

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol:

Màquina d'entrenament per al futbol

Document: Memòria i Annexos

Alumne: Jordi Christian Tempelaar Sánchez

Tutor: Dr. Lluís Ripoll Masferrer

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria (mes/any) Setembre 2019

ÍNDIX

MEMÒRIA.....	5
1. INTRODUCCIÓ.....	5
1.1. Antecedents	5
1.2. Objecte	5
1.3. Especificacions i abast.....	6
1.3.1. Especificacions.....	6
1.3.2. Abast.....	6
2. DESCRIPCIÓ DE LA MÀQUINA	7
2.1. Descripció general.....	7
2.2. Moviments	8
3. PARTS PRINCIPALS.....	11
3.1. Sistema de llançament	11
3.1.1. Sistema d'impulsió	12
3.2. Sistema d'alimentació mòbil.....	13
3.3. Sistema d'alimentació fix	14
3.4. Bancada i sistema motriu	14
4. COMPONENTS.....	15
4.1. Motors.....	15
4.2. Sistema de fre.....	16
4.3. Sistema de control.....	16
4.4. Sistema de posicionament	17
4.5. Sistemes de seguretat	17
4.6. Autonomia.....	19
5. CIRCUIT ELÈCTRIC DE POTÈNCIA I DE CONTROL	19
6. SUBCONTRACTACIÓ DE PROJECTE	19
7. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES.....	19
8. RESUM DE PRESSUPOST.....	20
9. CONCLUSIONS	20
10. RELACIÓ DE DOCUMENTS	20
ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES.....	22

A.1. Motor DOGA 162.4101.20.00	22
A.2. Motor GW4058-13.....	23
A.3. Motor ATO 600W	24
A.4. Motor ATO 200W	25
A.5. Motor ATO 750 W	26
A.6. Servomotor 23HS7628	28
A.7. Motor Bosch CHP	29
A.8. Bateries EVX12520	30
A.9. Corona giratòria PRT-01-30-TO-ST I PRT-01-100-AT10.....	31
A.10. Controlador MDDS30.....	32
A.11. Fre (Manual release power-off brakes)	33
A.12. Rodament 6002-2Z.....	34
A.13. Rodament UCP205	35
A.14. Sensor d'ultrasons.....	36
A.15. Sensor barrera infraroja.....	36
A.16. Fi de cursa	37
A.17. Controlador ATOTH-G	38
ANNEX B: CÀLCULS.....	41
B.1. Càlcul de la variació de l'energia cinètica de la pilota al moment del llançament	41
B.2. Càlcul de la potència dels motors d'impulsió	42
B.3. Càlcul radi de la roda i compressió de la pilota.....	43
B.4. Càlcul de l'eix del sistema d'impulsió.....	45
B.5. Càlcul de potència del motor d'inclinació.....	46
B.6. Càlcul de potència del motor giratori	48
B.7. Càlcul de potència del motor motriu	49
B.8. Càlcul reaccions sobre les rodes durant el llançament.....	51
B.9. Càlcul corretja motriu	52
B.10. Càlcul del fre.....	53
B.11. Càlcul retrocés després d'un llançament.....	54
B.12. Càlcul de la potència del motor del cargol de potència.....	55
B.13. Càlcul bateries	56
B.14. Càlcul rodament 6002-2Z del sistema d'impulsió.....	57

B.15. Càlcul rodament UCP205 de la bancada	58
B.16. Càlcul eix de les rodes del davant	59
B.17. Càlcul Ansys de l'eix de les rodes del davant	60
B.18 Càlcul Ansys de l'eix de les rodes del darrera	64
B.19. Càlcul Ansys del sistema de llançament i d'alimentació mòbil.....	68
B.19.1. Primer cas.....	71
B.19.2. Segon cas.....	73
A.20. Càlcul Ansys dels braços del sistema d'alimentació fix.....	74
ANNEX C: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT	79
C.1. Manual d'usuari	79
C.1.1. Funcionament i manipulació.....	79
C.1.2. Precaucions	80
C.2. Manteniment	80
ANNEX D: SUBCONTRACTACIÓ	82
D.1. Subcontractació de la programació de la màquina	82
1. Antecedents	82
2. Objecte del projecte.....	82
3. Especificacions i abast.....	82
3.1. Especificacions de la petició.....	82
3.2. Abast.....	82

MEMÒRIA

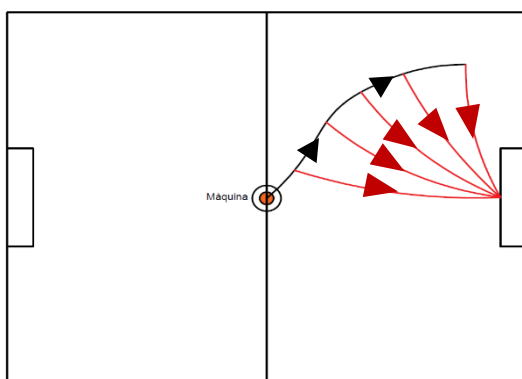
1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

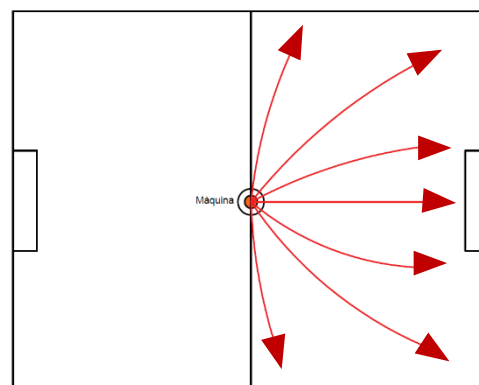
Es vol ajudar als jugadors d'un equip de futbol a que millorin aspectes bàsics del futbol, com per exemple, el control a l'hora de rebre la pilota i el remat amb el cap. Per tant aniria bé que tinguessin una màquina que fos capaç de fer llançaments variats i controlats per tal de millorar en l'àmbit necessari. Aquests llançaments principalment serien tirs parabòlics encara que també es requeriran llançaments rectes.

1.2. Objecte

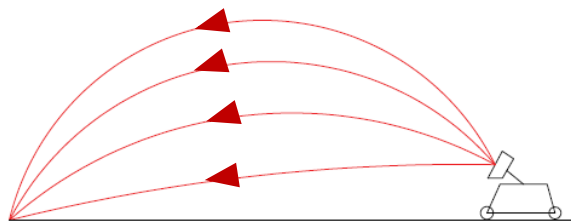
Es farà el disseny d'una màquina capaç d'efectuar diferents tipus de llançaments i de desplaçar-se autònomament amb bastanta precisió pel camp per tal de que l'entrenament pugui ser mòbil i no estàtic. Ja que la màquina haurà de fer llançaments des del corner és necessari que els pugui fer a una distància de fins a 40 metres.



*Imatge 1. Tipus d'entrenament de la màquina.
(Línia negra = desplaçament màquina, Línia vermella = Llançaments)*



Imatge 2. Tipus d'entrenament de la màquina.



Imatge 4. Tipus de llançaments.



Imatge 3. Representació llançament.

1.3. Especificacions i abast

1.3.1. Especificacions

Tema	O/D	Descripció
Funció	Obligatori	Capaç de fer llançaments variats
Funció	Obligatori	Llançaments de fins a 40 metres de distància
Moviment	Obligatori	Ser capaç de moure's autònomament pel camp
Seguretat	Obligatori	La màquina sigui segura d'utilitzar en presència de nens
Autonomia	Desitjable	Tingui dues hores d'autonomia com a mínim
Manteniment	Desitjable	Manteniment mínim amb revisions puntuals
Velocitat màquina	Desitjable	Velocitat màxima de la màquina de 20 km/h
Interval entre llançaments	Desitjable	L'interval entre llançaments d'un segon
Angle de llançament respecte el terra	Desitjable	L'angle de llançament respecte el terra haurà de ser d'entre 0 i 70 graus.
Velocitat de llançament	Obligatori	La velocitat de llançament ha de superar els 100km/h.

Taula 1. Especificacions

1.3.2. Abast

Es lliuraran els documents necessaris per la fabricació i muntatge de la màquina juntament amb el full de manteniment, la posada a punt i les instruccions d'us.

2. DESCRIPCIÓ DE LA MÀQUINA

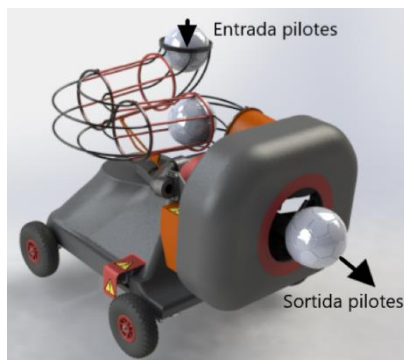
2.1. Descripció general

La màquina està dissenyada en quatre subconjunts. El primer subconjunt és el sistema de llançament, el qual és l'encarregat d'accelerar les pilotes a la velocitat desitjada.

El segon subconjunt és el sistema d'alimentació mòbil, és el que alimenta de pilotes al sistema de llançament amb l'interval de temps configurat i és el que genera la inclinació necessària respecte el terra per fer llançaments parabòlics.

El tercer subconjunt és el sistema d'alimentació fix, aquest s'encarrega d'emmagatzemar les pilotes pel seu posterior llançament i funciona com a barrera per les pilotes per tal de que no entrin a dins del sistema d'alimentació mòbil sense control, evitant possibles encallaments. A part d'aquestes funcions, també fa girar el sistema de llançament i el sistema d'alimentació mòbil respecte l'eix vertical.

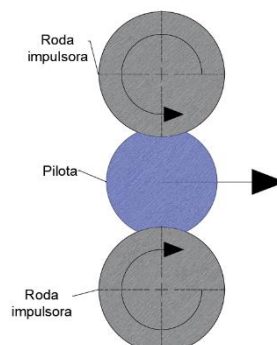
L'últim subconjunt és la bancada i sistema motriu, el qual és l'encarregat de fer avançar i girar la màquina. També transporta gaire bé tots els components necessaris per tal de fer-la funcionar, com ara, les bateries, el sistema de control, el sistema de posicionament i gran part dels sistemes de seguretat. En les imatges següents o en el plànol 0.00 és poden veure els quatre subconjunts.



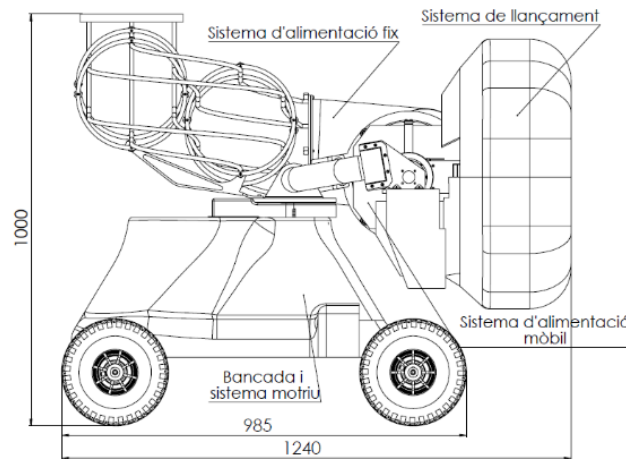
Imatge 5. Renderitzat màquina.



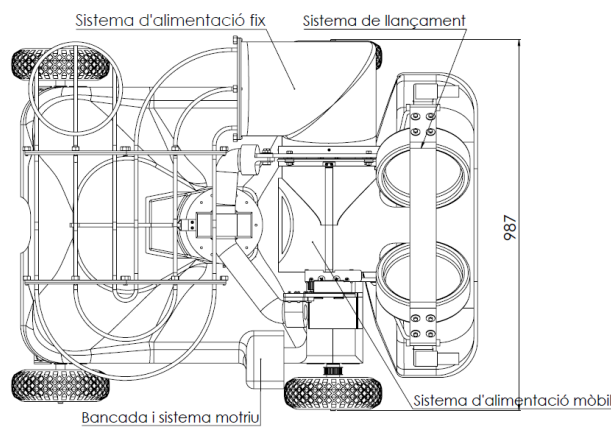
Imatge 6. Renderitzat màquina



Imatge 7. Mètode de llançament.



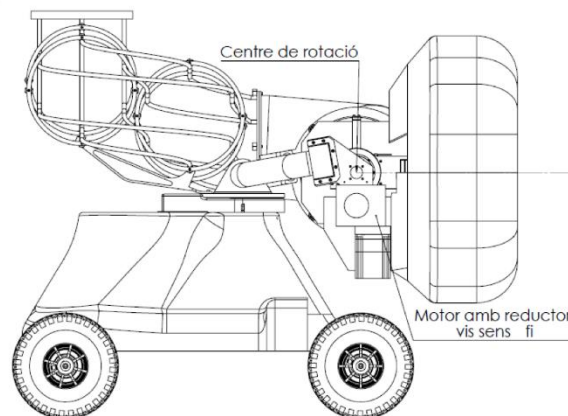
Imatge 8. Dimensions lateral (Font: Plànol 0.01)



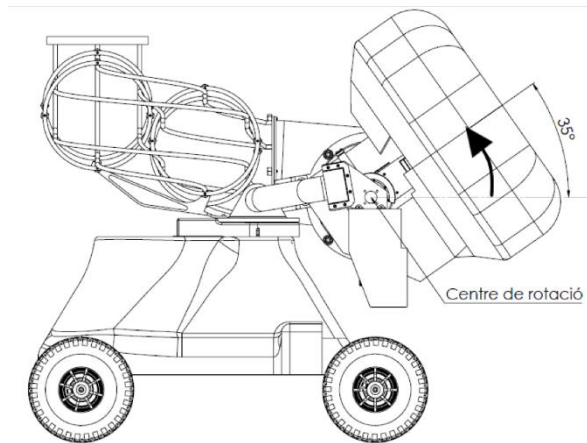
Imatge 9. Dimensions planta.

2.2. Moviments

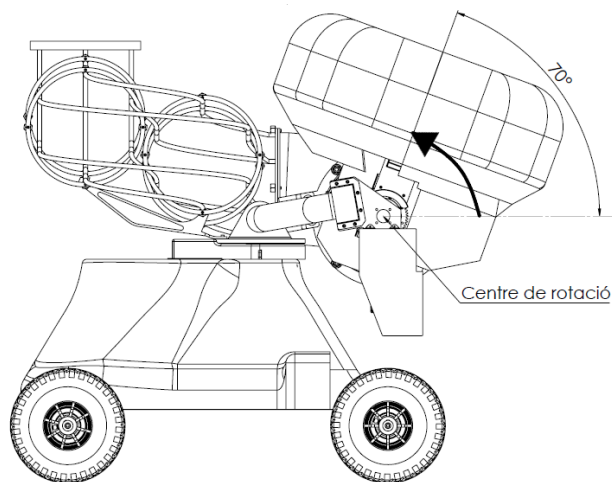
La solució dissenyada consta de tres moviments principals, el primer és la inclinació del sistema de llançament i del sistema d'alimentació mòbil respecte el pla del terra. Aquesta inclinació consta d'un rang d'entre 0 i 70 graus. En la imatge 10, 11 i 12 es pot veure el moviment.



Imatge 10. Inclinació 0 graus.

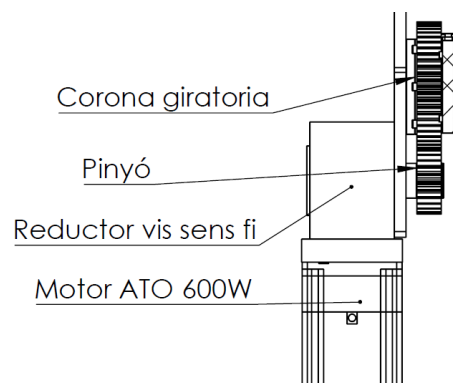


Imatge 11. Inclinació 35 graus.



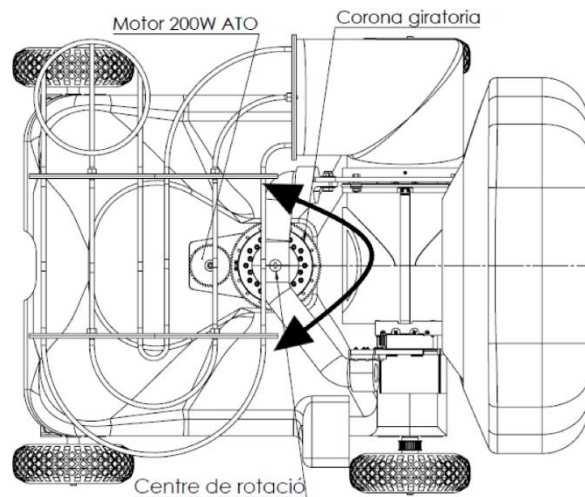
Imatge 12. Inclinació 70 graus.

Aquest moviment es pot fer gràcies al motor que juntament amb un vis sense fi engranen amb una corona giratòria la qual ho fa possible, en la imatge 10 es pot veure el motor amb el reductor i la corona giratòria a dins de la màquina i en la imatge 13 es pot veure amb més detall el conjunt. El vis sense fi amb la seva característica d'autoblocatge evita que el sistema giri quan el motor està parat.

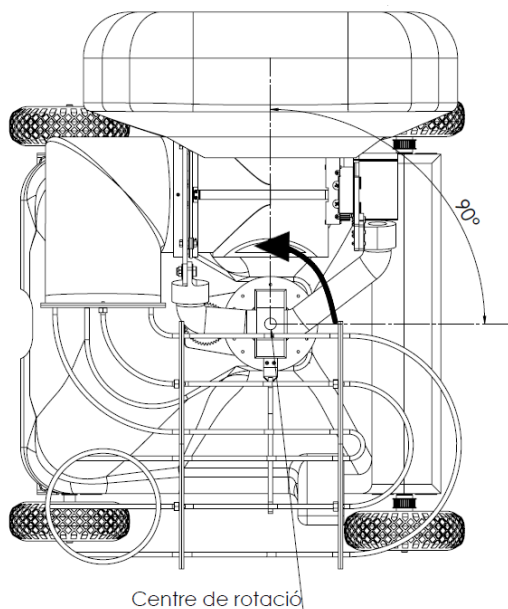


Imatge 13. Motor, reductor, pinyó i corona giratòria.

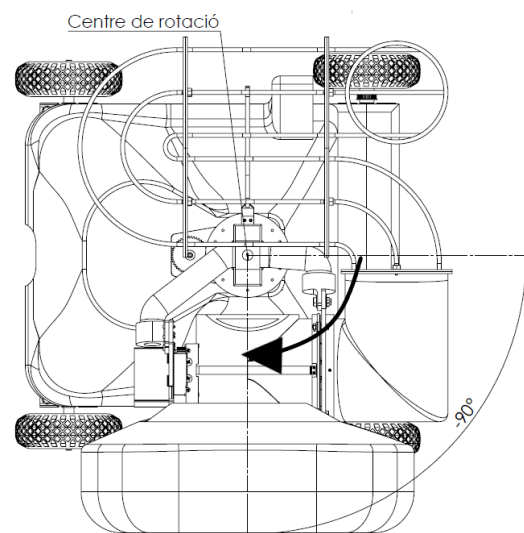
El segon moviment és el que fa gira els dos sistemes d'alimentació i el de llançament respecte l'eix vertical de la màquina, aquest moviment evita que es tinguin que fer girs addicionals per posicionar-se correctament a l'hora de fer el llançament. El rang del moviment es troba entre 90 i -90 graus suposant que el grau 0 és quan està alineat amb les rodes. Al igual que en el primer moviment el motor està engranat amb un vis sens fi, el qual evita que el sistema giri quan el motor està parat. En les imatges 14, 15, 16 es poden observar els diferents angles i el sistema motriu d'aquest moviment es pot veure en el plànol 4.06.



Imatge 14. Alineat amb rodes (0 graus).



Imatge 16. Gir 90 graus.



Imatge 15. Gir -90 graus.

