI 3.1415926535897932384626433832795

int state;           // Estat: 0 = mode manual encoder // Estat: 1 = mode mòbil

///// ENCODER /////
const int C1 = I0_6; // Entrada de la senyal A del encoder.
const int C2 = I0_5; // Entrada de la senyal B del encoder.

volatile int n = 0; // Numero de comptatge
volatile byte ant = 0; // Numero anterior
volatile byte act = 0; // Numero actual

int encoderPos = 0; // Posició de l'encoder
int actEncoderPos = 0; // Posició actual
int prevEncoderPos = 0; // Posició anterior

float encoderVel = 0; // Velocitat de l'encoder
float scaleEncoderVel; // Velocitat de l'encoder escalada x100

unsigned long lastTime = 0; // Temps anterior
unsigned long sampleTime = 200; // Temps de mostreig

///// MOTOR /////
ModbusMaster motor; // Crea l'objecte del ModbusMaster

int motorDirec; // Sentit del motor
int VFD_vel; // Velocitat del variador en Hz
float absRequestedSpeed = 0; // Velocitat absoluta
float velocitatActual = 0; // Velocitat actual del motor

```

Figura 64: Declaració de variables

C.2.2 Inicialització del programa

En aquesta secció s'inicialitza la comunicació serial i en funció del selector es determina si el programa està en mode manual o mòbil. També es configuren els pins d'entrada de l'encoder, que s'utilitzarà amb interrupcions. D'aquesta manera s'aconsegueix una actualització més precisa i oportuna per detectar els canvis de senyal. Pel que fa el motor, s'assigna una identitat per tal que la xarxa de comunicació RS485 el tingui identificat, això permet una comunicació bidireccional entre el PLC i el variador que controla el motor.

```

void setup() {
  Serial.begin(2000000);
  Serial1.begin(9600);
  delay(1000);

  if (digitalRead(I0_11)==LOW){
    state = 1;    // Si el selector està apagat s'inicia el programa amb estat 1
  }
  if (digitalRead(I0_11)==HIGH){
    state = 0;    // Si el selector està encès s'inicia el programa amb estat 0
  }

  ///// CONFIGURAR ENCODER /////
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(C1), encoder, CHANGE);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(C2), encoder, CHANGE);

  ///// CONFIGURAR MOTOR /////
  RS485.begin(38400);    // On es connecta la RS485 / Begin RS485 port
                        // VFD: Taxa comunicació Serial (P310 = 2)
  motor.begin(1,RS485); // Identitat 1 al esclau Modbus pel port de comunicació
                        serial
}

```

Figura 65: Configuració Setup general

C.2.3 Loop principal

Bàsicament, el que es fa en aquesta part és comprovar l'estat del selector. En funció del mode seleccionat, s'executarà una funció o una altra. Si en qualsevol moment hi ha un canvi d'estat, el programa canvia de funció.

```

void loop() {
  if (state==0){
    manualActions();
  }
  else{
    mobileActions();
  }
}

```

Figura 66: Loop principal

C.2.4 Funcions

La primera funció és la de la lectura de l'encoder, que permet registrar el seu moviment. Cada vegada que hi ha una interrupció, s'incrementa o disminueix la variable que actua com a comptador "n". Els senyals del canal A i B de l'encoder estan desfasats, tal com es veu a la Figura 67, i es comparen els valors d'aquests senyals per determinar en quin sentit està girant.

```
void encoder(void) {
    ant = act;           // Es guarda el valor actual per actualitzar-lo en anterior

    if (digitalRead(C1)) bitSet(act, 1); // Reinicia "act" amb valor d'aquest instant
        else bitClear(act, 1);
    if (digitalRead(C2)) bitSet(act, 0);
        else bitClear(act, 0);

    if (ant == 2 && act == 0) n++;
    if (ant == 0 && act == 1) n++;
    if (ant == 3 && act == 2) n++;
    if (ant == 1 && act == 3) n++;

    if (ant == 1 && act == 0) n--;
    if (ant == 3 && act == 1) n--;
    if (ant == 0 && act == 2) n--;
    if (ant == 2 && act == 3) n--;
}
```

Figura 67: Funció lectura de l'encoder

La segona funció és la que actualitza la velocitat i la direcció del motor en funció de la velocitat sol·licitada. Primer de tot es comprova el sentit de gir i es defineix amb el valor que el variador pot entendre. A continuació, s'escala el valor de la velocitat sol·licitada al rang de valors que accepta el variador. Per una banda, hi ha la velocitat escalada de l'encoder, que va des de 0 fins a 2232 (valor calculat a l'Annex B.6). I per altra, hi ha la del variador, que va de 0 fins a 8192, on aquest últim valor correspon a la velocitat nominal del motor.

Seguidament, si la velocitat sol·licitada és igual a 0, es dona l'ordre d'aturada de motor amb fre programada pel variador de velocitats. En cas contrari, es comunica el sentit i la velocitat en els ports corresponents del variador. S'ha hagut d'afegir diferents delays per tal que la comunicació fos fluïda, el valors d'aquests s'han obtingut experimentalment tal i com s'explica a l'Annex D.

```
void updateMotor(float requestedSpeed){
  if (requestedSpeed > 0 ) motorDirec = 7;    // Defineix sentit de gir horari
  if (requestedSpeed < 0) motorDirec = 3;    // Defineix sentit de gir anti-horari

  absRequestedSpeed = abs(requestedSpeed);
  VFD_vel = map (absRequestedSpeed, 0, 2232, 0 , 8192);
  // Reescala la velocitat de l'encoder de 0-22,32 rad/s a 0-8192   On: 2232 és el valor
  // màxim escalat de l'eix i 8192 es la velocidad nominal del motor

  if(VFD_vel== 0){
    delay(200);
    motor.writeSingleRegister(682,2); // Para el motor amb fre
    delay(800);
  }
  else {
    motor.writeSingleRegister(682,motorDirec); // Defineix sentit de gir del motor
    delay(50);
    motor.writeSingleRegister(683,VFD_vel); // Defineix velocitat de gir del motor
    delay(sampleTime);
  }
}
```

Figura 68: Funció que actualitza el motor updateMotor

Per últim hi ha les accions dels diferents modes d'utilització. A la Figura 69 es mostra la funció manual. Aquesta es va actualitzant cada vegada que es detecta una interrupció, sempre que el temps sigui inferior al definit com a temps de mostreig. Per saber l'angle girat, es fa ús d'un factor de conversió, ja que se sap que es detecten 1440 senyals en una volta de l'encoder, si es multiplica pel comptador, s'obtenen els graus que s'està girant el timó. A continuació s'obté la velocitat en funció del temps que ha passat entre cada senyal, per últim s'escala per tal de tenir més precisió i s'actualitza el valor a la funció updateMotor.

```
void manualActions(){ // S'actualiza cada sampleTime (milisegons)
  if (millis() - lastTime >= sampleTime || lastTime == 0) {
    lastTime = millis();
    encoderPos = n * 360.0 / 1440; // Posició de l'encoder
    actEncoderPos = encoderPos;
    encoderVel = (actEncoderPos-prevEncoderPos)*PI*1.0e3/180/sampleTime;
                                     // Velocitat de l'encoder en rad/s
    scaleEncoderVel = encoderVel*100; // Velocitat escalada
    prevEncoderPos = actEncoderPos; // Actualitza la posició de l'encoder
  }
  updateMotor(scaleEncoderVel);
}
```

Figura 69: Funció que permet controlar el Tarlà des del timó manualActions

Per acabar, a la Figura 70 es troba la funció que es crida quan hi ha seleccionat el mode d'app mòbil. S'ha adaptat el codi per tal que mitjançant la comunicació Wi-Fi es puguin rebre les ordres des del mòbil. Si es reben senyals del serial1 s'actualitza el motor, de manera que si es rep un valor superior a 900, es comunica al variador que es pari mitjançant la funció amb fre. Si es reben valors d'entre -800 i 800, s'actualitza la velocitat i s'executa la funció updateMotor. Per últim, hi ha la re-inicialització del comptador de l'encoder, la qual cosa permet que cada vegada que es canvi de mode, aquesta variable s'inicialitzi a 0.

```
void mobileActions() {
  if (Serial1.available() > 0){
    String str = Serial1.readStringUntil('\n');    // Read communication buffer
    Serial.println(str);
    if (str.startsWith("GIRA ")){
      float numRecive = str.substring(5).toFloat();

      if (numRecive > 900){
        motor.writeSingleRegister(682,2);    // El botó RESET para el motor amb fre
        Serial.println("RESET rebut");
      }

      else if (numRecive >=-800.0 && numRecive <=800.0) {
        if (abs(velocitatActual - numRecive) > 0.01){
          velocitatActual = numRecive;
          Serial.println("Abans update");
          updateMotor(numRecive);
          Serial.println("Després update");
        }
      }

      Serial.println("Received command 'GIRA', with number" +
String(numRecive));
      delay(100);
    }