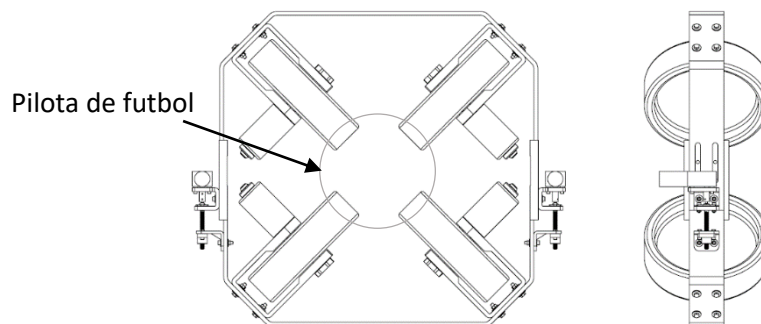
El tercer moviment li correspon al sistema motriu, el qual és el responsable de fer avançar o retrocedir la màquina, la transmissió de potència es farà a partir d'una corretja (Càlcul B.9). Per girar la màquina, es farà servir els mateixos motors ja que el motor que es trobi en el sentit del gir baixarà les seves revolucions i la diferència de velocitats angulars entre les dues rodes motrius farà girar la màquina.

3. PARTS PRINCIPALS

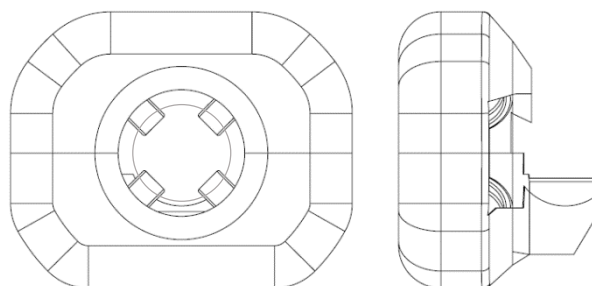
3.1. Sistema de llançament

El sistema de llançament és una de les parts més important de la màquina juntament amb la bancada i sistema motriu, aquesta és l'encarregada d'accelerar la pilota d'un estat de quasi repòs fins la velocitat desitjada. El subconjunt es troba recolzat sobre el sistema d'alimentació mòbil.

En les imatges 17 i 18 o en el plànol 1.00 es pot veure el sistema.



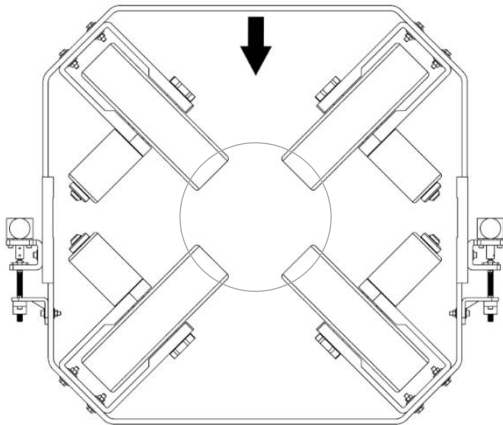
Imatge 17. Sistema de llançament sense tapes de protecció.



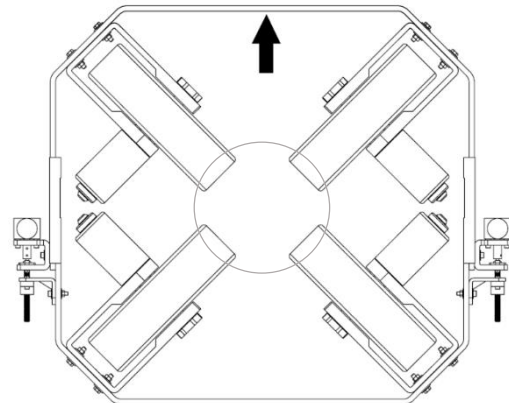
Imatge 18. Sistema de llançament amb tapes de protecció.

Les quatre rodes permeten un control més ampli del tipus de llançament, a més a més, en cas de que un o dos dels quatre motors no funcionés correctament la màquina podria seguir funcionant.

Per tal d'ajustar la màquina a les diferents mides de pilotes s'ha optat per fer el xassís superior desplaçable això fa que les dues rodes impulsores superiors s'ajuntin amb les de baix. Aquest moviment és possible gràcies als dos cargols de potència que hi ha als laterals accionats pels seus corresponents motors. El màxim desplaçament vertical que pot fer és de 30 mm, això permet utilitzar qualsevol mida de pilota. En les imatges 19 i 20 està demostrat el desplaçament vertical.



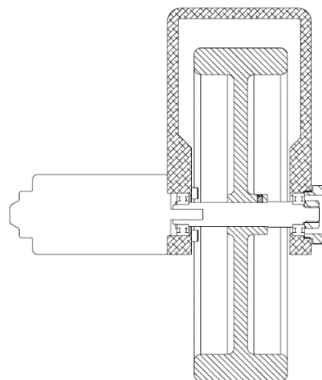
Imatge 20. Sistema de llançament per pilotes de futbol mida 7.



Imatge 19. Sistema de llançament per pilotes de futbol sala.

3.1.1. Sistema d'impulsió

El sistema d'impulsió és el subconjunt que es l'encarregat de passar l'energia necessària a la pilota a l'hora de efectuar un llançament. Al sistema de llançament hi ha quatre sistemes d'impulsió col·locats 90 graus de separació entre ells. Els càlculs de l'energia es poden trobar en l'apartat B.1 de l'annex de càlculs.

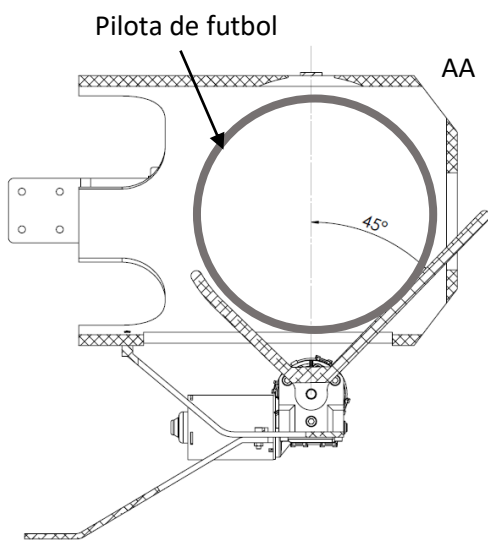


Imatge 21. Sistema d'impulsió.

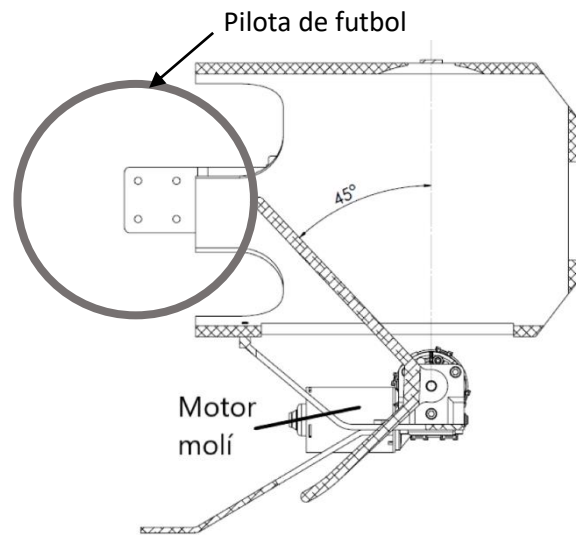
3.2. Sistema d'alimentació mòbil

El sistema d'alimentació mòbil és el subconjunt que s'encarrega d'inclinar i alimentar de pilotes el sistema de llançament. Per inclinar, com s'ha descrit anteriorment en l'apartat 2.2, el sistema utilitza una corona giratòria i un motor col·locat en el sistema d'alimentació fix el qual quedarà amb la inclinació fixa quan el motor es pari gràcies al reductor vis sens fi. Al plànol 2.00 es pot veure tot el subconjunt.

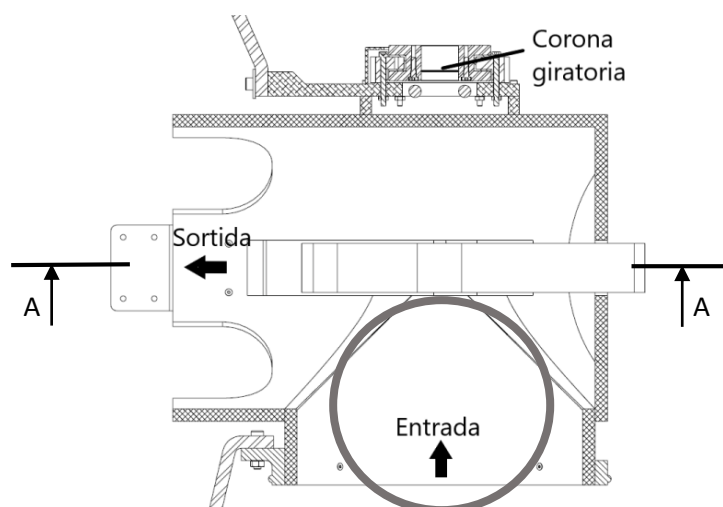
Per alimentar de pilotes el sistema de llançament utilitza un tipus de molí amb forma de V però que només gira 90, aquest molí acompanyarà a la pilota fins el sistema de llançament i tornarà a la posició inicial. El molí té forma de V perquè així evitem que les pilotes es desplacin per error al sistema de llançament i acabin essent llançades. A continuació es pot veure el sistema descrit.



Imatge 23. Recorregut molí mòbil V. Vista frontal.



Imatge 22. Recorregut molí mòbil V. Vista frontal.



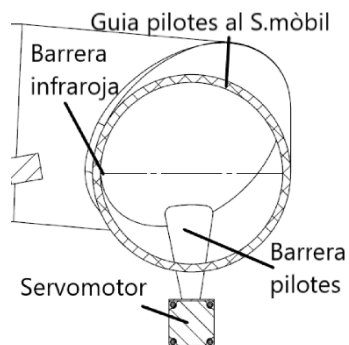
Imatge 24. Recorregut pilota.
Vista planta.

3.3. Sistema d'alimentació fix

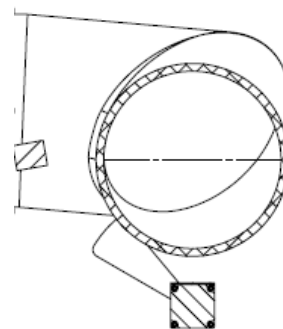
El sistema d'alimentació fix, com s'ha descrit anteriorment, es l'encarregada de guardar les pilotes pel seu posterior us, evitar de que les pilotes entrin al sistema d'alimentació mòbil sense control, subjectar el sistema d'alimentació mòbil i de llançament, i fer-los girar respecte l'eix vertical. Al plànol 3.00 es pot veure tot el subconjunt.

El màxim nombre de pilotes que pot emmagatzemar el sistema són 10 pilotes, el qual són suficients per fer un tanda seguida de llançaments i no quedar-se sense.

El control que evita que les pilotes entrin al sistema d'alimentació mòbil està format pels següents components, un servomotor, una barrera per pilotes i un sensor barrera infraroja. La barrera per pilotes anirà collada a l'eix del servomotor. Cada cop que el sensor detecti que hi ha una pilota preparada per passar al sistema mòbil i en aquesta no hi hagi una pilota, girarà els graus que trobi necessari perquè la pilota passi. Quan no detecti cap pilota durant un llarg període de temps es mantindrà en la posició inicial i detindrà tots el mecanismes que venen a continuació, ja que significarà que no queden pilotes per llançar per tant no té sentit que les rodes impulsores i el molí mòbil estiguin en funcionament.



Imatge 25. Barrera pilotes posició tancat.

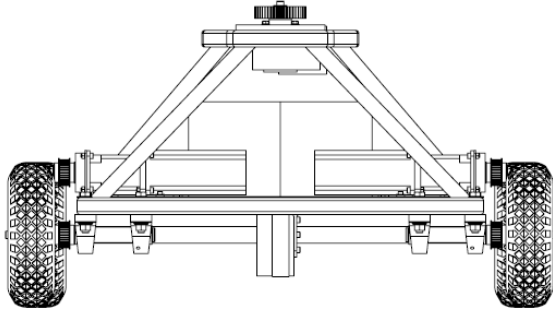


Imatge 26. Barrera pilotes posició obert.

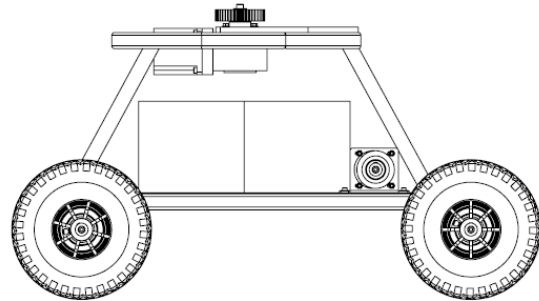
3.4. Bancada i sistema motriu

La bancada i sistema motriu és l'altre subconjunt més important de la màquina, ja que com s'ha descrit anteriorment, és el que conté tot el sistema de control, les bateries i el sistema motriu. Es el subconjunt que s'encarrega de desplaçar tota la màquina i d'aguantar el pes dels altres subconjunts. A més a més, evita que a l'hora de fer un llançament s'aixequin les rodes ja que gràcies al seu pes aconsegueix rebaixar molt el centre de gravetat del conjunt mantenint-lo fixe al terra (Plànol 0.01). Com a extra de tenir el centre de gravetat baix, ens permet augmentar l'acceleració de la màquina. En el disseny d'aquesta màquina s'ha preferit no fer-ho ja que al no

tenir la necessitat de tenir una acceleració elevada s'ha preferit mantenir una acceleració de 1 m/s^2 i reduir la potència necessària dels motors motrius (Càlcul B.7) aconseguint una major autonomia.



Imatge 28. Vista frontal de la bancada. (Plànol 4.00)



Imatge 27. Vista lateral bancada. (Plànol 4.00)

4. COMPONENTS

4.1. Motors

En total la màquina disposa de 7 motors diferents:

- Motors del sistema motriu: S'encarreguen del desplaçament de la màquina, són motors de corrent continua de 750 W acoblat a un reductor planetari 7:1 (Plànol 4.05).
- Motor de gir de l'eix vertical: És el que s'encarrega de fer girar, respecte l'eix vertical, el dos sistemes d'alimentació i el de llançament. És un motor de corrent continua de 200 W acoblat a un reductor vis sens fi amb una reducció de 40:1 (Plànol 4.06).
- Servomotor del sistema d'alimentació fix: S'encarrega de deixar passar pilotes al sistema d'alimentació mòbil. És un servomotor NEMA 23.
- Motor d'inclinació: S'encarrega d'inclinar el sistema de llançament per tal aconseguir tirs parabòlics. És un motor de corrent continua de 600 W acoblat a un reductor vis sens fi de amb una reducció de 15:1.
- Motor alimentació pilotes al sistema de llançament: És l'encarregat d'alimentar les pilotes al sistema de llançament i és un motor de corrent continua de 35W.
- Motor sistema d'impulsió: És l'encarregat d'accelerar la roda impulsora a la velocitat adequada, hi ha 4 motors idèntics en el sistema. És un motor de corrent continua de 72,5 W.

- Motor per ajustat de pilotes: És l'encarregat de pujar/baixar el xassís superior del sistema de llançament per tal d'adaptar la màquina per llançar diferents mides de pilotes. Hi ha dos motors iguals i són motors de corrent continua de 2,4 W.

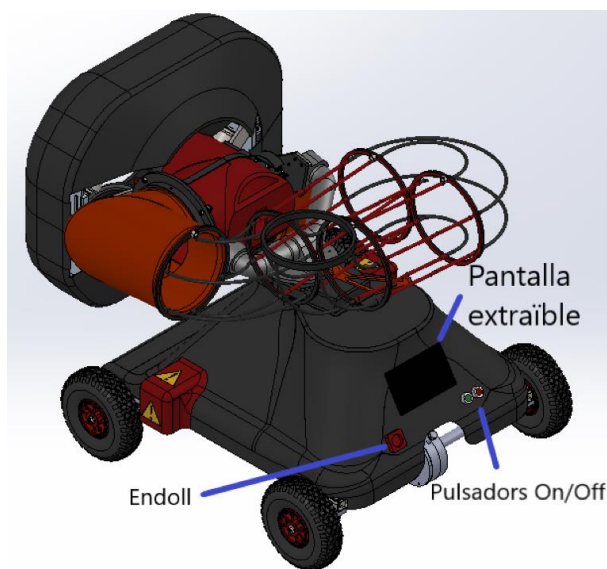
4.2. Sistema de fre

El sistema de fre de la màquina consisteix en un fre anomenat "Manual release power-off brakes" col·locat a les rodes del darrera. Aquest tipus de fre funciona amb electricitat, en el qual, quan no passa corrent el fre està activat i quan hi passa corrent el fre es desactiva. Això ens permet per una banda estalviar càrrega de bateria ja que només farà falta còrnors quan la màquina es desplaçi (Càlcul B.13) i per l'altre banda si apareix un problema en el sistema elèctric o no es fa servir la màquina aquesta quedarà immòbil.

A més a més, el fre porta una maneta amb la qual es podrà activar o desactivar el fre quan l'usuari desitgi.

4.3. Sistema de control

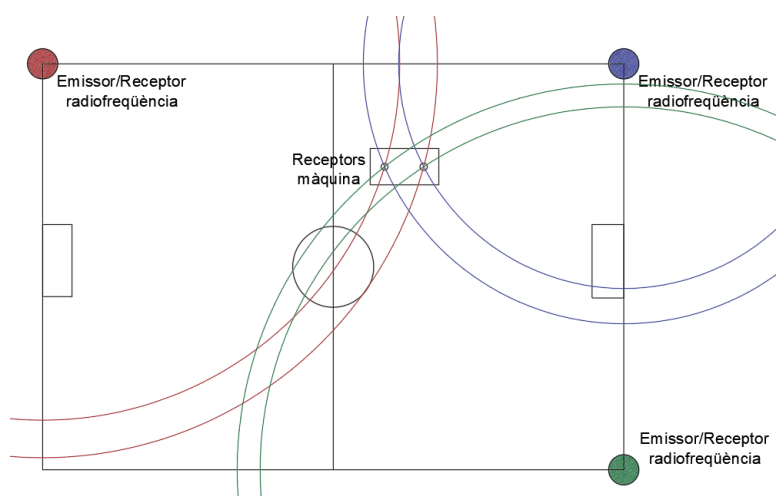
Per tal d'introduir els paràmetres desitjats es farà servir una pantalla tàctil LCD extraïble que permetrà controlar la màquina des d'una distància segura, la pantalla serà de 7 polzades i tindrà una interfície de fàcil enteniment per tal de que els nens puguin fer anar la màquina sense cap problema. El "cervell" de la màquina serà un PLC amb base de Raspberry Pi el qual per una banda gestionarà totes les entrades de senyals dels sensors i per l'altre banda amb les senyals proporcionades pels sensor gestionarà els controladors dels motors i del servomotor.



Imatge 29. Pantalla extraïble, pulsadors On/Off i endoll.

4.4. Sistema de posicionament

Per tal de desplaçar correctament la màquina pel camps de futbol s'utilitzarà un sistema anomenat LPS (Local Positioning System) que funcionarà per radiofreqüència. Aquest sistema permet triangular la posició de la màquina amb molta precisió a dins del camp. Per tal de fer-ho necessita com a mínim tres emissors de radiofreqüències que emetin una senyal de radiofreqüència regularment, és necessari que aquests es col·loquin als cantons del camp per així ser capaç de calcular la longitud i amplada del camp. Per tal de saber en quina direcció es troba la màquina, aquesta comptarà amb dos d'aquests sistemes amb el qual podrà saber a on està encarada la màquina. En la següent es pot veure la distribució i el funcionament d'aquest sistema.



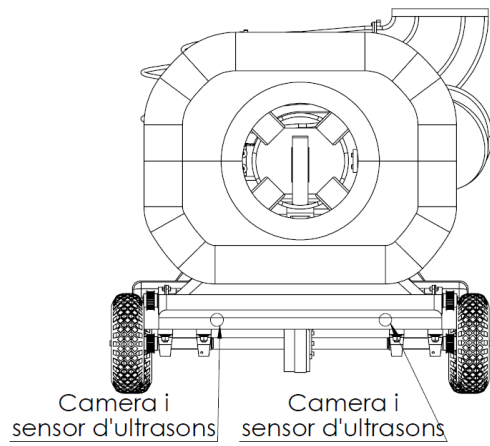
Imatge 30. Sistema de posicionament. Els arcs són les senyals dels emissors/receptors.