    else {
      Serial.println("ERR Unknown command.");
    }
  }

  n = 0;    // Restableix el comptador de l'encoder a 0
}
```

Figura 70: Funció que permet controlar el Tarlà des de l'app mòbil mobileActions

C.2 Variador de freqüència

C.2.1 Resum dels paràmetres

A la següent taula hi ha representat tots els valors finals que s'han introduït al variador i que difereixen dels que venen per defecte de fàbrica.

Taula 21: Paràmetres del variador de freqüència

Paràmetre	Descripció	Valor
P029	Configuració HW Potència	7 = 4,2 A/220 V
P100	Temps acceleració	0,8 s
P101	Temps desacceleració	0,8 s
P105	Selecció 1a/2a rampa	0 = Primera rampa
P133	Freqüència mínima	5,0 Hz
P134	Freqüència màxima	20,0 Hz
P135	Corrent màxima sortida	1,5 x I _{nom} = 6,8 A
P136	Boost de Parell man.	5 %
P150	Mode Comp. del Link DC	2 = hold_Ud i hold_LC
P151	Nivell Reg. Link DC	380 V
P156	Corrent sobrecàrrega velocitat nominal	1,2 x I _{nom} = 5,4 A
P157	Corrent sobrecàrrega 50 %	1,2 x I _{nom} = 5,4 A
P158	Corrent sobrecàrrega 20 %	1,2 x I _{nom} = 5,4 A
P202	Tipus de control	5 = VVW
P213	Factor Escala Barra	4,5 A
P220	Selecció Font LOC/REM	6 = Serial/USB (REM)
P221	Selecció Referència LOC	9 = Serial/USB
P223	Selecció Gir LOC	5 = Serial/USB (H)
P224	Selecció Gira/Para LOC	2 = Serial/USB
P225	Selecció JOG LOC	3 = Serial/USB
P226	Selecció Gir REM	5 = Serial/USB (H)
P227	Selecció Gira/Para REM	2 = Serial/USB
P228	Selecció JOG REM	3 = Serial/USB
P229	Selecció mode parada	0 = Per rampa
P299	Temps Frenada Partida	0,0 s
P300	Temps Frenada Parada	0,8 s

Paràmetre	Descripció	Valor
P301	Freqüència d'inici	3,0 Hz
P302	Corrent de Fre CC	20,0 %
P308	Direcció Serial	1
P310	Taxa Comunicació Serial	2 = 38400 bits/s
P311	Configuració Bytes Serial	0 = 8 bits, sin, 1
P312	Protocol Serial	2 = Modbus RTU Esclau
P313	Acció p/Error Comunicació	1 = Per rampa
P320	Flying Start/Ride-Through	1 = Flying Start
P331	Rampa de tensió per FS i RT	0,8 s
P332	Temps mort	0,1 s
P340	Temps AutoReset	5,0 s
P352	Configuració Ventilador	1 = ON
P399	Rendiment nominal motor	84,1 %
P400	Tensió nominal motor	230 V
P401	Corrent nominal motor	4,5 A
P402	Rotació nominal motor	1440 rpm
P403	Freqüència nominal motor	50 Hz
P404	Potència nominal motor	6 = 1,50 HP (1,1 kW)
P407	Factor potencia nominal motor	0,74
P408	Executar autoAjust	1 = Si

ANNEX D: PROVES DE FUNCIONAMENT

Aquest projecte s'ha dut a terme, és per això que, en aquest annex s'explica el procediment que s'ha seguit per elaborar el mecanisme, les diferents proves que s'han anat duent a terme durant la confecció i el muntatge així com la programació i el control amb l'objectiu de comprendre el resultat final.

D.1 TREBALL PREVI

Abans de fabricar totes les peces, per tal de familiaritzar-se amb el llenguatge de programació que s'utilitza en el control del mecanisme, es va construir una petita maqueta per tal de començar a fer proves. A la Figura 71 s'observa l'encoder amb una placa Arduino-UNO, també hi ha un motor amb el seu controlador.

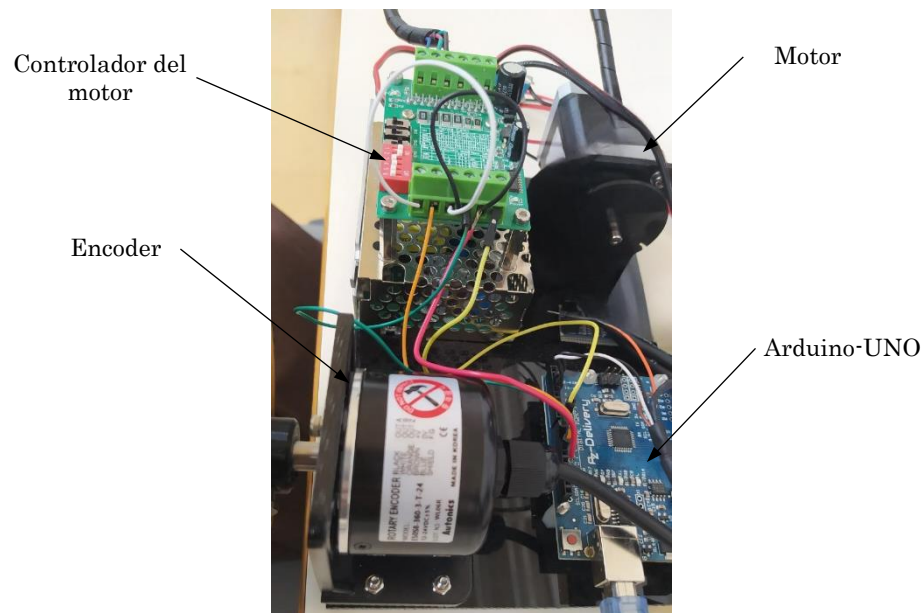
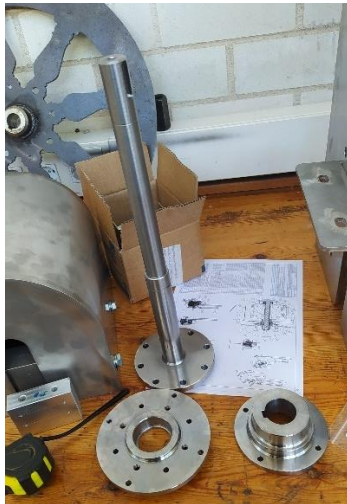