4.5. Sistemes de seguretat

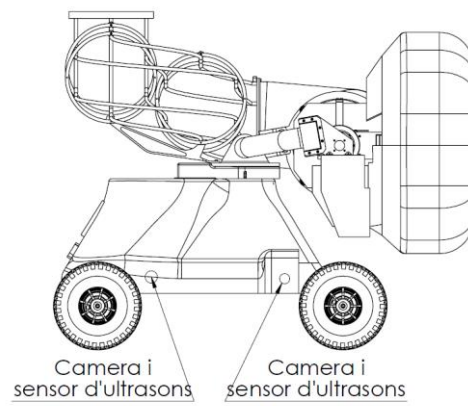
La màquina estarà equipada amb tres sensors de seguretat: Sensors d'ultrasons, finals de cursa i petites càmeres.

Els sensors d'ultrasons i les petites càmeres detectaran qualsevol objecte que es trobi dins d'un radi de mig metre de la màquina, el qual si hi ha algun objecte o persona a dins d'aquest radi la màquina no girarà respecte l'eix vertical ja que podria ocasionar lesions si s'originés un xoc. Aquests sensors estaran posicionats en els punts mostrats en les imatges 31 i 32 (Els sensors estaran col·locats al mateix lloc a l'altre costat de la màquina).

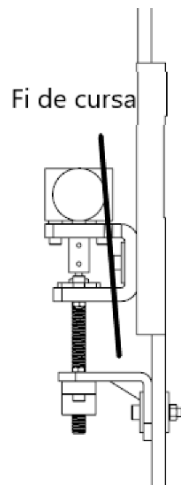
Els finals de cursa s'utilitzaran per tal d'evitar problemes a dins la màquina en si. Aquests finals de cursa enviaran una senyal al sistema de control avisant de que el motor corresponent ha arribat al seu límit de gir. En la imatge 33, 34 i 35 es poden veure les localitzacions a on anirien els finals de cursa.



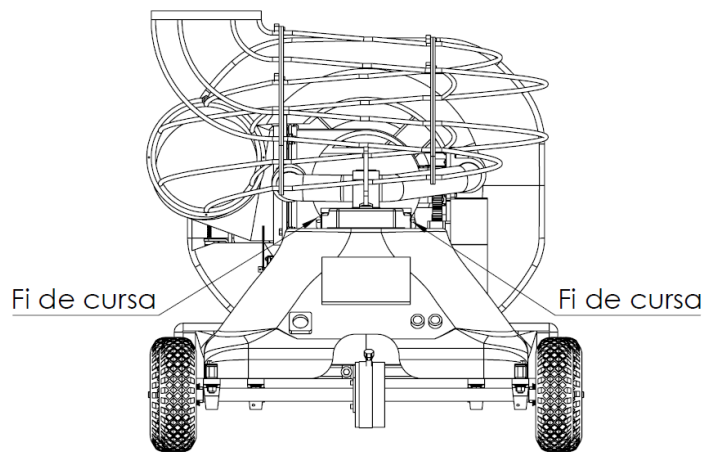
Imatge 32. Posició sensors frontal i darrera.



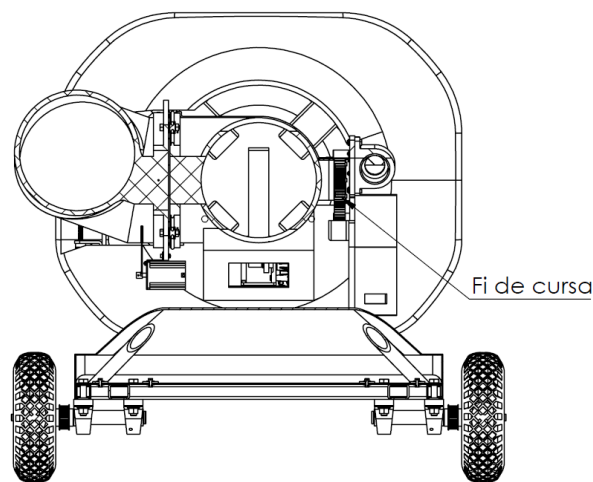
Imatge 31. Posició sensors laterals.



Imatge 33. Fi de cursa en ajustatge pilota.



Imatge 34. Fi de cursa pel gir sobre l'eix vertical.



Imatge 35. Fi de cursa motor inclinació.

4.6. Autonomia

S'ha optat per posar bateries a la màquina ja que al desplaçar-se autònomament s'ha trobat una mala idea de que anés amb un cable d'alimentació al darrera, provocant possibles accidents. Per tant, les bateries implantades són capaces de fer funcionar la màquina durant aproximadament 2,8 hores (Càlcul B.13), encara que si es desitja es pot connectar la bateria a la corrent mentre s'està utilitzant per tal de no gastar càrrega. Però com a conseqüència es desactivarà la funció de desplaçar-se, per tornar a tenir aquesta funció s'haurà de desconnectar la màquina de la corrent.

5. CIRCUIT ELÈCTRIC DE POTENCIA I DE CONTROL

La màquina constarà de dos circuits elèctrics, el primer serà el circuit elèctric de potència que vindria a ser el circuit que va de la bateria als controladors del motors i al PLC. Pels seus cables passarà un voltatge de 24 V, el circuit està al plànol 5.00.

L'altre circuit serà el circuit elèctric de control, que servirà per alimentar tots els components electrònics afegits per controlar la màquina.

6. SUBCONTRACTACIÓ DE PROJECTE

Per tal de portar a fi tot el control de la màquina, es subcontractarà la part de programació dels components de control de la màquina.

7. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES

- Dimensions:
 - Alçada: 1000 mm.
 - Amplada: 967 mm.
 - Llargada: 1239 mm.
- No hi ha necessitat d'endollar la màquina gràcies a les bateries col·locades a la bancada.
- Emmagatzematge d'unes 10 pilotes de futbol.
- S'ha intentat minimitzar al màxim els accidents que es poden ocasionar per culpa de la màquina.
- Gran variació de llançaments estàticament o dinàmicament.

8. RESUM DE PRESSUPOST

S'estima que el pressupost de fabricació de la màquina serà d'aproximadament NOU MIL SETANTA-CINC EUROS (9.075 €) amb IVA inclòs i un 5% de la suma en imprevistos.

9. CONCLUSIONS

En general s'ha aconseguit una solució satisfactòria que compleix tots els requeriments especificats. Encara que hi ha algun detall, com per exemple, la optimització de les peces dissenyades, ja que els valors dels coeficients de seguretat són una mica elevats i així es reduirien els costos.

10. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El projecte consta dels següents documents:

Document nº1: Memòria i Annexos

Memòria

Annex A: Descripcions tècniques

Annex B: Càlculs

Annex C: Manual d'usuari i manteniment

Annex D: Subcontractació

Document nº2: Plànols

Document nº3: Plec de Condicions

Document nº4: Estat d'Amidaments

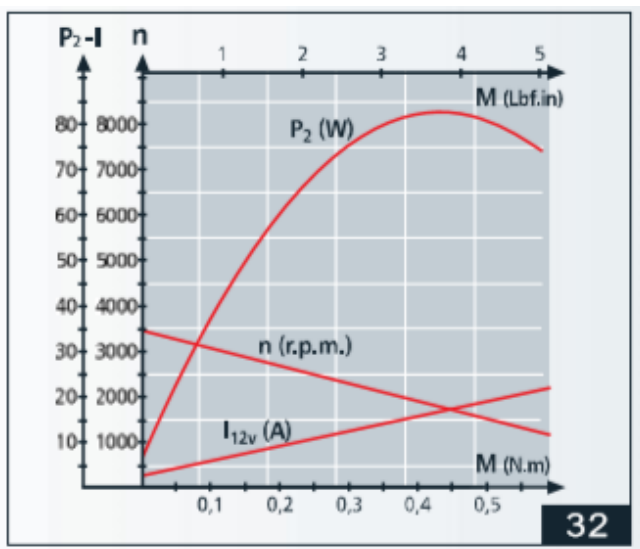
Document nº5: Pressupost

ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

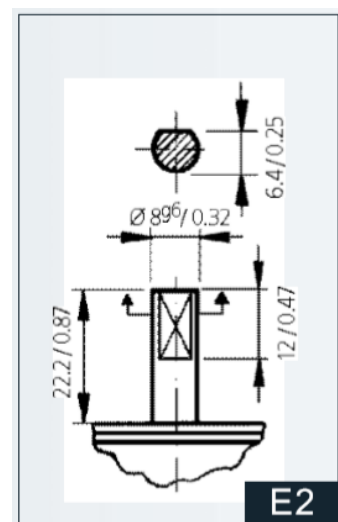
ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

A.1. Motor DOGA 162.4101.20.00

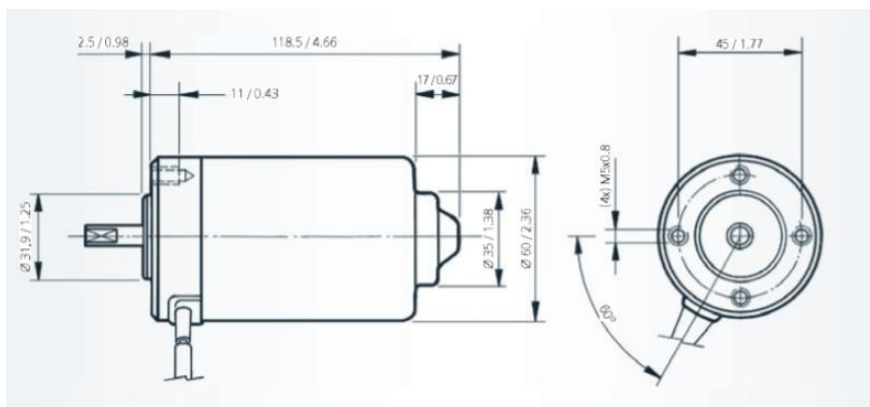
- **Fabricant:** DOGA
- **Model:** 162.4101.20.00
- **Corrent:** Continua
- **Potència:** 72,5 Watts
- **Voltatge:** 12 Volts
- **Font:** <https://uk.rs-online.com/web/p/dc-motors/8496241/>



Imatge 37. Gràfica motor DOGA.



Imatge 36. Dimensions eix motor.



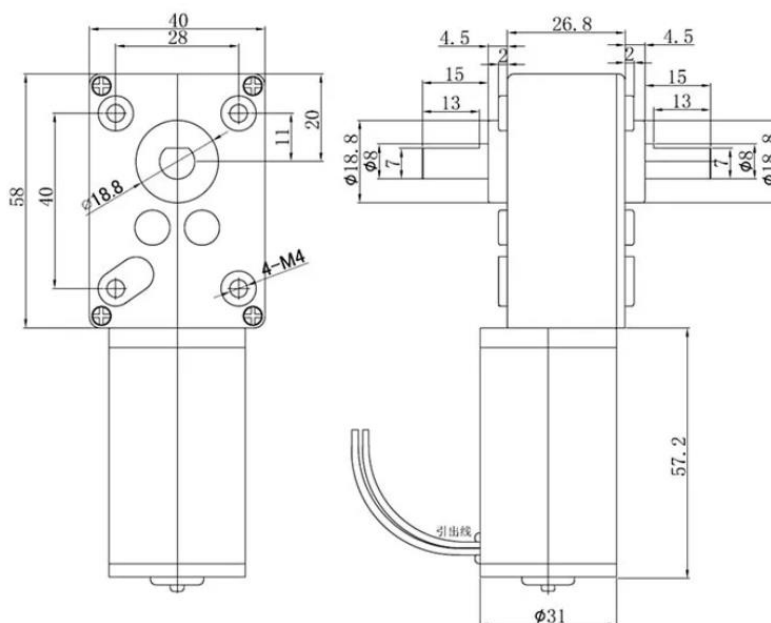
Imatge 38. Dimensions motor DOGA.

A.2. Motor GW4058-13

- **Fabricant:** CHIHAI MOTOR
- **Model:** GW4058-31ZY
- **Corrent:** Continua
- **Potència:** 2,4 W
- **Voltatge:** 12 Volts
- **Font:** https://www.banggood.com/GW4058-31ZY-Double-Shaft-DC-Motor-12V24V-110rpm220rpm-Reduction-Motor-Worm-Gear-Gear-Box-Motor-p-1357185.html?rmmds=search&ID=520831&cur_warehouse=CN

voltaje	24.0V	12.0V
Sin velocidad de carga	220RPM	110RPM
Corriente sin carga	250mA	130mA
Reducción del engranaje ratio 1:36		
Max. Eff. Salida	9.2W	2.4W
Max. Eff. Esfuerzo de torsión	5.0 Kg.cm	2.5 Kg.cm
Max. Eff. Corriente	1.1A	0.55A
Max. Eff. Velocidad	175RPM	85RPM
Falla de energía con autobloqueo		
Max. Pow. Salida	15W	3.7W
Max. Pow. Esfuerzo de torsión	13 Kg.cm	6.5 Kg.cm
Max. Pow. Corriente	2.4A	1.2A
Max. Pow. Velocidad	100RPM	50RPM
Par de par	≥ 23 Kg.cm	≥ 11 Kg.cm
Actual puesto de	4.4A	2.2A

Imatge 39. Taula dades fabricant.



Imatge 40. Dimensions motor.

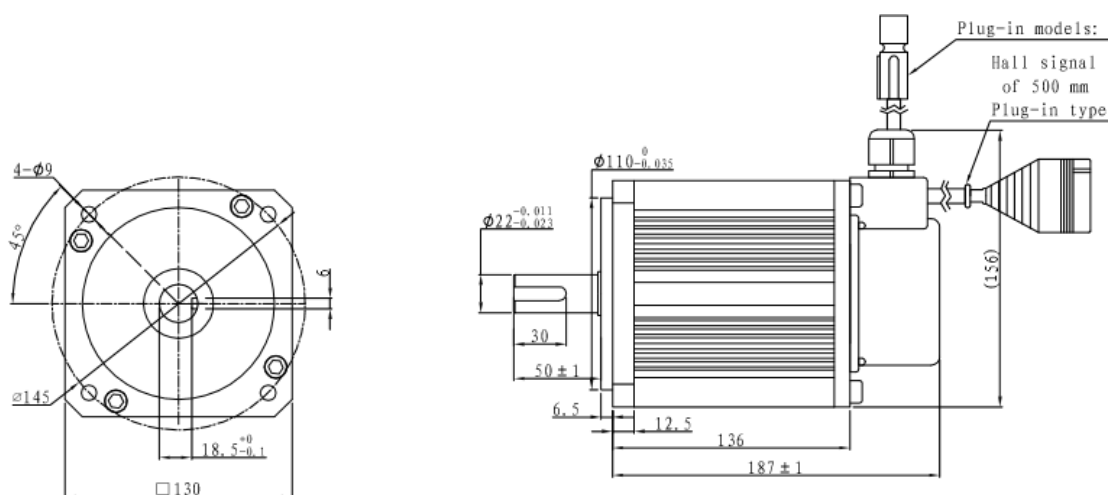
A.3. Motor ATO 600W

- **Fabricant:** ATO
- **Model:** ATO-130WDM0601-24
- **Corrent:** Continua
- **Potència:** 600 W
- **Voltatge:** 24 Volts
- **Font:** <https://www.ato.com/600w-72v-brushless-dc-motor>

Tecnichal Data

Type	130WD-M06010-24V
Power (KW)	0.6
Rated voltage (V)	24
Rated current (A)	30.8
Rated speed (rpm)	1000
Rated torque (NM)	6
Rotor inertia (Kgcm ²)	12.4
Protection rank	IP65
Insulation rank	F
Appropriate environment	Temperature: 0 ~ 50°C Humidity: < 90% (No dewdrop)
Motor weight (KG)	7.7

Imatge 41. Taula del fabricant.



Imatge 42. Dimensions motor.

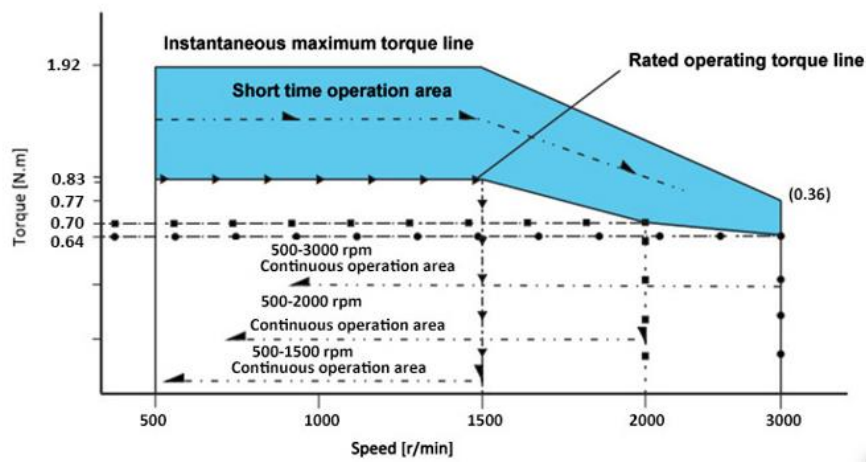
A.4. Motor ATO 200W

- **Fabricant:** ATO
- **Model:** ATO-D5BLD200-24
- **Corrent:** Continua
- **Potència:** 200 W
- **Voltatge:** 24 Volts
- **Font:** <https://www.ato.com/1-4-hp-200w-24v-brushless-dc-motor>

Model	ATO-D5BLD200-24	
Matched Controller Model	ATO-BLD750 (Click it to see the controller specs)	
Square Flange Size	86 mm	
Weight	2.5 kg	
Rated Voltage	24V DC	48V DC
Rated Current	10.42 A	5.21 A
Rated Power	200 W	

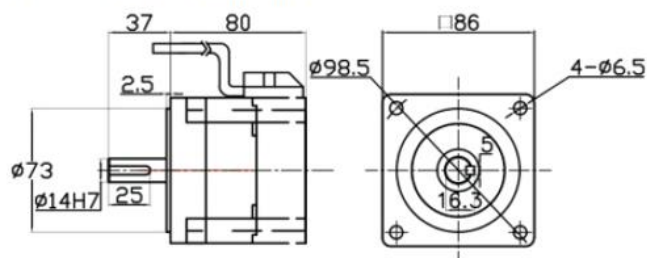
Imatge 43. Taula fabricant.

200W BLDC MOTOR SPEED-TORQUE CURVE



Imatge 44. Corba Parell-Velocitat.

BLDC MOTOR DIMENSION (Unit=mm)



Imatge 45. Dimensions motor.

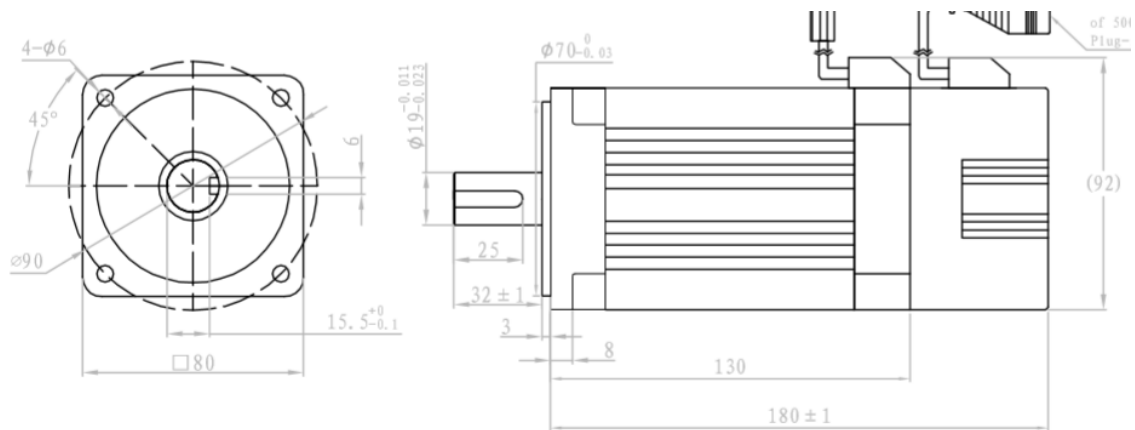
A.5. Motor ATO 750 W

- **Fabricant:** ATO
- **Model:** ATO-80WDM02430-24
- **Corrent:** Continua
- **Potència:** 750 W
- **Voltatge:** 24 Volts
- **Font:** <https://www.ato.com/1-hp-750w-24v-brushless-dc-motor>

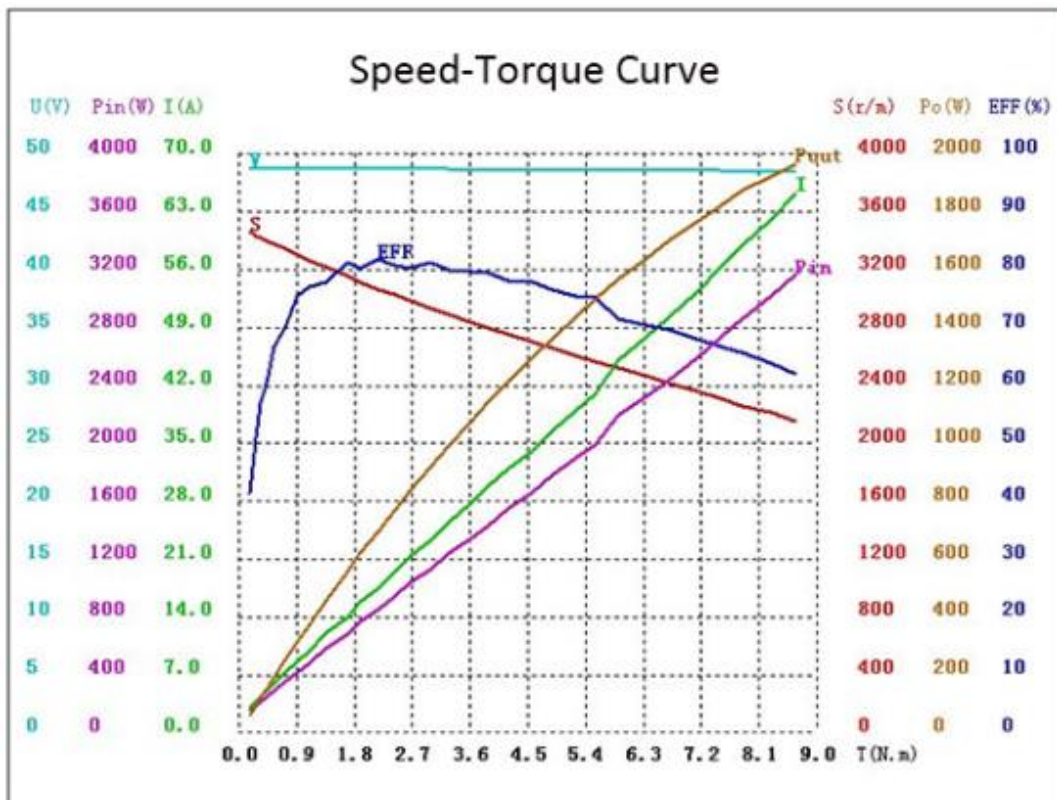
Tecnicah Data

Type	80WD-M02430-24V
Power (KW)	0.75
Rated voltage (V)	24
Rated current (A)	39.27
Rated speed (rpm)	3000
Rated torque (NM)	2.4
Rotor inertia (Kgom2)	0.8
Protection rank	IP54
Insulation rank	F
Appropriate environment	Temperature: 0~50°C Humidity: <90% (No dewdrop)
Motor weight (KG)	3

Imatge 46. Taula fabricant.



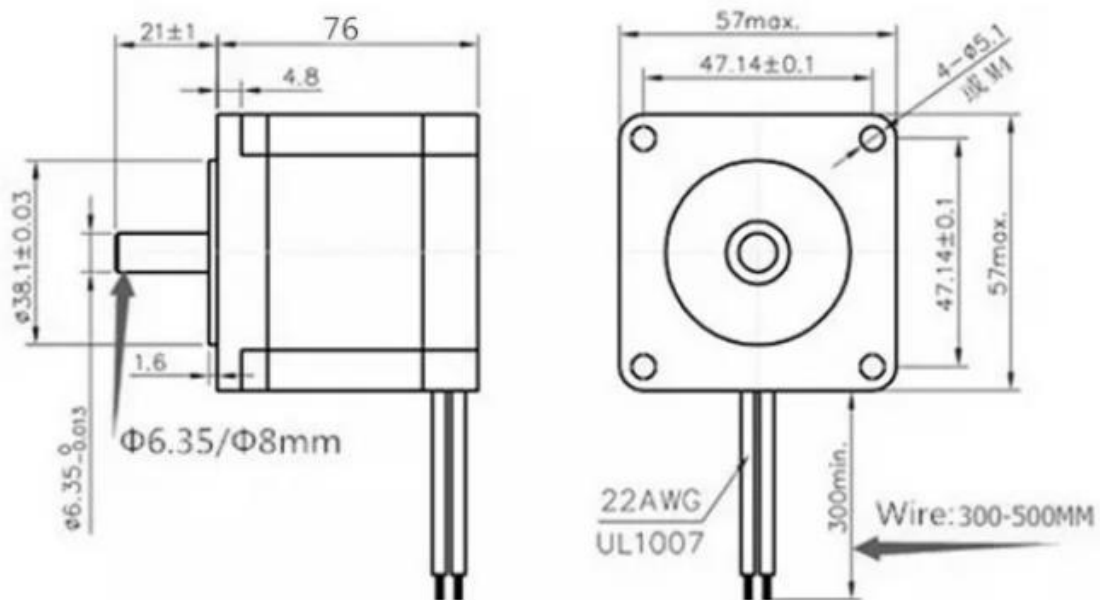
Imatge 47. Dimensions motor.



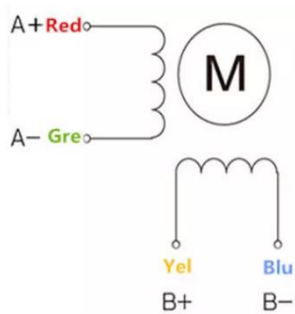
Imatge 48. Gràfica motor.

A.6. Servomotor 23HS7628

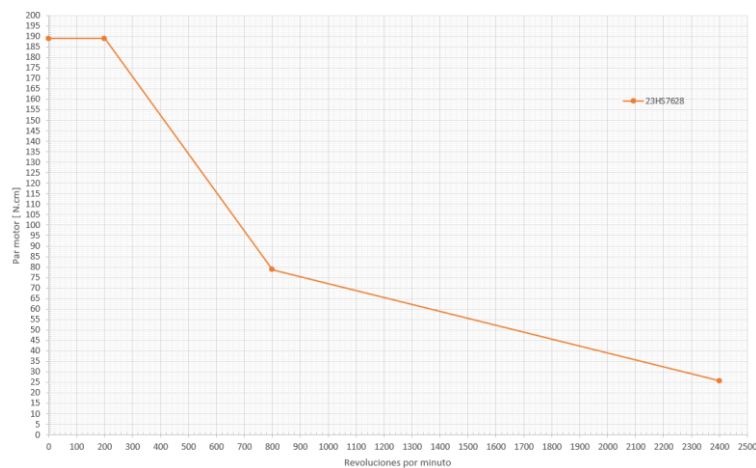
- **Fabricant:** HANPOSE
- **Model:** 23HS7628
- **Corrent:** Continua
- **Voltatge:** 3,2 Volts
- **Amperatge:** 2,8 A
- **Font:** https://es.banggood.com/HANPOSE-23HS7628-76mm-Nema-23-Stepper-Motor-57-Motor-2_8A-189N_cm-4-lead-CNC-Laser-Grind-Foam-Plasma-Cut-Engraving-Machine-p-1416710.html?rmmds=search&ID=565876&cur_warehouse=CN



Imatge 49. Dimensions servomotor.



Imatge 51. Connexions cables.



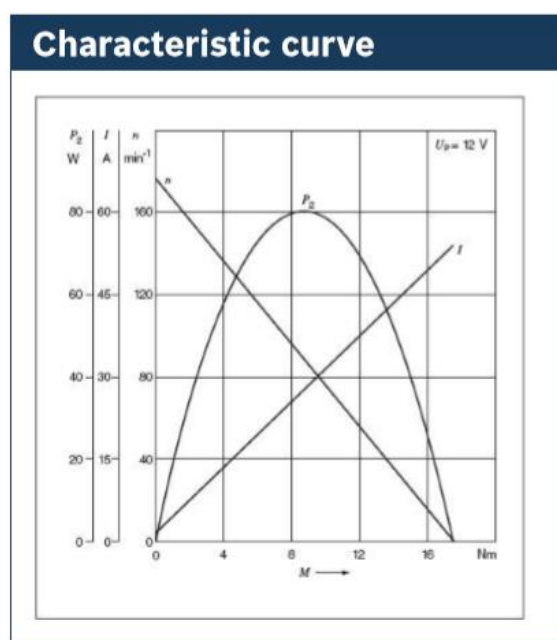
Imatge 50. Gràfica Parell-Velocitat.

A.7. Motor Bosch CHP

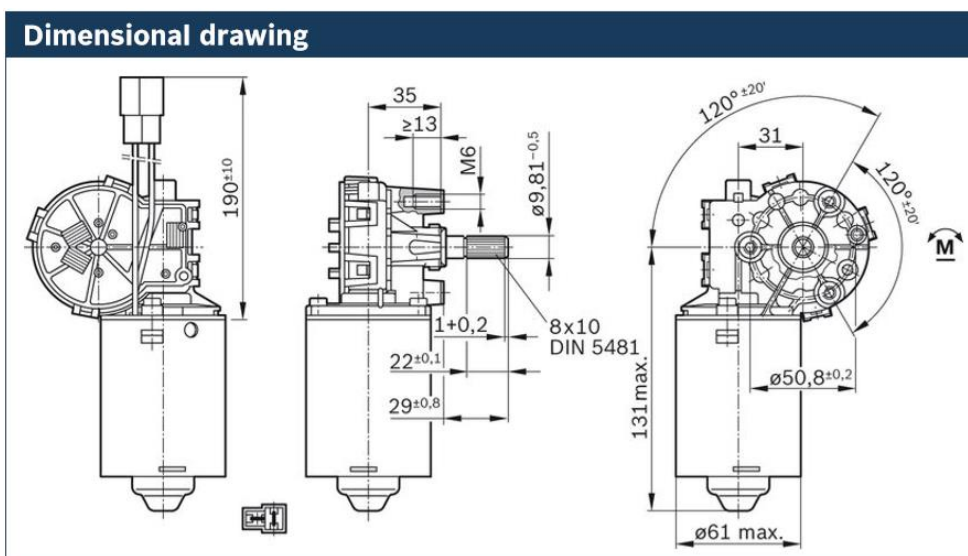
- **Fabricant:** BOSCH
- **Model:** CHP F 006 B20 093
- **Corrent:** Continua
- **Potència:** 42 W
- **Voltatge:** 24 Volts
- **Font:** https://www.elmeq.es/motorreductores/corriente-continua/reductores-sin-fin/chp-1120?gclid=Cj0KCQjw4-XIBRDuARIsAK96p3BjCy0Z3plQEy3VmnGaviHZHRskyhgEyB5BLSrhV2APxno2qxQgTUaAqwVEALw_wcB

Technical data	
Part number	F 006 B20 093
Nominal voltage	U_N 12 V
Nominal power	P_N 42 W
Nominal current	I_N 9,4 A
Maximum current	I_{max} 45 A
Nominal speed	n_N 135 min ⁻¹
Nominal torque	M_N 3 Nm
Breakaway torque	M_{Δ} 17,5 Nm
Reduction	i 52 : 2
Direction of rotation	L/R
Type of duty	S 1
Degree of protection	IP 23
Weight	approx. 1,10 kg
Similar part number	0390251684
Clockwise	(+) to green, (-) to brown
Anti-clockwise	(+) to brown, (-) to green
On request	

Imatge 53. Taula del fabricant.



Imatge 52. Corbes del motor.



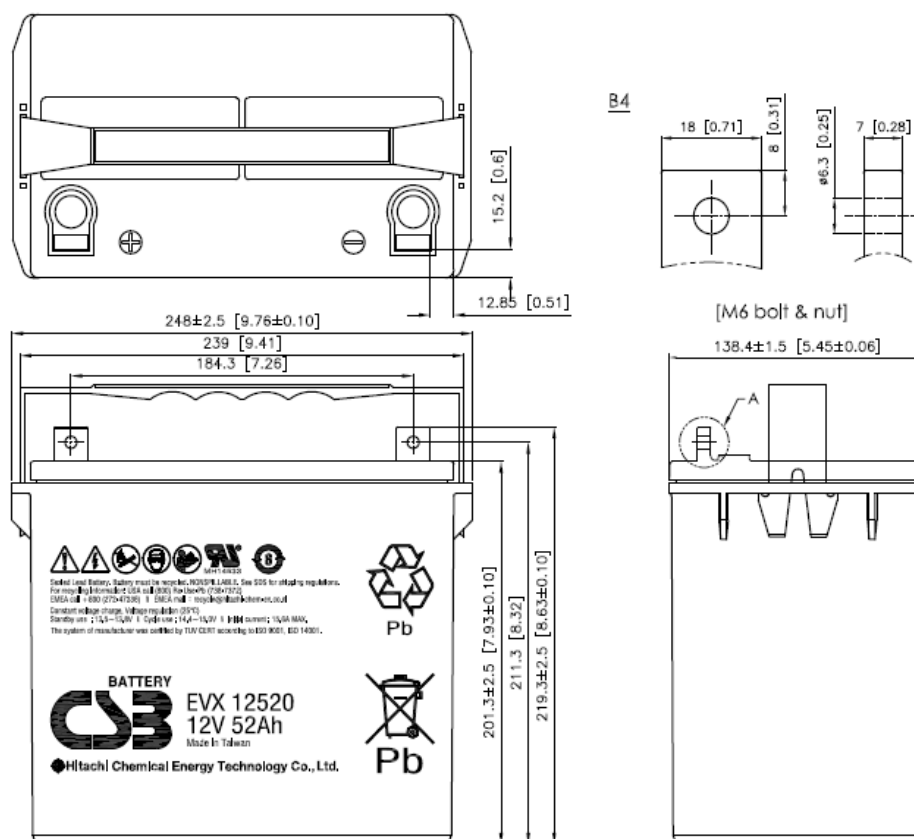
Imatge 54. Dimensions motor.

A.8. Bateries EVX12520

- **Fabricant:** CSB
- **Model:** EVX12520
- **Voltatge:** 12 Volts
- **Capacitat:** 52 Ah
- **Font:** <https://www.andupil.com/es/baterias-para-sillas-de-ruedas-y-scooters-electricos/15215-bateria-para-silla-de-ruedas-12v-52ah-csb-serie-evx.html>

Specification	
Nominal Voltage	12V (6 cells per unit)
Nominal Capacity	52 AH @20HR-rate to 1.75V per cell @25°C (77°F)
Weight	Approx. 18.30 Kg (40.30 lbs)
Maximum Discharge Current	500A (5sec)
Internal Resistance	Approx. 5.2 mΩ
Short Circuit Current	--
Maximum Charge Current	15.60A
Terminal types	B4 terminal to accept M6 bolt
Terminal Breaking Torque	138.6 Kgf-cm / 120.3 lbf-in / 13.58 N-m
Container Material	PP (UL 94-HB)



Imatge 55. Taula del fabricant.



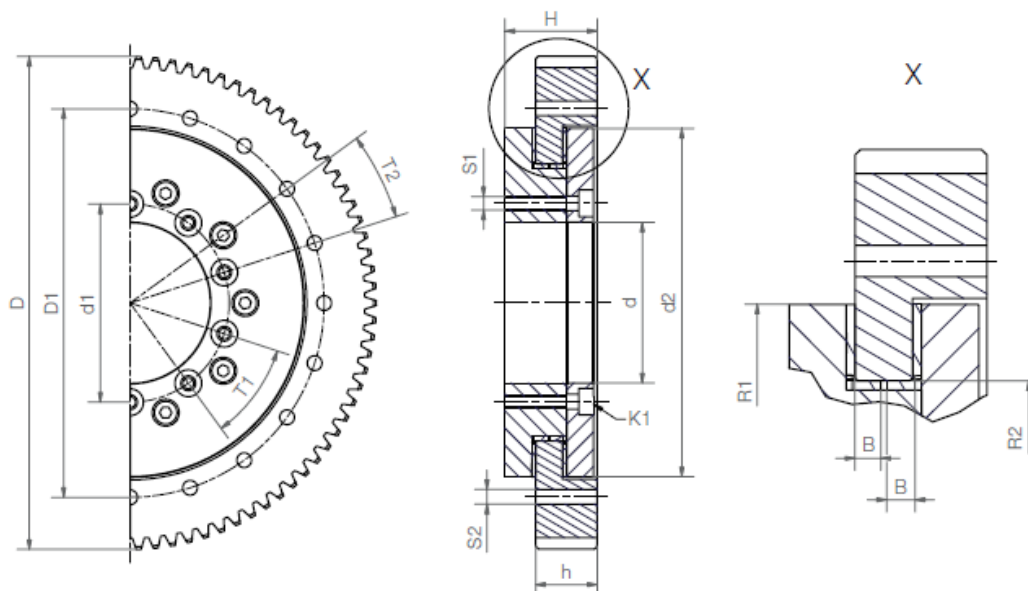
Imatge 56. Dimensions bateria

A.9. Corona giratòria PRT-01-30-TO-ST I PRT-01-100-AT10

- **Fabricant:** IGUS
- **Model:** PRT-01-100-AT10 I PRT-01-30-TO-ST
- **Font:** <https://www.igus.es/info/slewing-ring-slewing-ring-with-gear-teeth>

Pos.	Nº de art.	Dibujo
1	PRT-01 con engranaje (Dentado según DIN3967) Nº de Art.: PRT-01-30-TO-ST Número de dientes z: 54 Diámetro interior d: 30 mm Círculo de paso del agujero D1: 91 mm Diámetro exterior D: 112 mm Paso T1: 8 x 45 Paso T2: 8 x 45 Altura del perfil de la correa dentada h: 21 mm Disponibilidad: Envío: Desde 24h por tpte. Urgente Oferta: 219,60 €	
1	PRT-01 con engranaje (Dentado según DIN3967) Nº de Art.: PRT-01-100-TO-ST Número de dientes z: 96 Diámetro interior d: 100 mm Círculo de paso del agujero D1: 170 mm Diámetro exterior D: 196 mm Paso T1: 12 x 30 Paso T2: 16 x 22,5 Altura del perfil de la correa dentada h: 25 mm Disponibilidad: Envío: Desde 24h por tpte. Urgente Oferta: 386,82 €	

Imatge 57. Dades del fabricant corona giratòria PRT-01-100-AT10 i PRT-01-30-TO-ST.



Imatge 58. Cotes corona giratòria.

Dimensions [mm]														
Part number	D1	d1	d	d2	h	T1	T2	S1	S2	K1	R1	R2	B	H
										for screw				
PRT-01-30-TO-...	91	42.5	30	82	21	8x45°	8x45°	M4	4.5	DIN 912 M4	41	29.0	4.5	(30.4)
PRT-01-60-TO-...	145	74.0	60	130	23	10x36°	20x18°	M5	5.5	DIN 912 M5	65	51.5	4.5	(34.5)
PRT-01-100-TO-...	170	112.0	100	160	25	12x30°	16x22.5°	M5	5.5	DIN 912 M5	80	69.0	5.5	(36.0)
PRT-01-150-TO-...	235	165.0	150	220	25	12x30°	16x22.5°	M5	5.5	DIN 912 M5	110	96.5	5.5	(37.5)
PRT-01-200-TO-...	285	215.0	200	274	30	12x30°	16x22.5°	M6	7.0	DIN 912 M6	137	124.0	7.0	(41.5)
PRT-01-300-TO-...	430	320.0	300	410	30	12x30°	16x22.5°	M8	9.0	DIN 912 M8	205	186.5	8.5	(46.5)

Imatge 59. Taula cotes corona giratòria.

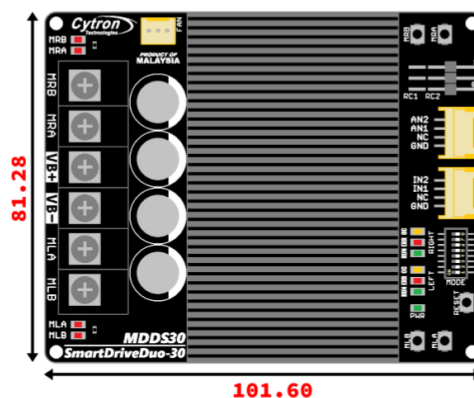
A.10. Controlador MDDS30

- **Fabricant:** Cytron Technologies
- **Model:** SmartDriveDuo-30 MDDS30
- **Màxima intensitat de sortida:** 30 A continu.
- **Voltatge sortida:** 7V fins 35V
- **Corrent:** Continua
- **Dimensions:** 81.28 x 101.60mm x 42 mm (W x L x H)
- **Font:** <https://www.robotshop.com/uk/smartdriveduo-smart-dual-channel-30a-motor-driver.html>

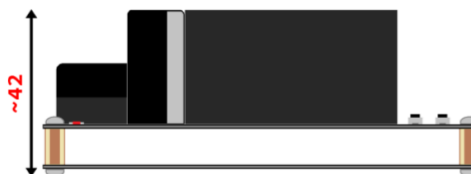
Operating Condition

- Compatible input: 3.3 and 5V
- Motor Channel: 2
- Operating Voltage (VDC): 7 to 35
- Peak Current (A): 80
- Continuous Current (A): 30

Imatge 61. Dades del fabricant.