Figura 71: Maqueta control del mecanisme

Un cop es va entendre el funcionament, i es va aconseguir que el motor gires paral·lelament al gir de l'encoder, es va poder passar a programar el PLC basat en Arduino que s'utilitza a la solució final.

D.2 MUNTATGE A LA UNIVERSITAT

Per tal de provar el mecanisme i configurar correctament tots els paràmetres es va haver de muntar el conjunt a la universitat, simulant la subjecció del mecanisme en els balcons. Primerament es van muntar tots els subconjunts. A les següents figures es poden veure les diferents peces rebudes i muntatges fets.



(a) Peces del mecanisme motrius



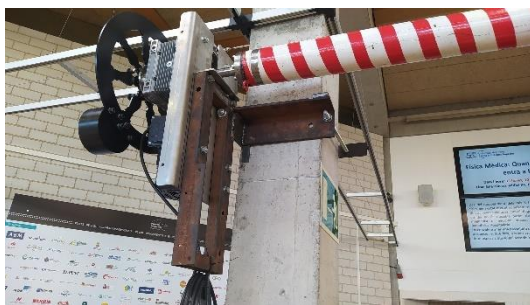
(b) Platina unió carro-roda



(c) Quadre elèctric

Figura 72: Muntatge mecanisme

A la Figura 73 s'observa el muntatge realitzat. Es va haver d'afegir un suport ja que la distància entre els pilars no era la mateixa que entre els balcons.



(a) Costat joieria Quera



(b) Costat balcó privat

Figura 73: Muntatge barra del Tarlà a la universitat

Durant aquest període, es van ajustar els paràmetres del variador de freqüència. Els que tenen més rellevància i afecten al control del ninot són els següents:

- P100 Temps d'acceleració i P101 Temps de desacceleració: Ajustant aquests paràmetres es pot arribar a aconseguir minimitzar el retard que hi ha entre que es donen les ordres en el timó, fins que el ninot es mou. Si aquest valor és massa petit, es poden produir batzegades o xocs que no fan fluid el control. Finalment s'ha trobat un equilibri a 0,8 segons.
- P133: Freqüència mínima: Si la velocitat que s'envia des del timó és molt baixa, el motor no és capaç d'activar-se, definint un valor mínim en aquest paràmetre, es permet que enviant velocitats molt petites des del timó, el motor s'activi. S'ha introduït un valor de 5 Hz
- P134: Freqüència màxima: Amb aquest paràmetre es pot ajustar la velocitat màxima en la que gira el sistema. Finalment s'ha deixat amb un valor de 20 Hz

A més, es va poder provar el mecanisme amb adolescents de 16 anys i infants de 3 a 6 anys. D'aquesta manera, es va poder observar com interactuen una part dels usuaris finals, això va permetre tenir una visió més clara per trobar un equilibri entre els valors utilitzats.



Figura 74: Proves de funcionament infants

D.3 MUNTATGE AL CARRER

Finalment, es va muntar el mecanisme al carrer. A diferència del que s'explica a l'Annex E, es va decidir muntar tot el conjunt de la barra del Tarlà amb el mecanisme motriu prèviament, per tal d'assegurar que l'eix quedés ben alineat per sempre (a partir d'ara ja es pot muntar i desmuntar tal com indica l'Annex E).

Es va observar que la barana del balcó no era perpendiculars al terra i estava torçada. Per aquest motiu es van instal·lar uns gruixos tal com s'observa a la Figura 75 per tal que el mecanisme treballés correctament.



Figura 75: Detall gruix de la barana

ANNEX E: MANUAL DE MUNTATGE

En aquest annex es pretén explicar els passos a seguir per tal del muntar el mecanisme. Per una banda, el muntatge de la barra del Tarlà amb el mecanisme motriu del sistema. Per altra, el muntatge de la bancada mòbil. Per últim s'especifiquen els passos a seguir per a la instal·lació del mecanisme en el carrer.