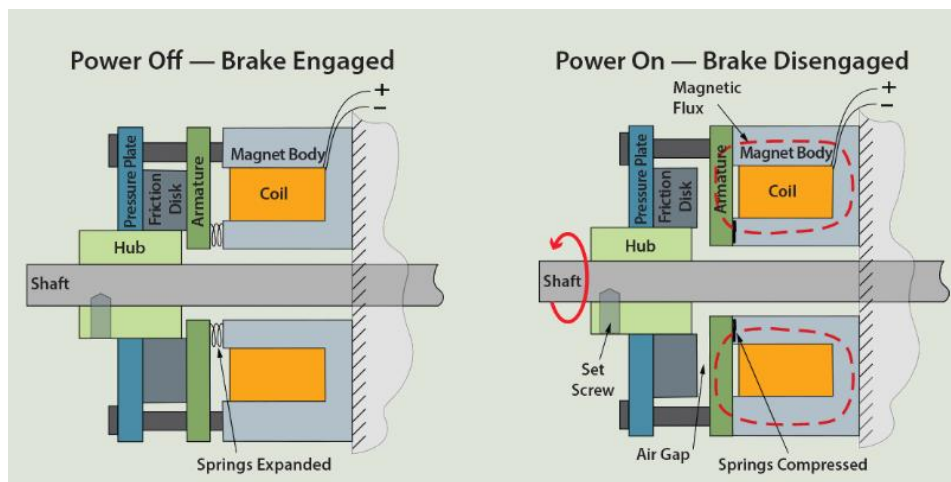
• MDDS30 height.



Imatge 60. Dimensions MDDS30.

A.11. Fre (Manual release power-off brakes)

- **Fabricant:** SEPAC
- **Model:** MSEB
- **Voltatge:** 24V
- **Corrent:** Continua
- **Font:** <https://sepac.com/products/view/manual-release-brake/>



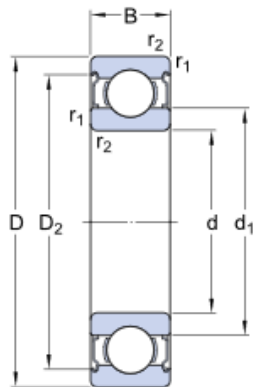
Imatge 62. Funcionament del fre.

Performance/ Mechanical Specifications		MSEB Series — Model Size								
		326	402	500	579	638	740	846	1000	1189
Torque Rating (Static)	lb-ft	2.95	5.90	11.80	23.60	44.25	59.00	125.38	221.25	354.00
	Nm	4	8	16	32	60	80	170	300	480
Recommended Max Speed	RPM	3000	3000	3000	3000	3000	3000	1500	1500	1500
Coil Data- 24VDC	Amps	0.830	1.040	1.210	1.660	2.080	2.700	3.540	4.600	4.600
Friction Disc & Hub Inertia	lb-ft ²	0.00044	0.0014	0.0047	0.0107	0.0150	0.0356	0.0688	0.1732	0.4746
	kg-cm ²	0.000015	0.00006	0.00020	0.00045	0.00063	0.00150	0.00290	0.00730	0.02000
Approximate Weight	lb	2.2	4.0	6.6	10.6	16.1	26.5	39.7	55.1	90.4
	kg	1.0	1.8	3.0	4.8	7.3	12.0	18.0	25.0	41.0

Imatge 63. Dades del fabricant.

A.12. Rodament 6002-2Z

- **Fabricant:** SKF
- **Model:** 6002-2Z
- **Font:** <https://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6002-2Z>



d	15	mm
D	32	mm
B	9	mm
d ₁	≈ 20.5	mm
D ₂	≈ 28.2	mm
r _{1,2}	min. 0.3	mm

Imatge 64. Dimensions rodament.

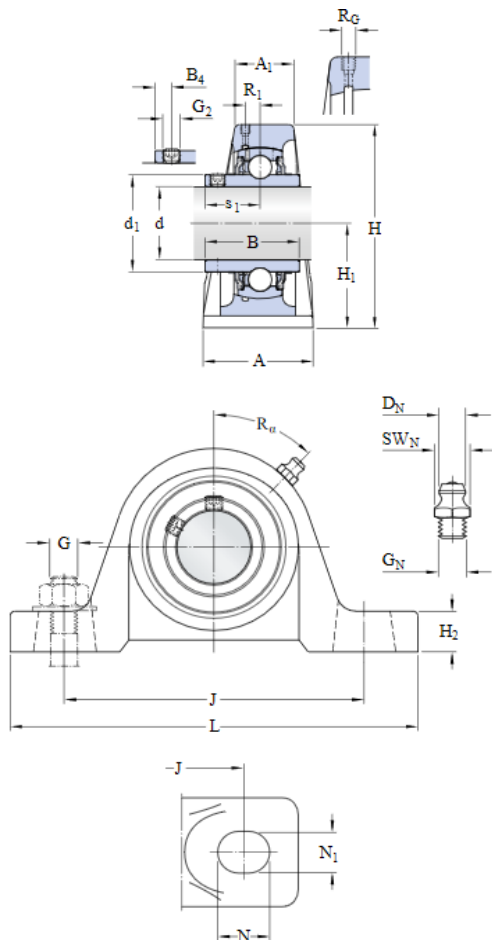
Imatge 65. Cotes rodament.

Datos del cálculo			
Capacidad de carga dinámica básica	C	5.85	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	2.85	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.12	kN
Velocidad de referencia		50000	r/min
Velocidad límite		26000	r/min
Factor de cálculo	k _r	0.025	
Factor de cálculo	f ₀	14	
Masa			
Rodamiento de masa		0.032	kg

Imatge 66. Dades del fabricant.

A.13. Rodament UCP205

- **Fabricant:** SKF
- **Model:** UCP205
- **Font:** <https://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-plummer-block-units/Y-bearing-plummer-block-units/index.html?designation=Y/UCP%20205>



Imatge 67. Cotes rodament.

d	25	mm
d ₁	≈ 33.7	mm
A	38	mm
A ₁	23	mm
B	34	mm
B ₄	5.5	mm
H	70.5	mm
H ₁	36.5	mm
H ₂	16	mm
J	105	mm
J	max. 110	mm
J	min. 100	mm
L	139.5	mm
N	18	mm
N ₁	13	mm
s ₁	19.7	mm

Imatge 68. Dimensions rodament.

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	14	kN
Basic static load rating	C ₀	7.8	kN
Fatigue load limit	P _u	0.335	kN
Limiting speed		5850	r/min

with shaft tolerance h6

Mass

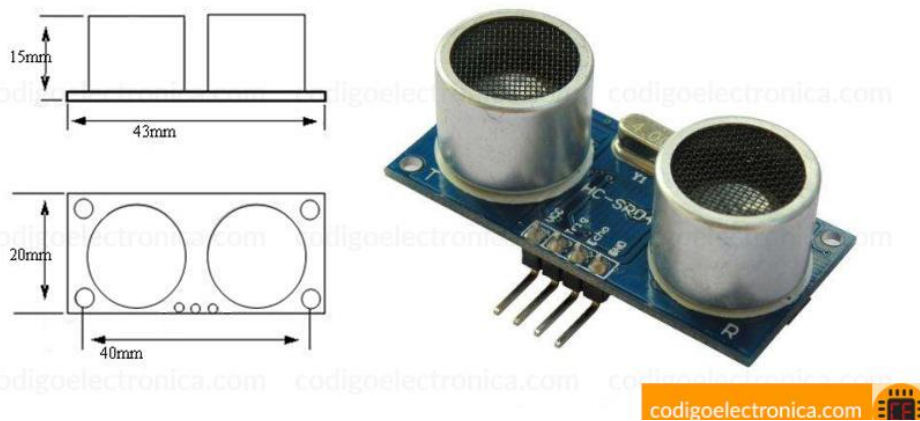
Mass bearing unit		0.76	kg
-------------------	--	------	----

Imatge 69. Dades del rodament.

A.14. Sensor d'ultrasons

- **Model:** Sensor HC-SR04.
- **Alimentació:** 5 Volts.
- **Rang de mesurament:** 2 cm a 400 cm.
- **Corrent d'alimentació:** 15 mA
- **Freqüència de puls:** 40 Khz
- **Font:** <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>

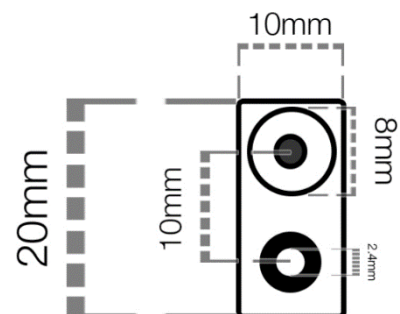
Dimensiones HC-SR04



Imatge 70. Dimensions sensor d'ultrasons HC-SR04.

A.15. Sensor barrera infraroja

- **Fabricant:** Adafruit
- **Model:** IR Break Beam Sensor – 3mm LEDs
- **Alimentació:** 3,3 - 5 Volts.
- **Corrent de l'emissor:** 10mA/3,3V o 20mA/5V.
- **Corrent del receptor:** 100mA
- **Emissor/Receptor angle de la LED:** 10°
- **Font:** <https://www.adafruit.com/product/2167>

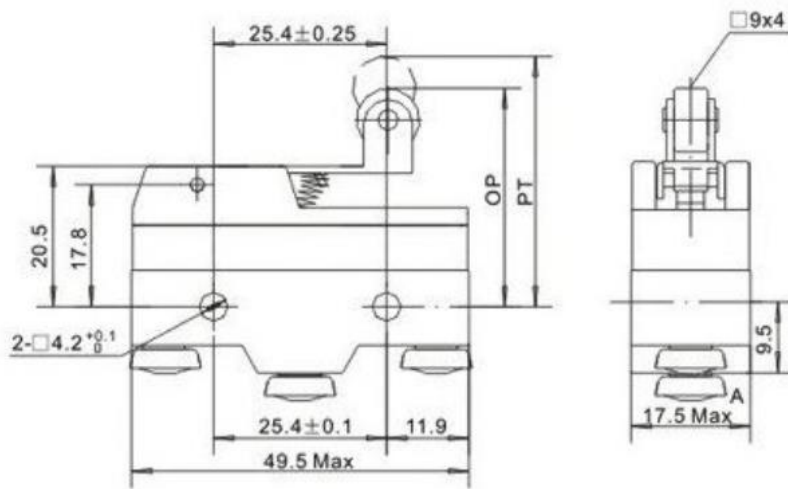


Imatge 71. Dimensions sensor de barrera.



A.16. Fi de cursa

- **Fabricant:** Suntime
- **Model:** 500-TM1704
- **Intensitat màxima:** 15A.
- **Font:** <https://adajusa.es/finales-de-carrera-y-detectores-de-posicion/final-de-carrera-palanca-roldana-corta-microrruptor.html>

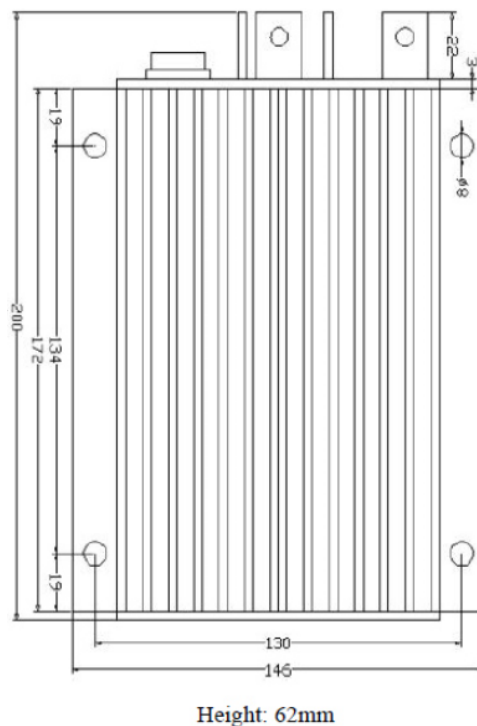


Imatge 72. Sensor fi de carrera.

A.17. Controlador ATOTH-G

- **Fabricant:** ATO
- **Model:** ATOTH-G
- **Corrent:** Continua
- **Corrent continu admissible:** 5-50A
- **Voltatge admissible:** 18 a 90V
- **Font:** <https://www.ato.com/brushless-dc-motor-controller-for-electric-vehicle>

Basic Parameters	
Model	ATOTH-G
Size	200*146*62 mm
Weight	3.5 kg
Frequency of Operation	16.6kHz
Standby Current	< 0.5mA
5V Sensor Supply Current	40mA
Controller supply voltage range	PWR, 18V to 90V
Supply Current	PWR, 150mA
Analog Brake and Throttle Input	0-5 Volts. Producing 0-5V signal with 3-wire pot.
Full Power Operating Temperature Range	0°C to 50°C
Operating Temperature Range	-30°C to 90°C
Peak Phase Current, 10 seconds	50-120A (according to the model)
Continuous Phase Current Limit	5-50A (according to the model)
Maximum Battery Current	Configurable

Imatge 73. Dades controlador ATOTH-G*Imatge 74. Dimensions controlador.*

A.18. Controlador TB6600

- **Fabricant:** HANPOSE
- **Model:** TB6600
- **Senyal de control:** 3,3V – 24V
- **Corrent sortida:** 4A
- **Voltatge admissible:** 9 a 24V
- **Dimensions:** 96x56x35 mm
- **Font:** <https://tienda.bricogEEK.com/controladores-motores/992-controlador-de-motores-paso-a-paso-35a-tb6600.html>



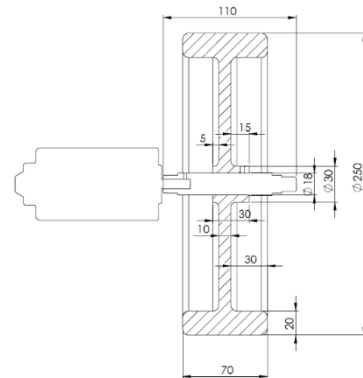
Imatge 75. HANPOSE TB6600.

ANNEX B: CÀLCULS

ANNEX B: CÀLCULS

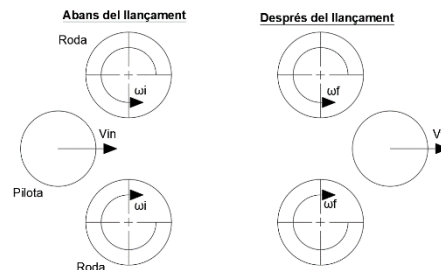
B.1. Càlcul de la variació de l'energia cinètica de la pilota al moment del llançament

Es vol calcular la quantitat d'energia requerida per tal d'impulsar la pilota de futbol des del repòs fins a una velocitat de 30 m/s. Aquesta energia li serà donada gràcies a les quatre rodes impulsores, per tant, es compararà l'energia proporcionada per la roda a la pilota amb l'energia emmagatzemada a la roda abans del llançament.



Imatge 76. Plànol eix, roda i motor.

Es calcula l'energia requerida pel llançament a partir de comparar l'energia cinètica inicial amb la final, no es té en compte l'energia perduda per calor.



Imatge 77. Situació abans/després del tir.

Fórmula de l'energia

$$\text{Pilota} \rightarrow E_{ci} = E_{cf} \rightarrow \frac{1}{2} * M * V_{in}^2 = \frac{1}{2} * M * V_f^2$$

$$\text{Roda impulsora} \rightarrow E_{rotació} = \frac{1}{2} * I * \omega^2$$

On: M és la massa de la pilota

Vin és la velocitat inicial de la pilota

Vf és la velocitat final de la pilota

I és la inèrcia de la roda impulsora

ω és la velocitat angular de la roda

Dades:

- **Massa:** massa de la pilota 0,45 kg i massa de la roda 1,36kg.
- **Velocitats:** velocitat inicial és molt petita per tant es suposa 0 m/s, la velocitat final és 30 m/s (108km/h), velocitat angular de la roda és 240 rad/s ($V = \omega * r$).
- **Dimensions:** Diàmetre de la roda 250 mm, amplada de la roda 70 mm.
- **Inèrcia:** Inèrcia de la roda 0,02 kgm².

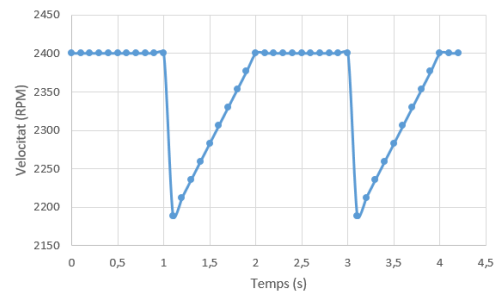
El valor de l'**energia cinètica de la pilota** és 202,5 Joules i l'**energia cinètica de rotació** de la roda és 576 Joules.

Per tal de comparar els dos resultat, l'energia cinètica de la pilota s'ha de dividir entre quatre ja que es té quatre rodes impulsores per tant cada roda proporciona 50,6 Joules. Comparant-ho amb els 576 Joules de la roda s'observa que aquesta té aproximadament 11 vegades l'energia requerida, per tant, la roda no frenarà de sobte a l'hora de fer el llançament.

B.2. Càlcul de la potència dels motors d'impulsió

Es vol calcular la potència mínima necessària en els motors d'impulsió per tal de que la màquina pugui llançar les pilotes correctament en l'interval d'un segon.

Es calcula la **potència** a partir de l'energia dissipada del sistema al moment de llançar la pilota de futbol. Es suposa que només hi ha l'eix del motor i la roda impulsora i que no hi ha pèrdues.



Imatge 78. Representació aproximada de la variació de la velocitat respecte al temps.

Fórmula de la potència $P = M * \omega$

On: P és la potència en Watts

ω és la velocitat angular de la roda impulsora

M és el moment requerit per tal d'accelerar la roda impulsora

Dades:

- **Dimensions:** Diàmetre de la roda 250 mm, amplada de la roda 70 mm, diàmetre eix 18mm (suposem constants per tota la llargada), llargada eix 110mm.
- **Velocitats:** Velocitat màxima de llançament desitjada 30 m/s (108 km/h), velocitat angular 240 rad/s ($V=\omega*r$), velocitat angular perdut 11 rad/s (Calculat a partir de energies $\rightarrow 576 - 50,6 = \frac{1}{2} * I * \omega^2$).
- **Pes i densitats:** Pes de la roda 1.35 kg, densitat de l'eix 2700 kg/m³ (Alumini).

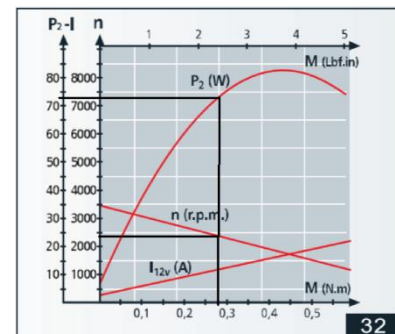
- **Inèrcia:** Inèrcia de la roda 0.02 kgm² i la inèrcia de l'eix és tant petita que la podem ignorar.
- **Interval de llançament:** 1 segon.
- **Equacions necessàries:**

$$Acceleració = \frac{\omega_{perdut}}{Interval\ llançament} = 11 \frac{rad}{s^2}$$

$$M = I * Acceleració = 0,22 \text{ kgm}^2$$

La **potència** obtinguda necessària és de 52,8 Watts i el **moment** necessari és de 0,22 Nm.

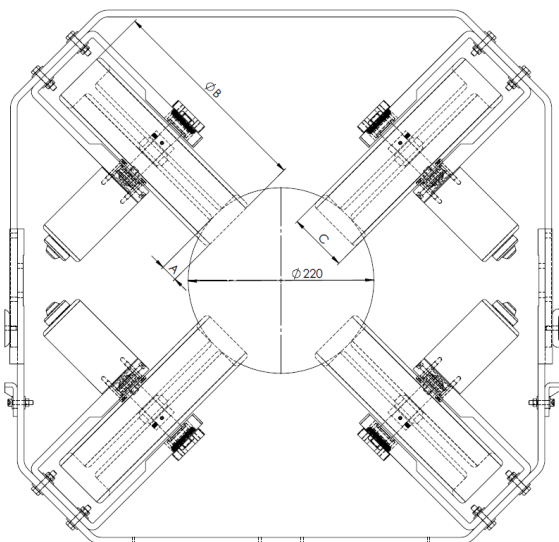
Com es pot veure, el motor seleccionat compleix amb els requisits necessaris.