E.1 MUNTATGE DEL MECANISME MOTRIU

E.1.1 Llistat de components

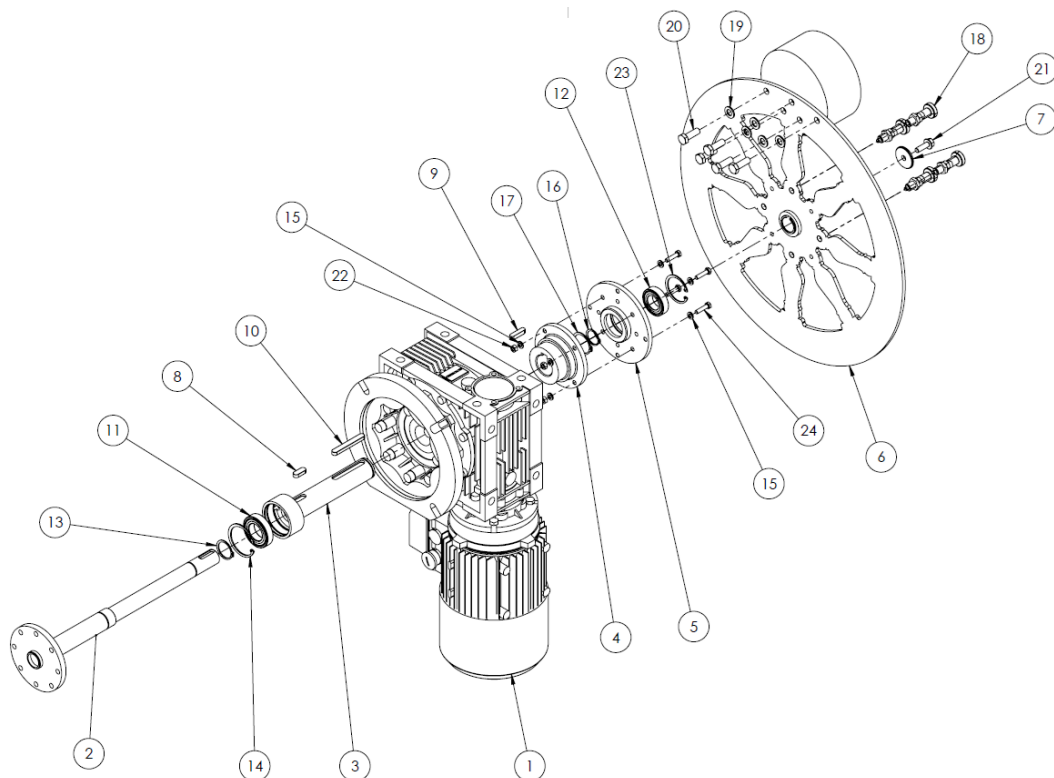


Figura 76: Vista explosionada del muntatge del mecanisme motriu

Taula 22: Llistat de components del mecanisme motriu

Número	Descripció	Quantitat
1	Motor - Reductor	1
2	Eix d'acoblament a la barra del Tarlà	1
3	Eix buit	1
4	Plat separador	1
5	Plat acoblador	1

Número	Descripció	Quantitat
6	Manovella de l'eix del Tarlà	1
7	Volandera de la manovella	1
8	Xaveta 10x6x25 mm	1
9	Xaveta 10x6x70 mm	1
10	Xaveta 8x7x32 mm	1
11	Rodament boles 6006-2z	1
12	Rodament boles 6005-2z	1
13	Circlip exterior Ø30 mm	1
14	Circlip interior Ø55 mm	1
15	Circlip interior Ø47 mm	1
16	Circlip exterior Ø25 mm	1
17	Circlip exterior Ø35 mm	1
18	Posicionador de molla	4
19	Volandera Ø10,5 mm	5
20	Cargol M10 x 30 DIN-933	5
21	Cargol M8 x 25 DIN-6921	1
22	Femella M6	4
23	Volandera Ø6,4 mm	8
24	Cargol M6 x 25 DIN-933	4

E.1.2 Eines a utilitzar

Utilitzar les eines correctes no només facilita la feina, sinó que també garanteix la integritat i el rendiment òptim del mecanisme muntat. Pel muntatge del mecanisme motriu es necessitaran les següents eines:

- Clau anglesa
- Clau fixa n°: 10, 16, 18
- Pinça de circlip interior
- Pinça de circlip exterior
- Anell d'impacte i manguito per a muntatge de rodaments
- Martell de poliuretà

E.1.3 Procediment de muntatge

- 1- Muntar els rodaments en els seus allotjaments corresponents. El rodament (11) amb l'eix buit (3), i el rodament (12) amb el plat acoblador (5) amb l'anell d'impacte i manguito adequat. Assegurar-se que estan ben alineats. A continuació, fixar-los amb els circlips.
- 2- Inserir l'eix buit (3) amb les xavetes corresponents dins l'eix del reductor (1).
- 3- A l'altre costat, introduir el plat separador (4) i posteriorment el plat acoblador (5), per després cargolar-los mitjançant els forats que coincideixen.
- 4- Lubricar i introduir l'eix (2) fins al fons, si fa falta, picar amb una massa, però mai directament a la peça, sempre posar un topall entre el martell i la peça.
- 5- Muntar el contrapès a la manovella (6) mitjançant els cargols (20) i fixar els posicionadors (18).
- 6- Col·locar la xaveta (9) a l'allotjament de l'eix (2) i introduir el conjunt de la manovella (6). Fixar el muntatge amb la volandera (7) i el cargol (21).

E.2 MUNTATGE EIX DE CONTROL REMOT

E.2.1 Llistat de components

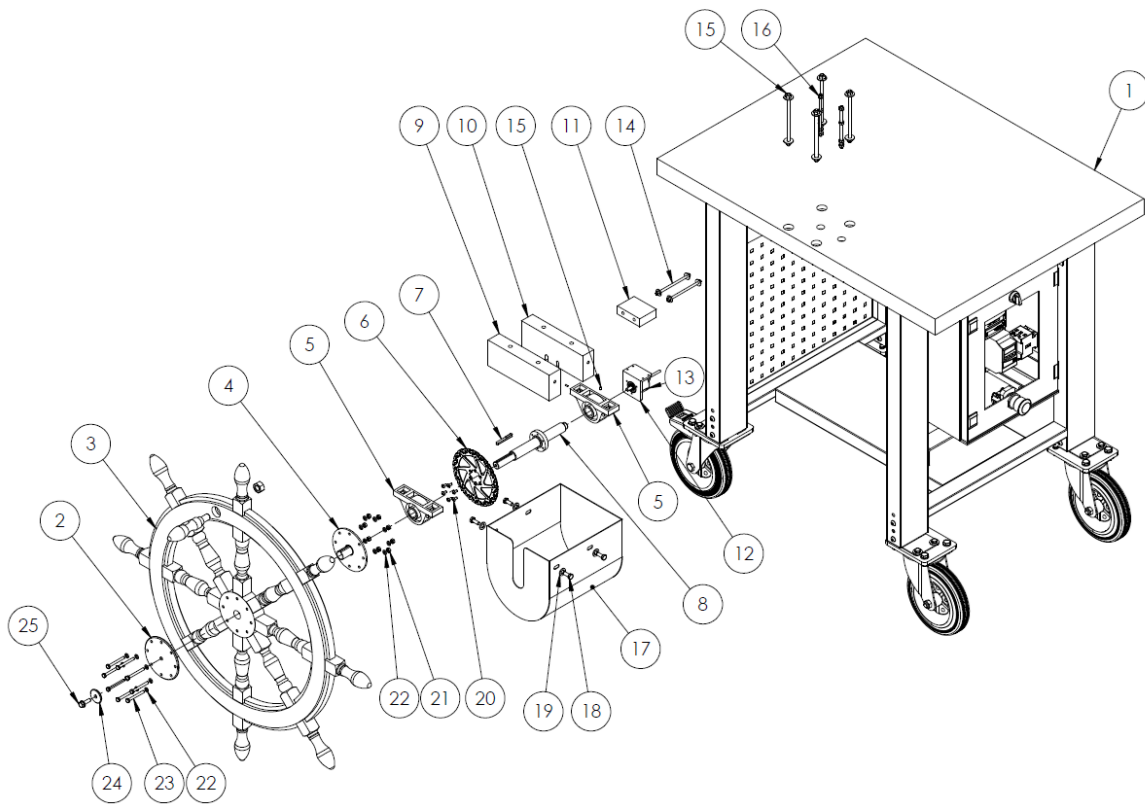


Figura 77: Vista explosionada del muntatge de l'eix de control

Taula 23: Llista de components de l'eix de control

Número	Descripció	Quantitat
1	Carretó bancada	1
2	Platina exterior del timó	1
3	Timó	1
4	Platina centradora eix-timó	1
5	Rodament NSK-RHP Ø25 mm	2
6	Plat de fre	1
7	Xaveta 10x6x56	1
8	Eix de control	1
9	Bloc suport del rodament davanter	1
10	Bloc suport del rodament posterior	1
11	Bloc suport de l'encoder	1

Número	Descripció	Quantitat
12	Suport de l'encoder	1
13	Encoder	1