B.3. Càlcul radi de la roda i compressió de la pilota

Es vol calcular el **radi de la roda** i la **compressió de la pilota** per tal de poder efectuar correctament el llançament.

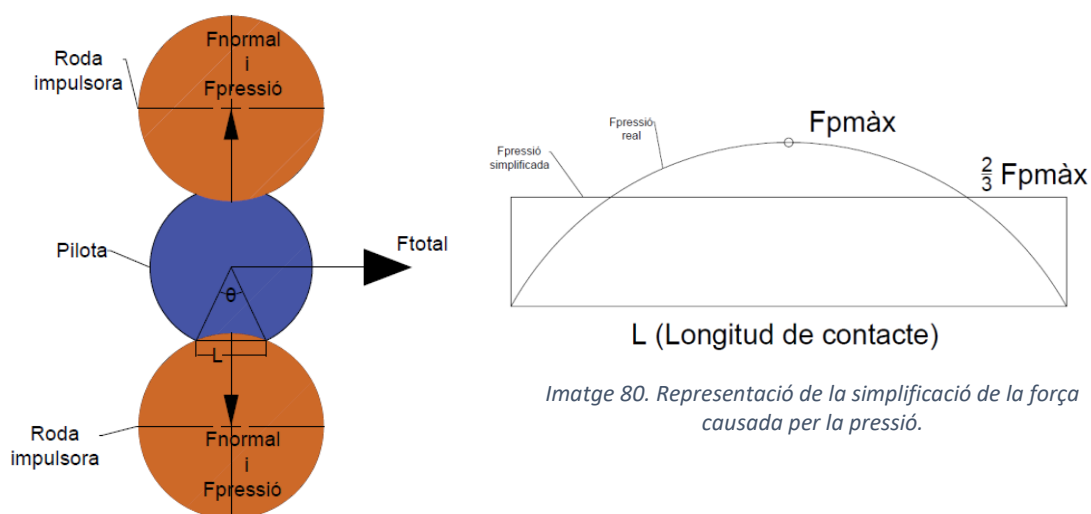
Aquest càlcul té més d'una solució per tant s'ha resolt iterativament amb l'Excel escollint el radi de la roda i la compressió que li fem a la pilota. Per tal de que la pilota es llenci correctament ha de passar que la **força de pressió sobre la pilota** sigui major que la **força normal de la força de fricció requerida** entre pilota i roda.



Imatge 79. Sistema de llançament.

Es faran algunes suposicions importants per tal de facilitar el càlcul. La primera és que la força que es genera a l'hora de comprimir la pilota

és constant durant tot el temps d'acceleració. La segona és que la compressió entre dues rodes contràries serà igual i no una més que l'altre.



Imatge 80. Representació de la simplificació de la força causada per la pressió.

Imatge 81. Forces general que actuen sobre pilota i roda.

Angle de contacte entre roda i pilota

$$\theta = \arccos\left(\frac{B-A}{B}\right)$$

Longitud de contacte

$$L = \sin(\theta) * B$$

Acceleració pilota (MRUA)

$$a = \frac{\Delta V^2}{2 * L}$$

Força per accelerar la pilota (2a Llei Newton)

$$F = m * a$$

Força per cada roda

$$Fr = \frac{F}{4}$$

Força normal ($Ff = \mu * N$)

$$N = \frac{Fr}{\mu}$$

Força pressió modificada

$$Fp = Fpmàx * \left(\frac{2}{3}\right)$$

Força pressió màxima

$$Fpmàx = L * C * P$$

On: V és l'increment de velocitat, A és la compressió, B és el radi de la roda, C és el gruix de la roda, m és la massa de la pilota, P és la pressió a dins de la pilota, μ és el coeficient de fricció entre roda i pilota.

Dades:

- **Pressió pilota:** 0,8 bar (80000 Pa). FIFA estableix pressió entre 0,6 i 1,1 bar.
- **Massa pilota:** 0,45 kg. FIFA estableix pes entre 0,41 i 0,45 kg.

- **Coefficient de fricció entre roda i pilota:** 0,75. Goma i poliuretà.
- **Gruix de la roda:** 70 mm.

Radi roda (m)	Compressió (m)	Angle de contacte (º)	Longitud de contacte (m)	1- accleració m/s ²	2- Ftotal	3- Froda	4- Fnormal	1 - Força pressió N
0,125	0,005	16,260	0,070	6428,6	2892,9	723,2	964,3	261,3
0,125	0,0075	19,948	0,085	5275,9	2374,2	593,5	791,4	318,4
0,125	0,01	23,074	0,098	4592,8	2066,8	516,7	688,9	365,8
0,125	0,0125	25,842	0,109	4129,5	1858,3	464,6	619,4	406,8
0,125	0,015	28,358	0,119	3789,7	1705,4	426,3	568,5	443,3
0,125	0,0175	30,683	0,128	3527,4	1587,3	396,8	529,1	476,3
0,125	0,02	32,860	0,136	3317,4	1492,8	373,2	497,6	506,4
0,125	0,021	33,695	0,139	3244,6	1460,0	365,0	486,7	517,8
0,125	0,0225	34,915	0,143	3144,9	1415,2	353,8	471,7	534,2
0,125	0,025	36,870	0,150	3000,0	1350,0	337,5	450,0	560,0

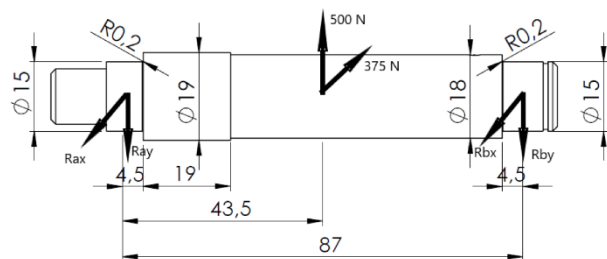
Taula 2. Càlcul iteratiu del radi de la roda i compressió.

El valor escollit pel **radi de la roda** és 125 mm i la **compressió** escollida has sigut de 20 mm, principalment s'ha escollit aquest radi perquè és la que queda més compacta i els motors no generen problemes de xoc a l'hora d'ajustar el sistema per pilotes més petites.

B.4. Càlcul de l'eix del sistema d'impulsió

Es vol comprovar si el **diàmetre** de l'eix és suficient davant la **ruptura**.

Es calcula el **coeficient de seguretat** a partir de **fatiga alterna** ja que és giratori.



Imatge 82. Eix del sistema d'impulsió.

Coefficient de seguretat de l'eix

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi \cdot d^3} * \sqrt{4 * \left(\frac{Kf * Ma}{Se}\right)^2 + 3 * \left(\frac{Kfs * Tm}{Sy}\right)^2}$$

On: d és el diàmetre.

M_a és el moment flector.

T_m és el moment torsor.

K_f i k_{fs} és el coeficient de concentració de tensions pel moment flector i el moment torsor.

S_y és el límit elàstic

S_e és el límit de resistència a la fatiga

Dades:

- **Dimensions:** Extremitats de la imatge de dalt o plànol 1.01.3.
- **Forces:** Els 500 N és la força de pressió entre roda i pilota, els 375 N és la reacció rebuda a causa d'accelerar la pilota (Les dues forces estan calculades en el càlcul B.3, la força 375 N prové de la força de 1500 N/4 ja que hi ha quatre rodes)
- **Resistència del material (Alumini 6061-T4):** $S_{ut} = 207$ MPa, $S_y = 110$ MPa, $S_e = 83,16$ MPa ($K_a = 1,08$ (mecanitzat), $K_b = 0,91$ (flexió rotativa i torsió), $K_c = 1$ (flexió i torsió), $K_d = 1$ (Temperatura inferior a 250 graus)).

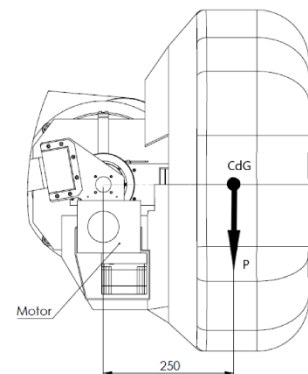
El valor del **coeficient de seguretat** obtingut és de $n = 3,5$, aquest valor s'ha trobat al centre de l'eix, a on es troben les dues forces (500 N i 375 N) aplicades. En totes les altres seccions fins i tot aplicant concentració de tensions surt un **coeficient de seguretat** superior.

El valor obtingut al ser bastant més gran que 1,5 es considera segur.

B.5. Càlcul de potència del motor d'inclinació

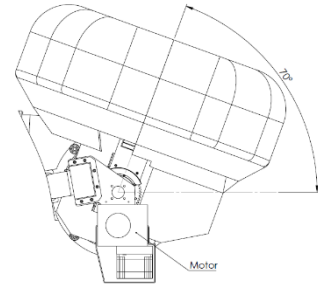
Es vol calcular la **potència** necessària per tal d'inclinar el conjunt.

Es calcula la **potència** a partir de determinar el parell i velocitat necessària per inclinar-se l'angle desitjat en l'interval d'un segon.



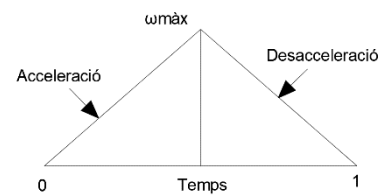
Imatge 83. Inclinació 0 graus del S.alimentació mòbil i llançament.

Suposarem que el control del motor es farà amb un tram d'acceleració i després un tram de desacceleració. I que tot el conjunt és una massa puntual.



Fórmula de la potència	$P = M * \omega f$
Fórmula del moment	$M = I * \alpha + m * d * g$
Inèrcia del conjunt	$I = m * d^2$
Acceleració angular	$\alpha = \Delta x * \frac{2}{t^2}$
Velocitat angular màxima	$\omega f = \alpha * \frac{t}{2} + \omega i$

Imatge 84. Inclinió 70 graus



Imatge 85. Control del motor.

On: m és la massa del conjunt, d és la distància des del CdG del conjunt fins l'eix de rotació, Δx és l'angle que ha de girar, t és l'interval de temps que té per fer el moviment, ωi és la velocitat angular inicial i g és la gravetat.

Dades:

- **Pes i massa:** La massa del conjunt és de m=40 kg (Programa 3D) i el pes del conjunt és de P=392,4 N aplicat al CdG del conjunt.
- **Interval de temps:** t = 1 segon.
- **Distàncies:** La distància des de l'eix de rotació i el CdG del conjunt és de 250mm.
- **Velocitats:** $\omega i = 0$ es suposa que comença a girar des del repòs.
- **Gravetat:** g és 9,81 m/s².

Els resultats obtinguts són els següents: la **velocitat angular màxima** és 46,7 rpm (4,9 rad/s), el **moment** és 122,5 Nm i la **potència** és 576 Watts.

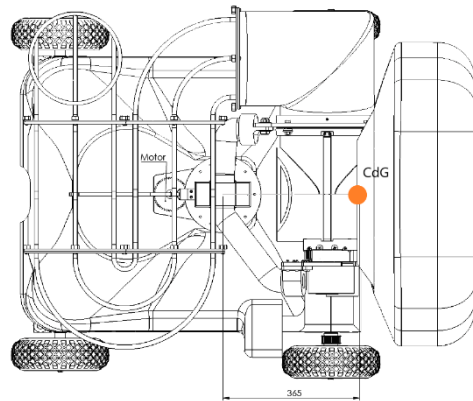
El motor seleccionat és de 600 Watts per tant es tindrà prou **potència** per aixecar el conjunt.

B.6. Càlcul de potència del motor giratori

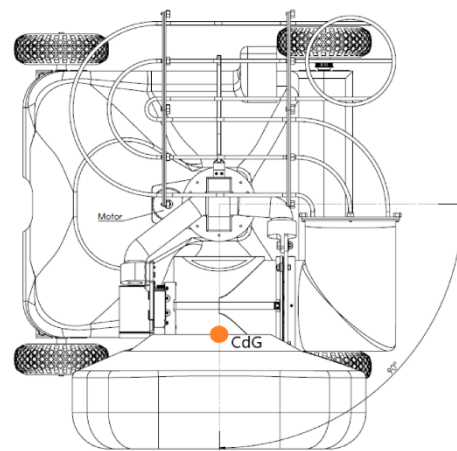
Es vol calcular la **potència** necessària per tal de girar el conjunt giratori.

Es calcula la **potència** a partir de determinar el parell i velocitat necessària per inclinar-se l'angle desitjat en l'interval d'un segon.

Suposarem que el control del motor es farà amb un tram d'acceleració, a continuació un tram de velocitat constant i després un tram de desacceleració. I que tot el conjunt és una massa puntual.

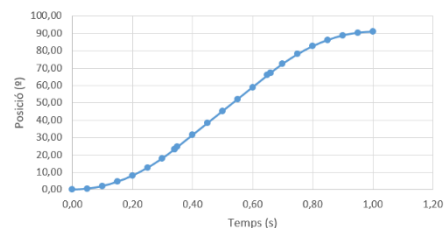


Imatge 86. Vista planta màquina.



Imatge 87. Vista planta màquina.

Fórmula de la potència	$P = M * \omega f$
Fórmula del moment	$M = I * \alpha$
Inèrcia del conjunt	$I = m * d^2$
Temps d'acceleració	$tb = \frac{t}{2} - \frac{\sqrt{\alpha^2 * t^2 - 4 * \alpha * \Delta x}}{2 * \alpha}$
Recorregut tram acceleració	$xb = \frac{1}{2} * \alpha * tb^2$
Temps velocitat constant	$tvconst = t - 2 * tb$
Recorregut velocitat constant	$xvconst = \Delta x - 2 * xb$
Velocitat constant màxima	$\omega f = \frac{xvconst}{tvconst}$



Imatge 88. Control del motor.

On: m és la massa del conjunt, d és la distància des del CdG del conjunt fins l'eix de rotació, Δx és l'angle que ha de girar, t és l'interval de temps que té per fer el moviment.

Dades:

- **Pes i massa:** La massa del conjunt és de m=70 kg (Programa 3D) i el pes del conjunt és de P=686,7 N aplicat al CdG del conjunt.
- **Interval de temps:** t = 1 segon.
- **Distàncies:** La distància des de l'eix de rotació i el CdG del conjunt és de 365mm.

- **Acceleracions:** L'acceleració màxima escollida és 7 rad/s^2 .

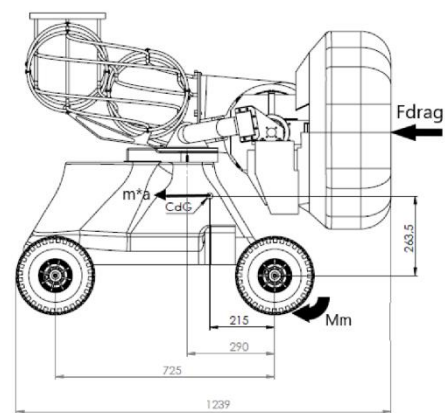
Els resultats obtinguts són els següents: la **velocitat constant màxima** és 23 rpm (2,4 rad/s), el **moment** és 65,3 Nm i la **potència** és 156,7 Watts.

El motor seleccionat és de 200 Watts per tant es tindrà prou **potència** per aixecar el conjunt.

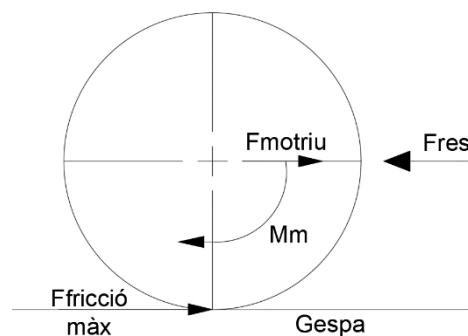
B.7. Càlcul de potència del motor motriu

Es vol calcular la **potència** del motor per tal de fer desplaçar la màquina a una velocitat màxima de 20 km/h.

Es calcula a partir del **moment** i **revolucions** a la roda de la màquina tenint en compte la segona llei de Newton. A més a més, en el càlcul s'hi afegirà la força creada a partir de l'aerodinàmica i la resistència oposada al girar la roda. Per tal de comprovar que la roda no llisqui a l'hora d'accelerar es compararà la força amb la qual avança (Força motriu) amb la força de fricció màxima entre roda i terra, ja que aquesta vindria a ser la força màxima la qual la màquina pot accelerar sense que les rodes llisquin. Si la força motriu es superior a la de fricció significarà que la roda lliscaria quan la màquina accelerés.



Imatge 89. Vista lateral màquina.



Imatge 90. Representació forces entre roda i gespa

Fórmula de la potència $P = Mm * \omega$

Fórmula del parell motor $Mm = Rroda * M * a + Rroda * Fres + (4 * \frac{a * Iroda}{Rroda})$

Fórmula força aerodinàmica

i fricció de rodament. $Fres = Fdrag + Fresrot = CD * \frac{1}{2} * \rho * A * v^2 + C * M * g$

Fórmula força motriu $F = \frac{Mm}{Rroda}$

Fórmula força fricció màxima $Ff \leq \mu * N$

On: ω és la velocitat angular de la roda, R roda és el radi de la roda, M és la massa de tota la màquina, a és l'acceleració, I roda és la inèrcia de la roda, CD és el coeficient aerodinàmic, ρ és la densitat de l'aire, A és l'àrea frontal de la màquina, v és la velocitat lineal, C és el coeficient de resistència al gir, g és la gravetat, μ és el coeficient de fricció entre la gespa i la goma de les rodes i N és la força normal.

Dades:

- **Massa:** massa de la màquina 200 kg i massa de la roda 3,5 kg.
- **Velocitats i acceleracions:** L'acceleració màxima escollida ha sigut 1 m/s^2 , velocitat lineal màxima escollida ha sigut de $5,56 \text{ m/s}$ (20 km/h) i la velocitat angular de la roda és de $42,77 \text{ rad/s}$ (408 rpm).
- **Dimensions:** Radi de roda és de 260 mm (plànol 4.07).
- **Inèrcia de la roda:** $0,03 \text{ kgm}^2$
- **Valors força resistent:** CD és 2 perquè la cara frontal es perpendicular al moviment, ρ és 1,2 ja que s'ha suposat la densitat de l'aire en un ambient de 20 graus, A és $0,9$ (Plànol 0.01), C és $0,02$ perquè la roda és similar a la d'un cotxe i gira sobre gespa o sorra, g és $9,81 \text{ m/s}^2$.
- **Valors força fricció:** μ és $0,35$ (Fricció entre goma i gespa) i N és 1080 N (Distribució de forces del pes (Imatge 89)).

Velocitat (m/s)	Fres (N)	Velocitat				Potència màxima per motor(W)
		Torque total(Nm)	Torque per roda (Nm)	angular (rad/s)	Velocitat angular (rpm)	
5,56	68,92	35,87	17,93	42,77	408,42	767,05

Taula 3. Excel càlcul potència motor motriu.

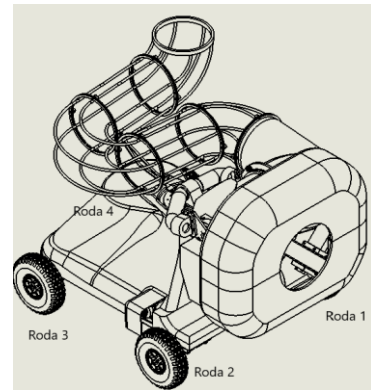
La **potència** necessària és de 767 Watts i el motor escollit és de 750 Watts , encara que el motor no arriba a donar la potència necessària s'utilitzarà igualment ja que és molt poc probable que la màquina arribi a les velocitat proposades, a més la diferència de **potència** és molt petita.

El valor de la **força motriu** és 138 N i el valor de la **força de fricció** és 189 N , per tant la roda no lliscarà quan la màquina acceleri.

B.8. Càlcul reaccions sobre les rodes durant el llançament

Es vol calcular les forces vertical que suporten les rodes durant el llançament.

Aquest càlcul es farà a partir d'equilibrar les forces i moments de la màquina. Es tindrà en compte quatre posicions de la màquina. Els moments es calcularan des del punt on toca la roda i el terra. Per portar a terme els càlculs de les dues últimes posicions s'han calculat la força de gravetat i la força de llançament per separat i després s'han sumat juntes.