14	Varilla roscada M6x120 + 2 Femelles + 2 Volanderes	2
15	Varilla roscada M8x160 + 2 Femelles + 2 Volanderes	4
16	Varilla roscada M6x130 + 4 Femelles + 4 Volanderes	2
17	Tapa de l'eix de control	1
18	Cargol M10x25 DIN-933	4
19	Volandera Ø10,5 mm	4
20	Cargol M5x10 DIN-7580	6
21	Femella M6 DIN-934	8
22	Volandera Ø6,4 mm	16
23	Cargol M6x55 DIN-933	8
24	Volandera de la manovella	1
25	Cargol M8x25 DIN-6921	1

E.2.2 Eines a utilitzar

Comprovar que es tenen les següents eines:

- Clau anglesa
- Clau fixa n°: 10, 13, 24
- Clau hexagonal allen de 8 mm
- Anell d'impacte i manguito per a muntatge de rodaments
- Martell de poliuretà

E.2.3 Procediment de muntatge

1- Muntar el disc de fre (6) mitjançant els cargols (20) a l'eix de control (8).

2- Introduir els rodaments (5) a l'eix de control (8) i comprovar que estan separats una distància de 120mm.

- 3- Unir l'encoder (1) amb el seu suport (12) i a continuació el bloc (11). Aquest conjunt es fixarà al bloc (10) mitjançant les dues varilles (14).
- 4- Presentar el conjunt de l'eix i el disc amb els rodaments en els blocs suport de rodaments (9) i (10) per fixar a la bancada (1) mitjançant les varilles (15).
- 5- Col·locar el fre amb les varilles (16) i ajustar la seva posició. Aquest pas pot ser més senzill si es tomba el carro (1) i es treballa amb la bancada girada.
- 6- Alinear els forats de la tapa (17) amb els dels blocs suport de rodaments (9) i (10) i fixar-la amb els cargols (18) i les volanderes (19).
- 7- Unir les platines (2) i (4) al timó (3) amb els cargols (23), volanderes (22) i femelles (21).
- 8- Col·locar la xaveta (7) a l'allotjament de l'eix (8) i inserir el conjunt del timó (3) preparat al pas anterior. Es pot utilitzar una massa, però mai picant directament al timó, sempre posar un gruix entre el timó i la massa. Fixar el timó amb la volandera (24) i el cargol (25).

E.3 INSTAL·LACIÓ DEL MECANISME AL CARRER

E.3.1 Llistat de components

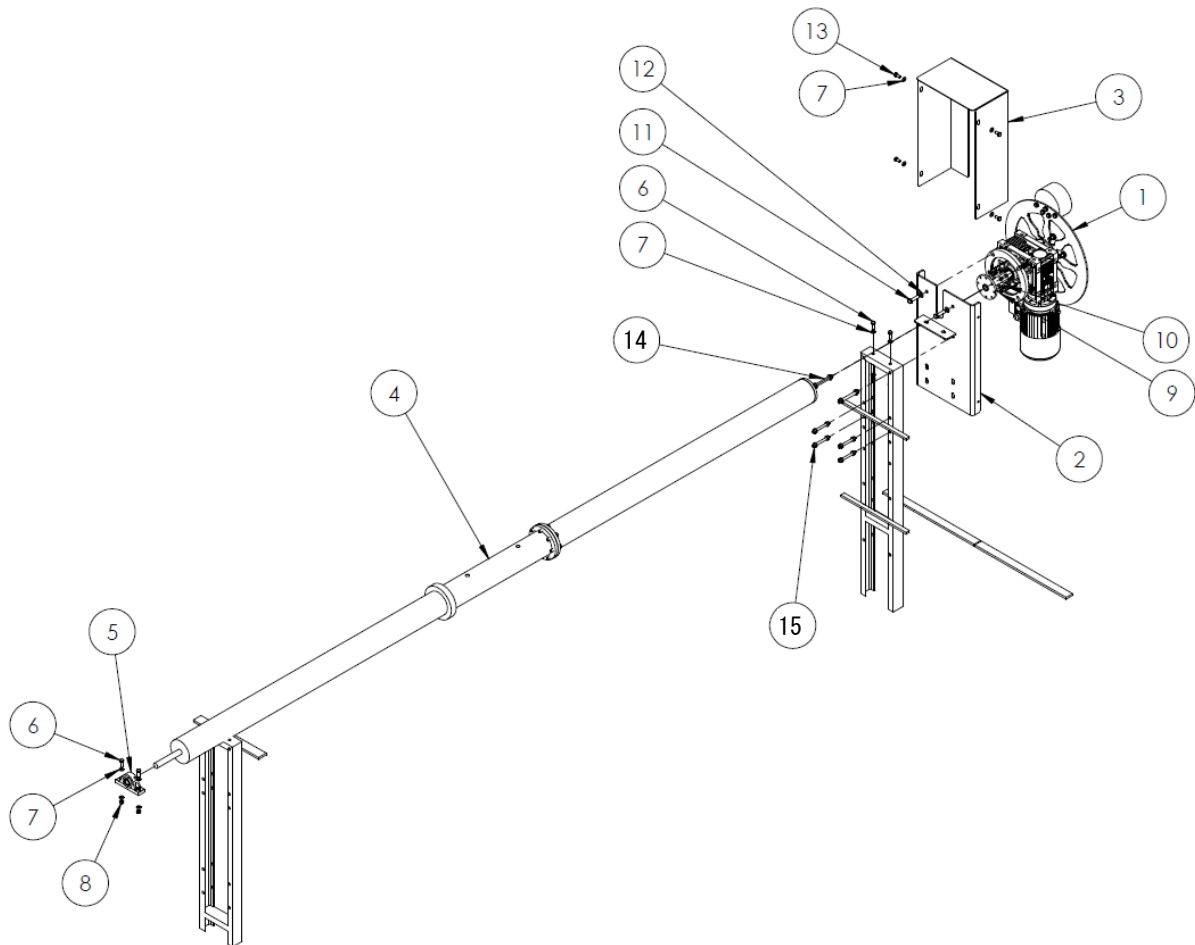


Figura 78: Vista explosionada del muntatge de la barra del Tarlà al carrer

Taula 24: Llistat de components del muntatge del mecanisme al carrer

Número	Descripció	Quantitat
1	Muntatge mecanisme motriu motor-reductor	1
2	Xapa suport del motor	1
3	Tapa del motor	1
4	Barra del Tarlà	1
5	Rodament NSK-RHP Ø25 mm	1
6	Cargol M10x30 DIN-933	4
7	Volandera Ø10,5 mm DIN-125	8

Número	Descripció	Quantitat
8	Femella M10 DIN-934	4
9	Volandera Ø8,4 mm DIN-125	8
10	Cargol M8x20 DIN-912	8
11	Cargol M12x50 DIN-933	2
12	Volandera Ø13 mm DIN-125	4
13	Cargol M10x20 DIN-933	4
14	Varilla roscada M12x120 + 2 Femelles + 2 Volanderes	2
15	Varilla roscada M10x100 + 2 Femelles + 2 Volanderes	4

E.3.2 Eines i maquinària a utilitzar

En aquest cas, a més de les eines utilitzades per fixar els components es necessitarà l'ús de de dos vehicles especials.

- Clau anglesa
- Clau fixa n°: 16, 18
- Clau allen de 6 mm
- Camió ploma
- Camió elevador

E.3.3 Procediment de muntatge

1- Fixar el la xapa suport del motor (2) al suport de la barana mitjançant els cargols (6) i les varilles (15)

2- Posicionar el la brida del reductor (1) en els forats de la xapa suport del motor (2). Els superiors amb els cargols (11) i els inferiors mitjançant les varilles (15).

3- Situar la tapa (3), alinear el colís amb l'eix del mecanisme motriu (1) i fixar-la amb els cargols corresponents.

4- Muntar el rodament (5) a l'extrem de la barra del Tarlà (4).

5- Amb l'ajuda del camió ploma, alinear la barra (4) amb l'eix d'acoblament a la barra del mecanisme motriu (1). Aquests tenen un centrador que permet anivellar la barra del Tarlà axialment amb el motor.

IMPORTANT: Comprovar que el contrapès de la manovella queda a 180° dels braços del Tarlà.

A continuació, cargolar els cargols (10) per fixar correctament el muntatge.

6- Comprovar que la barra està anivellada i fixar el rodament (5) al suport de la barana del balcó amb els cargols (6).

7- Per últim, mitjançant el camió elevador, penjar el ninot. Passar les varilles dels braços pels forats de la barra i fixar-les amb la contrafemella.

ANNEX F: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

F.1 INSTRUCCIONS IMPORTANTS DE SEGURETAT

- **ADVERTÈNCIA:** Seguir les instruccions acuradament per tal d'assegurar el correcte funcionament i allargar la durabilitat del mecanisme.
- **ADVERTÈNCIA:** Per evitar accidents no fer girar el Tarlà si el dia abans ha estat plovent. Cal assegurar-se que el ninot no estigui moll, i si fa falta, substituir-lo per un de sec.
- **ADVERTÈNCIA:** Frenar sempre les rodes del carro mòbil un cop arribat a lloc i abans de la posada en marxa.

F.2 INFORMACIÓ

- Al ser un mecanisme d'ús per a tots els públics, sempre hi ha d'haver una persona adulta supervisant l'accionament.
- Per a poder operar amb el mecanisme comprovar que es disposa d'escomesa elèctrica.
- La porta de l'armari elèctric ha d'estar sempre tancada i només es pot obrir per personal especialitzat, per a efectuar treballs elèctrics i/o de manteniment.
- Evitar les parades a meitat de cicle no justificades.
- En acabar la jornada és recomanable apagar el sistema mitjançant l'interruptor general en posició OFF abans de desconnectar l'endoll de l'alimentació elèctrica.

F.3 INSTRUCCIONS D'ÚS

F.3.1 Quadre de comandament

En el quadre elèctric hi ha ubicats els elements que permeten interactuar amb la màquina i gestionar les diverses funcions. A la i a la Taula 25 es poden veure els diferents elements i la seva funció.

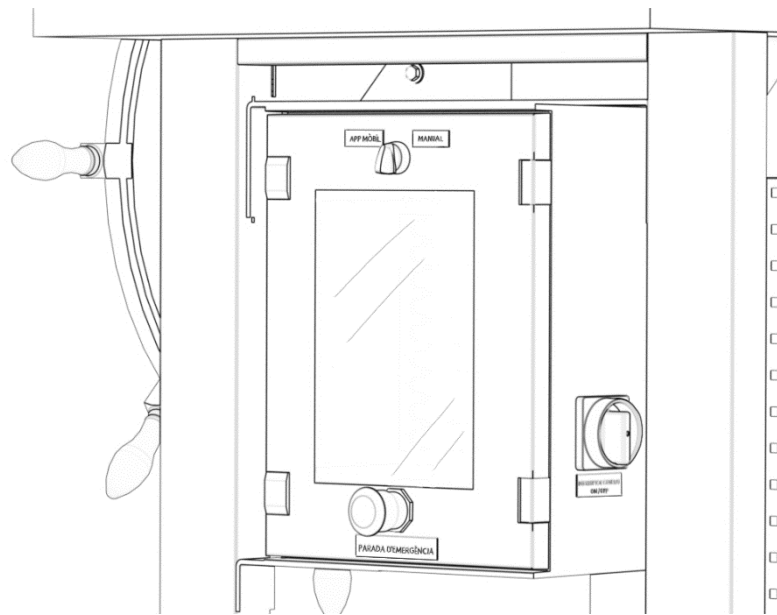


Figura 79: Quadre de comandaments

Taula 25: Quadre de comandaments

Element	Funció
Interruptor general ON / OFF	Encendre o apagar el corrent de la instal·lació elèctrica.
PARADA D'EMERGÈNCIA	En situació d'emergència, parar la màquina.
APP MÒBIL / MANUAL	Seleccionar el mode que es vol utilitzar, manual des del timó, o automàtic des de l'app mòbil.

F.3.2 Instruccions per a la posada en marxa

1. Frenar el carro mitjançant les dues rodes amb fre.
2. Connectar els endolls de color vermell, aquesta línia alimenta el motor.
3. Connectar els endolls blaus, aquesta línia és la d'alimentació a 230V.
4. Col·locar l'interruptor general en ON. Seguidament s'engegaran tots els components.