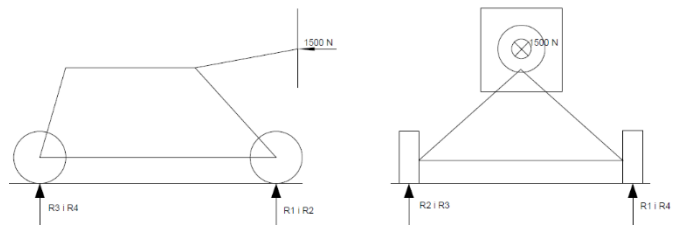
Imatge 91. Numeració rodes.

Posició 1: Pla

Posició 2: Inclinat 70 graus

Posició 3: Girat i pla

Posició 4: Girat i inclinat 70 graus



Imatge 92. Esquema de forces del cas pla.

Dades:

- **Forces:** La força originada a causa del llançament és de 1500 Newtons.
- **Dimensions:** En els plànols 0.01, 0.02, 0.03 i 0.04 hi ha totes les dimensions necessàries per portar a terme els càlculs.
- **Massa i gravetat:** La massa de la màquina és de 200 kg i la gravetat és de $9,81 \text{ m/s}^2$.

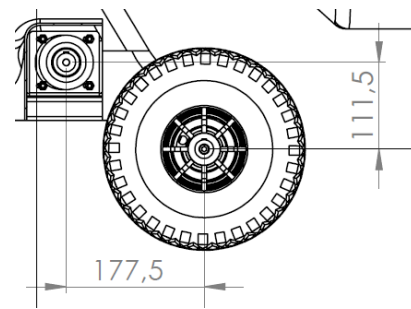
	Pla	Inclinat	Girat i pla	Girat i inclinat
Roda 1	65,25	1170,75	953,5	762,1
Roda 2	65,25	1170,75	76	1105,4
Roda 3	915,75	515	218,5	895,6
Roda 4	915,75	515	744,4	608,4

Taula 4. Resultats reaccions.

B.9. Càlcul corretja motriu

Es comprova si la **corretja** escollida es suficient per transmetre la potència necessària.

El càlcul es farà seguint les indicacions donades pel fabricant **Optibelt** a dins del seu catàleg de corretges **Omega**.



Imatge 93. Posició corretja.

Fórmules donades pel fabricant

Potència calculada

$$P_b = P * c_2$$

Longitud efectiva

$$L_{wth} = 2 * a + \frac{\pi}{2} * (d_{wg} + d_{wk}) + \frac{(d_{wg} + d_{wk})^2}{4 * a}$$

Distància entre eixos

$$a_{nom} = K + \sqrt{K^2 - \frac{(d_{wg} - d_{wk})^2}{8}}$$

Coefficient per càlcul dis. eixos

$$K = \frac{L_{wst}}{4} - \frac{\pi}{8} * (d_{wg} + d_{wk})$$

Recorregut mínim per tensar

$$x = 0,004 * a_{nom}$$

Potència nominal transmissible

$$P_{\dot{u}} = P_n * c$$

Força tangencial efectiva

$$S_{n3} = P * \frac{1000}{v}$$

Velocitat tangencial

$$v = d_{wk} * \frac{n}{19100}$$

Força axial estàtica mínima

$$S_a = S_{n3} * 1,1$$

On: P és la potència a transmetre, c_2 és un coeficient de factor de carga, a és la distància entre eixos, d_{wg} i d_{wk} són els radis de les politjes, L_{wst} és la longitud efectiva estàndard, P_n és la potència màxima de la corretja, c és un coeficient que varia en funció del gruix de la corretja, n és la velocitat angular de la politja en rpm.

Dades:

- **Dimensions:** a és 210 (Plànol 0.01).
- **Potència:** La potència és 750W (Càlcul B.7).
- **Velocitats:** la velocitat angular n és 408 (Càlcul B.7).
- **Dades fabricant:** c_2 és 1,8 ja que té un funcionament no uniforme i de transmissions pesades de menys de 16 hores, L_{wst} és 575mm obtingut a les taules del fabricant, c és 1,87 ja que la corretja és de 15 mm.

La **potència calculada** és 1,35 Kw, la **potència nominal transmissible** és 1,42 Kw, la **longitud efectiva estàndard** és de 575mm, el **recorregut mínim per tensar** és de 0,85 mm i la **força axial estàtica mínima** és de 808,8 N.

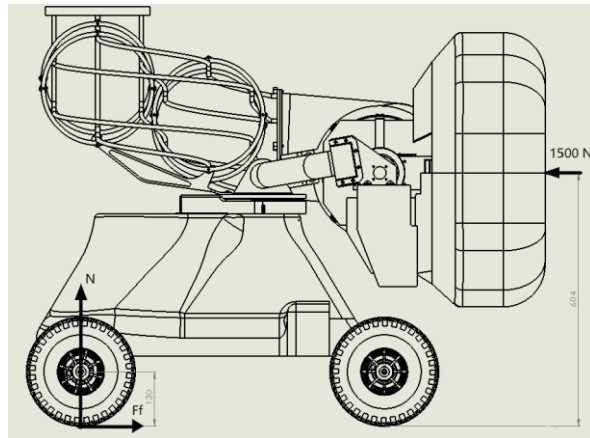
La **potència nominal transmissible** és major que la **potència calculada** per tant ens serveix.

B.10. Càlcul del fre

Es calcula el **moment** necessari per tal d'evitar que la roda rodí durant el llançament i un cop acabat el llançament.

Es calcula a partir del **moment de la força de fregament** que es genera entre la roda i la gespa, que actua sobre l'eix del darrera.

Es faran dos càlculs, ja que les forces varien molt ràpidament just després del llançament. El primer càlcul serà durant el llançament, incloent la força de reacció i el segon càlcul serà només amb la força de la gravetat.



Imatge 94. Vista lateral màquina.

Fórmula moment $M_f = F_f * R_{roda}$

Fórmula força fricció $F_f = \mu * N$

On: Rroda és el radi de la roda, μ és el coeficient de fricció estàtic entre goma i gespa i N és la reacció en la roda.

Dades:

- **Dimensions:** Rroda és 130mm (Plànol 4.07).
- **Reaccions:** N és 1831,5 N pel càlcul amb força de reacció (Càlcul B.8) i 581,8 N pel càlcul amb només gravetat.
- **Coeficient de fricció:** μ és 0,35 (Coeficient de fricció respecte goma i gespa).

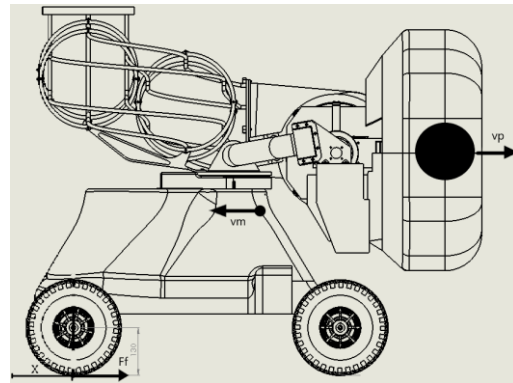
El valor del **moment amb força de reacció** és 83,3 Nm i la **força de fricció** és de 641 N, el **moment sense força de reacció** és 26,5 Nm i la **força de fricció** és 203,6 N.

A l'hora de seleccionar el fre s'ha tingut en compte només el **moment de la força sense força de reacció**, ja que la diferència amb el **moment amb força de reacció** és molt elevat però ocupa un interval molt petit de temps, per tant no s'ha trobat interessant posar un fre molt gran pel poc impacte que genera. El fre seleccionat pot arribar un **moment de fre** de 32 Nm per tant evitarà que giri la roda quan actuï el **moment** de 26,5 Nm.

B.11. Càlcul retrocés després d'un llançament

Es calcula la **distància** que retrocedeix la màquina al cap d'efectuar un llançament.

Es calcula a partir d'aplicar la **conservació del moviment lineal** format entre pilota i màquina, s'ha tingut en compte de que la màquina inicialment es troba en repòs. I llavors aplicant la segona llei de Newton i MRUA es troba la **distància**.



Imatge 95. Vista lateral màquina.

Conservació del moviment lineal

$$M * v_{mi} + m * v_{pi} = M * v_{mf} + m * v_{pf}$$

Segona llei de Newton

$$F_f = M * a$$

MRUA

$$\Delta v m^2 = 2 * a * x$$

On: M és la massa de la màquina, m és la massa de la pilota, v_{mi} i v_{pi} és la velocitat inicial de la màquina i pilota respectivament, v_{mf} i v_{pf} és la velocitat final de la màquina i pilota respectivament, a és la acceleració generada per la F_f i la x és el desplaçament.

Dades:

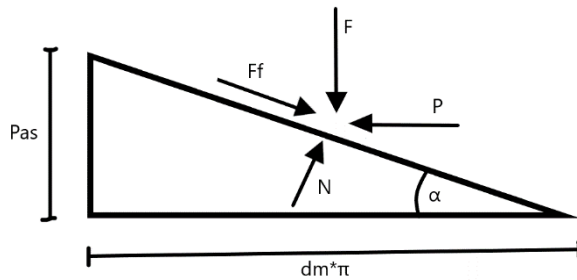
- **Masses:** la massa M de la màquina és 200 kg i la massa m de la pilota és 0,45 kg.
- **Força de fricció:** La F_f és 203,6 N (Càlcul B.10).

- **Velocitats:** Les velocitat inicials de la màquina i la pilota és zero, velocitat final de la pilota és 30 m/s.

El valor de la **distància** que retrocedeix la màquina és de 2,2 mm.

B.12. Càlcul de la potència del motor del cargol de potència

Es vol calcular la **potència** requerida per tal d'eleva el xassís superior del sistema de llançament amb un cargol de potència.



Imatge 96. Simplificació rosca del cargol de potència.

Es calcula a partir de trobar el **parell** requerit per tal d'eleva la carga i amb la **velocitat** amb la qual es vol que s'elevi.

Fórmula potència

$$Pot = T * \omega$$

Fórmula parell

$$T = P * \frac{dm}{2}$$

Fórmula força fricció

$$Ff = N * \mu$$

Fórmula angle alpha

$$\alpha = \arctan\left(\frac{Pas}{\pi * dm}\right)$$

Velocitat angular

$$\omega = \frac{x}{Pas * t} * 2 * \pi$$

On: dm és el diàmetre primitiu del cargol, N és la força normal, P és la força creada pel parell motor, μ és el coeficient de frec, Pas és el pas del cargol, x és la distància que s'ha d'eleva la carga i t és l'interval de temps en el que volem que la carga s'elevi.

Dades:

- **Dimensions:** dm és 7 mm, Pas és 1,5 mm i x és 30 mm.
- **Forces:** La força F és 59 N ($F = \frac{12}{2} * 9,81 = 59 N$), es divideix per dos perquè hi ha dos motors per eleva la carga.
- **Coefficient de frec:** μ és 0,37 (Catàleg Icus de femelles trapezoidals).
- **Temps:** t és 6 segons.

El valor de la **potència** és 2,1 Watt, el motor escollit pot arribar a donar una **potència** de 2,4 Watts. Per tant el motor serà capaç d'aixecar la carga.

B.13. Càlcul bateries

Es vol calcular l'**autonomia** que tindria la màquina amb les bateries escollides.

Es calcula a partir dels **Watts*h** que conté la bateria i la **potència** que utilitzen els diferents components. Per fer el càlcul no s'ha tingut en compte la **potència** consumida pels components de control electrònics i del motor del càlcul B.12, ja que en comparació amb lo que gasten els altres motors aquesta és molt petita. A continuació es farà una taula amb els diferents components amb els que es farà el càlcul i també el temps que es preveu que s'utilitzarà durant un cicle de bateria.

Fórmula autonomia
$$Hores = \frac{Potència\ bateries\ (Wh)}{Potència\ real\ consumida\ (W)}$$

Bateria	Voltatge	Ampers*hora	Potència bateries
4x CSB-EVX12520	24 V (2S-2P)	104 Ah (52Ah*2)	2496 Wh

Component	Percentatge temps de funcionament durant 1 cicle de carga	Potència consumida	Potència real consumida
Motor DOGA (12V)	95%	53 Watts*4 = 212 Watts	201,4 Watts
Motor ATO 600W (24V)	40 %	567 Watts	226,8 Watts
Motor ATO 200W (24V)	20 %	156 Watts	31,2 Watts
Motor ATO 750W (24v)	20 %	750 Watts*2 = 1500 Watts	300 Watts
Servomotor NEMA23 (24V)	95 %	34 Watts	32,3 Watts

Transformador 24-12V (24V) 10% de pèrdues	95%	212 Watts*0,1=21,2 Watts	20,14 Watts
Fre (24V)	20 %	65 Watts	13 Watts
Motor CHP (24V)	95%	42 Watts	39,9 Watts
Total			864,74 -> 900 Watts

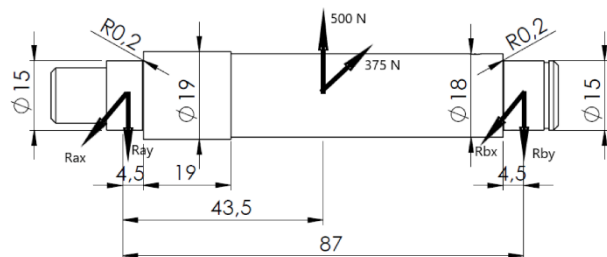
El valor de l'**autonomia** obtingut és de 2,8 hores.

És superior a 2 hores per tant es considera que la quantitat de bateries escollides són correctes, s'ha de tenir en compte que els components elèctrics gastaran energia també per tant, l'**autonomia real** serà inferior a la calculada.

B.14. Càlcul rodament 6002-2Z del sistema d'impulsió

Es vol calcular la **vida útil** del rodament dels sistema d'impulsió.

Es calcula utilitzant la fórmula de la **vida útil** i la **capacitat de càrrega dinàmica** donada pel fabricant.



Imatge 97. Eix del sistema d'impulsió.

Fórmula vida útil

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^a$$

On: C és la capacitat de càrrega dinàmica, P és la força radial i a és un coeficient que ve donat en funció del tipus de rodament.

Dades:

- **Capacitats de càrrega:** La capacitat de càrrega dinàmica C és 5,85 kN i la capacitat de càrrega estàtica és 2,85 kN.
- **Forces:** P és 312,5 N ($P = \frac{\sqrt{500^2 + 375^2}}{2} = 312,5 \text{ N}$, només vàlid perquè la distància entre força i rodament és igual pels dos costats)

- **Coefficient a:** a és 3 perquè és un rodament de boles.
- **Vida rodament esperat:** $524,4 \cdot 10^6$ cicles ($120 \cdot 0,95 \cdot 200 \cdot 10 \cdot 2300$ (120 minuts d'entrenament per temps utilitzat, 200 dies a l'any, durant 10 anys i 2300 rpm))

El valor de la **vida útil** és $6560,2 \cdot 10^6$ cicles.

La **vida útil** calculada és major a la vida esperada per tant es don per bo, a més a més, la **capacitat de càrrega estàtica** és major a la força per tant també es correcte.

B.15. Càlcul rodament UCP205 de la bancada

Es vol calcular la **vida útil** dels rodaments dels eixos de la bancada.

Es calcula utilitzant la fórmula de la **vida útil** i la **capacitat de càrrega dinàmica** donada pel fabricant. En aquest càlcul s'agafarà la força més gran de les quatre rodes i es farà el càlcul amb ella.

Fórmula vida útil

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^a$$

On: C és la capacitat de càrrega dinàmica, P és la força radial i a és un coeficient que ve donat en funció del tipus de rodament.

Dades:

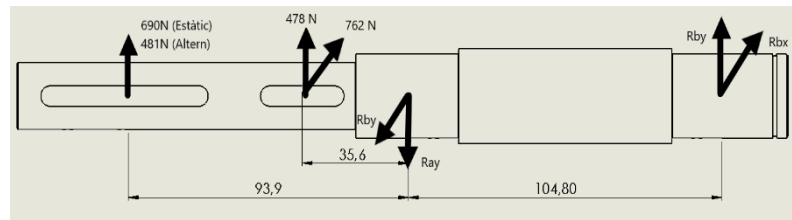
- **Capacitats de càrrega:** La capacitat de càrrega dinàmica C és 14900 KN i la capacitat de càrrega estàtica és 7800 KN.
- **Forces:** P és 1945 N (Sumatori forces de la força de la corretja i la força de la gravetat)
- **Coefficient a:** a és 3 perquè és un rodament de boles.
- **Vida rodament esperat:** $19,6 \cdot 10^6$ cicles ($120 \cdot 0,2 \cdot 200 \cdot 10 \cdot 408$ (120 minuts d'entrenament per temps utilitzat, 200 dies a l'any, durant 10 anys i 408 rpm))

El valor de la **vida útil** és $449,6,8 \cdot 10^6$ cicles.

El rodament seleccionat és correcte ja que la **vida útil** calculada és superior a la esperada i també la capacitat de càrrega estàtica és superior a la P.

B.16. Càlcul eix de les rodes del davant

Es vol calcular el **coeficient de seguretat** de l'eix de les rodes del davant.



Imatge 98. Forces aplicades a l'eix de les rodes del davant.

Es calcula a partir del càlcul a fatiga no rotativa.

Fórmula coeficient de seguretat

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma a}{S_f} + \frac{\sigma m}{S_{ut}}$$

Dades:

- **Forces:** Agafem les forces més elevades del càlcul B.8 de la roda 1 i 2 en el qual 690 N és a causa de la gravetat i 481N és a causa del llançament, també s'ha tingut en compte la força provocada per la tensió de la corretja la qual és de 900 N, aplicada amb un angle de 57 graus (Càlcul B.9). La força de la corretja és estàtica.
- **Dimensions:** Les dimensions troben en el plànol 4.04.1.
- **Resistència del material (E295):** Sy és 285 MPa per diàmetre de 25mm, Sut és 500 MPa, Se(pr) és 250 MPa, Ka=0,86 (Mecanitzat), Kb=0,98 (Flexió no rotativa), Kc=1 (Flexió), Kd=1 (Temperatura més petit que 250 graus) i ke = 0,6 (1/Kf), a és igual 1602 i b és -0,18 (Fórmules vida limitada).
- **Concentració de tensions:** La concentració de tensions Kf és de 1,68 (q=0,425 material 0,4 GPa radi de 0,2, Kt = 2,6)

El valor obtingut del **coeficient de seguretat** és n=5.

És molt superior a 1,5 per tant és segur.

El càlcul a fatiga de l'eix del darrera no és necessari, ja que les forces són molt semblants i al tenir un **coeficient de seguretat** tant elevat en l'eix de davant significa que el de darrera també el tindrà més gran que 1,5.

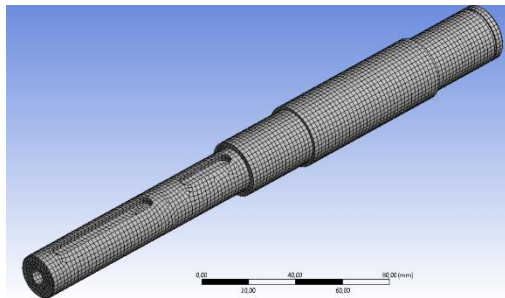
B.17. Càlcul Ansys de l'eix de les rodes del davant

Es vol calcular el **coeficient de seguretat** de l'eix de les rodes del davant.

Es calcula a partir del programa Static Structural de l'Ansys.

Dades:

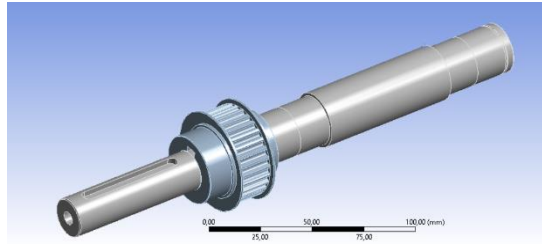
- **Forces:** Les forces són les mateixes que les del càlcul B.16.
- **Resistència del material (E295):** S_y és 285 MPa per diàmetre de 25mm, S_{ut} és 500 MPa.
- **Dimensions:** Les dimensions es troben en el plànol 4.04.1.
- **Mallat:** En el mallat s'ha aplicat un sizing en tota la peça per reduir cada element a 1 mil·límetre, també se li ha aplicat "Hex dominant Method".