5. Comprovar que s'encén una pantalla de color verd amb el següent missatge:



6. Escollir el mode mitjançant l'interruptor selector en el que es vol utilitzar el sistema: Manual o App mòbil.

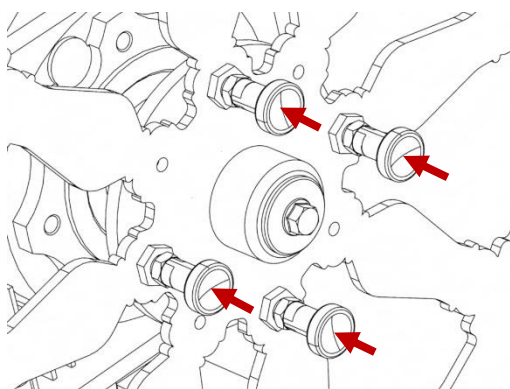
En qualsevol moment es pot prémer el polsador d'emergència i s'aturarà el funcionament de la màquina.

F.4 MODES D'UTILITZACIÓ

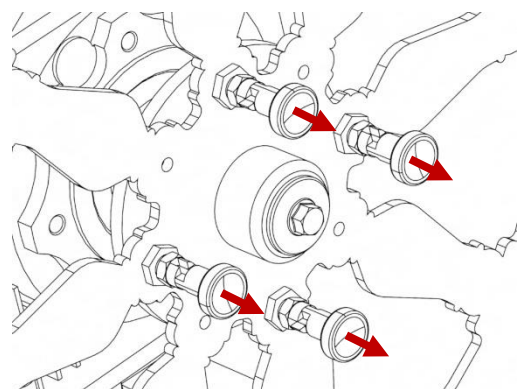
F.4.1 Mode manual des del balcó

És la forma d'accionar el Tarlà manualment, tal com es feia antigament, des del balcó. Amb aquest mode no és necessari l'electricitat, és a dir, està pensat pel cas que hi hagués algun problema a la xarxa i no arribés corrent en el mecanisme.

- DESACOBLAR els 4 posicionador de la manovella del balcó tal com es mostra a la Figura 80b.



(a) Posicionadors acoblats



(b) Posicionadors desacoblats

Figura 80: Posicionadors

F.4.2 Mode manual des del carrer

El Tarlà s'acciona des del timó situat a peu de carrer.

- ACOBLAR els 4 posicionadors tal com es mostra a la Figura 80a.
- Posar el selector en mode MANUAL.

F.4.3 Mode automàtic des del mòbil

Es poden controlar els moviments del Tarlà i fer-lo girar a través del telèfon mòbil.

- ACOBLAR els 4 posicionadors tal com es mostra a la Figura 80a.
- Posar el selector en mode APP MÒBIL.
- Des del mòbil compartir un punt d'accés Wi-Fi. Passat un instant, apareix que s'ha connectat un dispositiu.
- Obrir l'app del Tarlà.

L'app està programada a tres velocitats -ràpid, normal i lent- i tres cabrioles específiques.

El botó "Reiniciar" permet parar el motor.

IMPORTANT: Si s'ha premut una cabriola, s'ha d'esperar a que s'acabi de dur a terme. El sistema no rebrà més comandaments fins que no acabi la cabriola.

F.5 INSTRUCCIONS PER AL MANTENIMENT

F.5.1 Recomanacions generals

És aconsellable mantenir la instal·lació neta per al seu correcte funcionament, i realitzar periòdicament un control visual en elements de desgast o possibles anomalies dels components.

Quan es trasllada el carro hi ha vibracions i cops que poden afectar als components de dins el quadre elèctric. També pot ser que es debilitin algunes connexions dels cables. Examinar que tots els cables estiguin connectats i intentar passar per paviments al més llisos possibles.

F.5.2 Manteniment preventiu

Pel correcte funcionament es recomana revisar els diferents elements amb certa periodicitat per així evitar incidències

Taula 26: Condicions generals per el manteniment preventiu

Element a revisar	Acció recomanada	Freqüència
Sensors	Revisar que l'encoder i el mòdul Wi-Fi funcionen correctament	Anual
Motor	Revisar que les connexions internes estiguin bé i el motor funciona correctament	Anual
Variador de freqüències	Revisar que el variador funciona correctament	Anual
PLC	Revisar que es reben les entrades i sortides correctament	Anual
Fre	Revisar que l'ajust de la molla és l'òptima per tal que el fre actui correctament.	Setmanal
Pastilles de fre	Revisar si les pastilles estan gastades.	Anual
Sistema d'emergència	Revisar que el polsador d'emergència funciona correctament	Anual