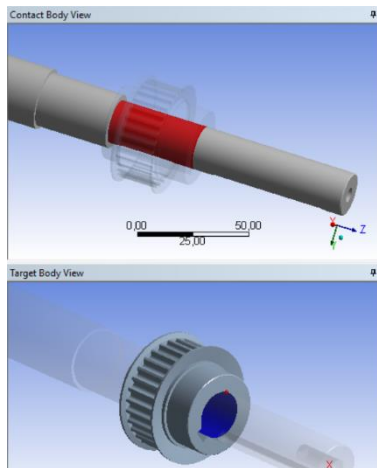
Imatge 99. Mallat de l'eix

Peces i contactes

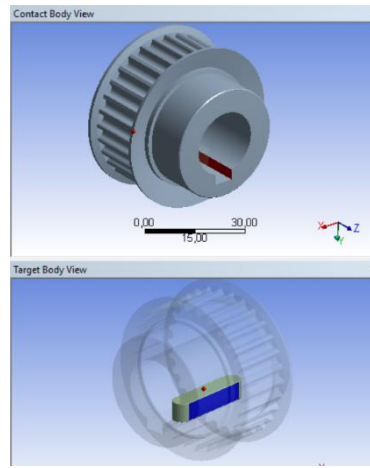
Les peces utilitzades pel càlcul han sigut la Roda Z30 Dint 20 (Plànol 4.04.2), una xaveta i l'eix de la roda de davant (Plànol 4.04.1) tot seguint el muntatge del subconjunt (Plànol 4.04). Els contactes que s'ha creat han sigut els següents: No separació entre el diàmetre interior de la politja i el diàmetre de l'eix (Imatge 103), "Bonded" en les dues cares contraries de la xaveta i de la roda (Imatge 102), "Bonded" en les dues cares contraries de la xaveta i de l'eix (Imatge 101), No separació entre la cara plana de la xaveta i de l'eix (Imatge 105) i no separació entre les dues cares laterals contraries entre politja i eix (Imatge 104).



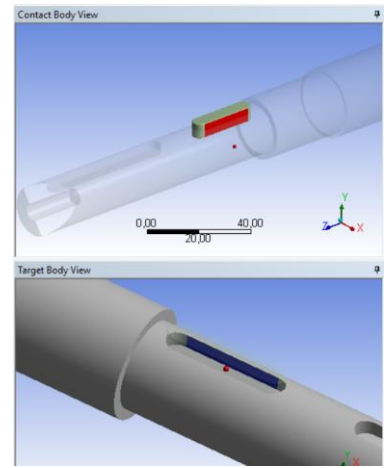
Imatge 100. Peces en el càlcul Ansys.



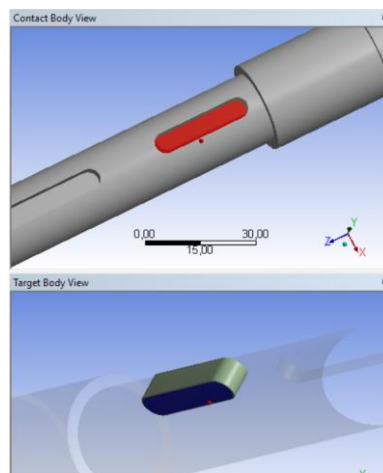
Imatge 103. Contacte no separació.



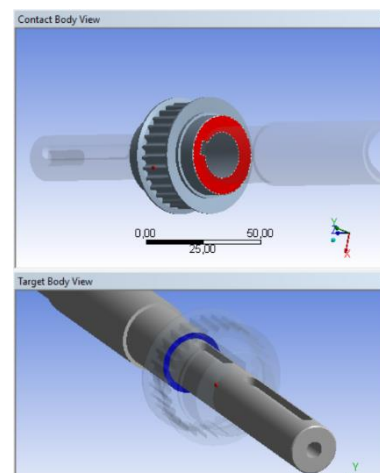
Imatge 102. Contacte lligat.



Imatge 101. Contacte lligat.



Imatge 105. Contacte no separació.

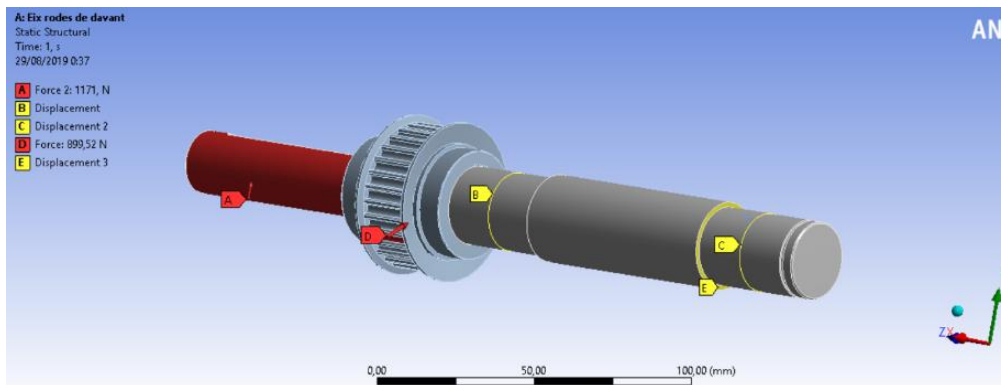


Imatge 104. Contacte no separació.

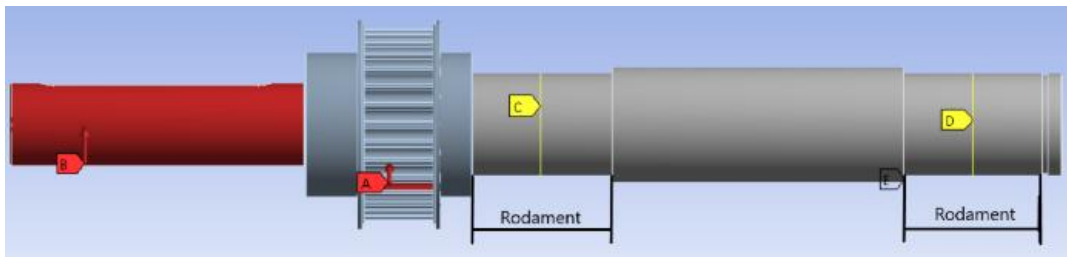
Condicions de contorn i forces

Les forces aplicades són les mateixes que les del càlcul B.16 i en el cas de les condicions de contorn, al centre de la cara de contacte on es troben situats els rodaments (Imatge 107), se li

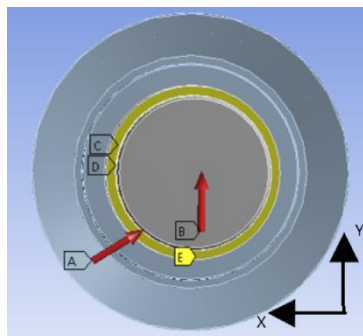
ha restringit el desplaçament en l'eix de les X i Y (Imatge 108). I per últim en la cara on s'allotja el rodament més apartat de la politja se li ha restringit el desplaçament en l'eix Z (Imatge 108).



Imatge 106. Condicions de contorn i forces eix de les rodes del davant. (Força $A=1171$ N i $D=900$ N)



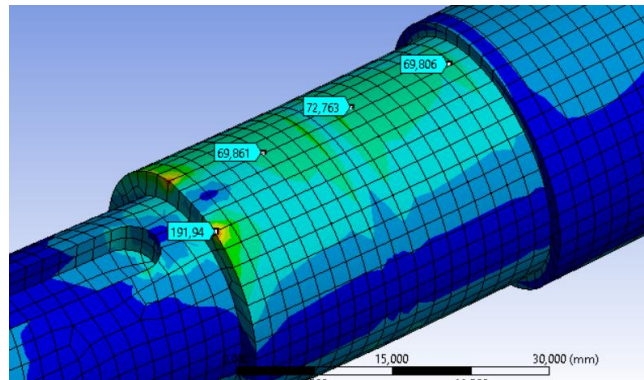
Imatge 107. Condicions de contorn.



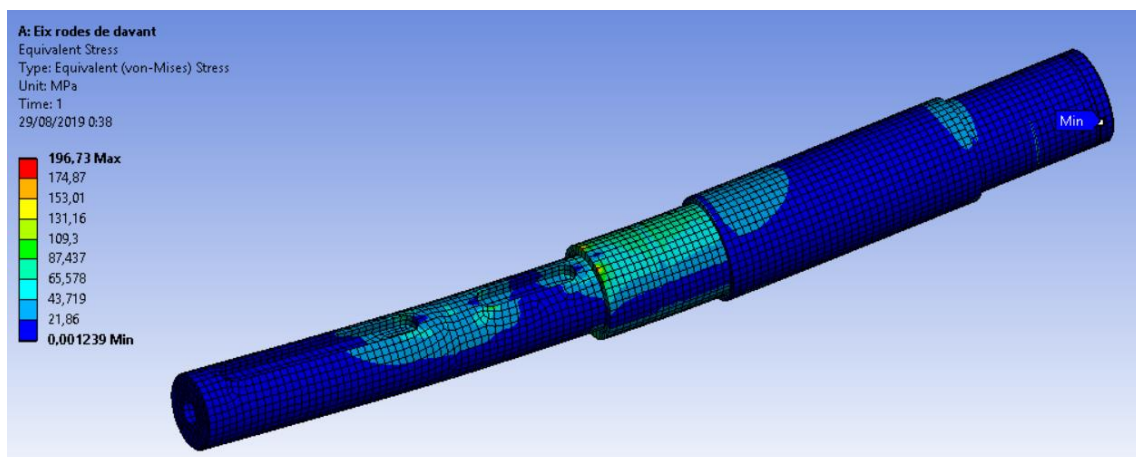
Imatge 108. Direcció forces i desplaçament E juntament amb eixos coordenades Ansys (Restringeix moviment axial)

Resultats

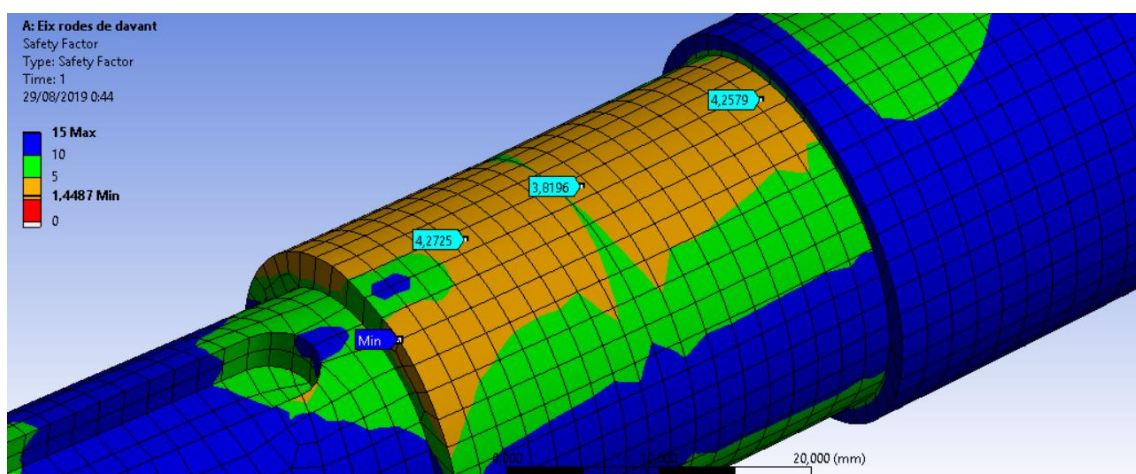
Els resultats obtinguts són molt semblants als calculats manualment. Es pot observar en les imatges següents que hi ha algun pic de tensió d'aproximadament 196 MPa, però al ser punts molt petits no se li faran cas. En la imatge 111 podem observar com el **coeficient de seguretat** es troba al voltant de $n=4$, el punt mínim de 1,44 és el punt on es troba el pic de tensió. Per tant es considera l'eix segur ja que el **coeficient de seguretat** ja que és superior a 1,5.



Imatge 109. Resultat tensions.



Imatge 110. Resultat tensions.



Imatge 111. Resultat coeficient de seguretat.

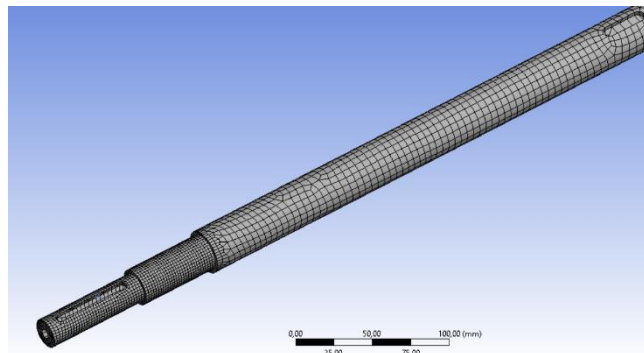
B.18 Càlcul Ansys de l'eix de les rodes del darrera

Es vol calcular el **coeficient de seguretat** de l'eix de les rodes del darrera.

Es calcula a partir del programa Static Structural de l'Ansys.

Dades:

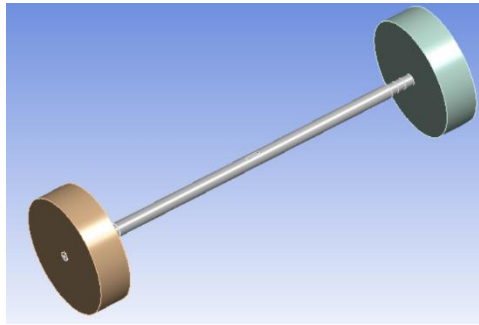
- **Forces:** Les forces que s'han agafat són del càlcul B.8 i B.10 (Ffregament = 641/2 i reacció màxima 915 N).
- **Resistència del material (E295):** Sy és 285 MPa per diàmetre de 25mm, Sut és 500 MPa.
- **Dimensions:** Les dimensions es troben en el plànol 4.03.
- **Mallat:** En el mallat s'ha aplicat un sizing per reduir cada element a 2 mil·límetre en les zones crítiques i 5mm en les zones menys crítiques, també se li ha aplicat "Hex dominant Method".



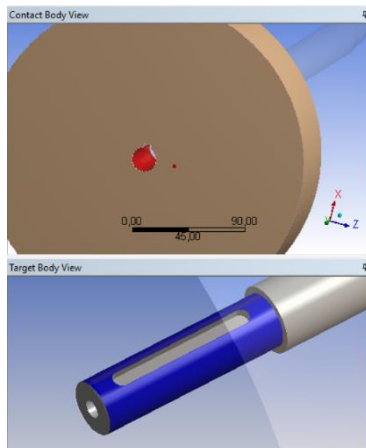
Imatge 112. Mallat eix del darrera.

Peces i contactes

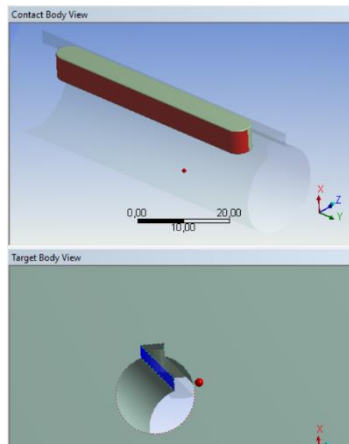
Les peces utilitzades en el càlcul han sigut la roda 260 mm (Plànol 4.07), la xaveta per la roda i l'eix del darrera (Plànol 4.03). Respecte els contactes, s'ha utilitzat "No separació" per la cara del diàmetre interior de la roda i la cara exterior de l'eix a on va allotjada aquesta (Imatge 116), "Bonded" entre cares oposades de la roda i xaveta al igual que la xaveta i eix (Imatge 114 i 115), "No separació" entre la cara plana de la xaveta i la de l'eix (Imatge 118) i per últim "No separació" entre les dues cares oposades laterals entre roda i eix (Imatge 117).



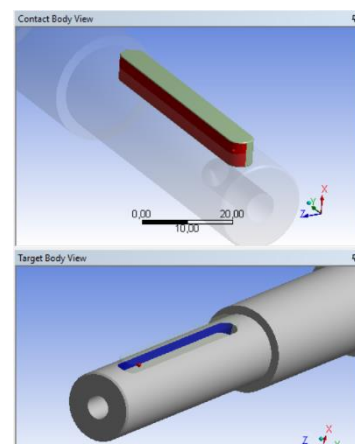
Imatge 113. Rodes i eix del darrera.



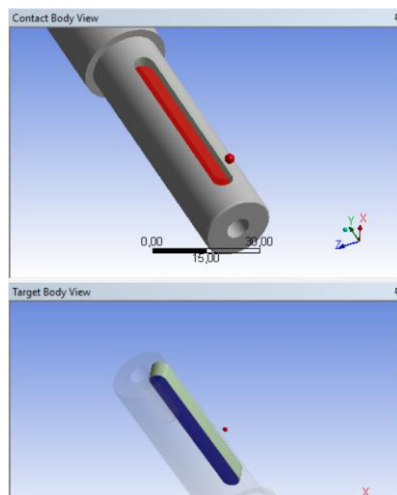
Imatge 116. Contacte no separació.



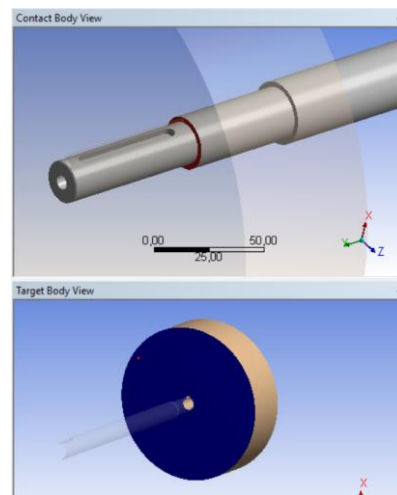
Imatge 115. Contacte lligat.



Imatge 114. Contacte lligat.



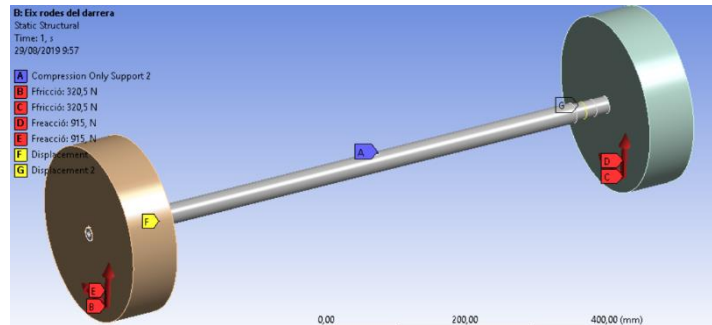
Imatge 118. Contacte no separació.



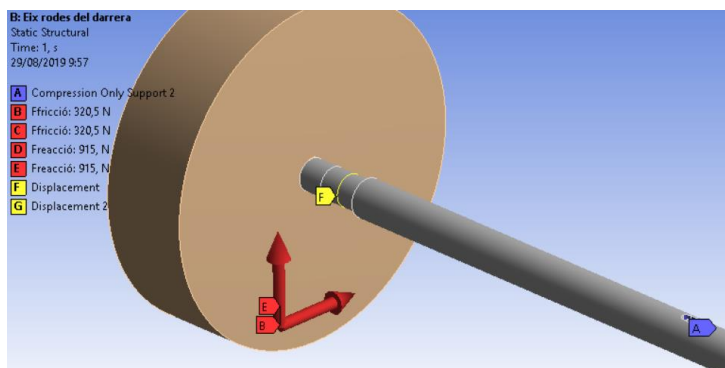
Imatge 117. Contacte no separació.

Condicions de contorn i forces

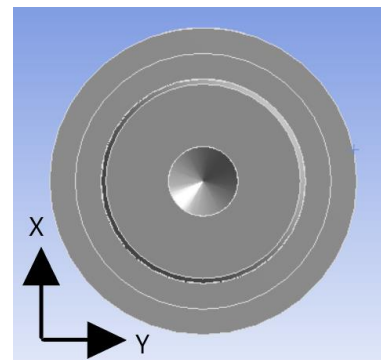
Les forces aplicades són les descrites anteriorment en l'apartat de dades i en el cas de les condicions de contorn, al centre de la cara de contacte on es troben situats els rodaments (Imatge 122), se li ha restringit el moviment en l'eix de les X i Z (Imatge 120 i 121). Se li ha aplicat també un condició de només compressió a la cara corresponent de la xaveta del centre de l'eix per tal de simular el fre (Imatge 123).



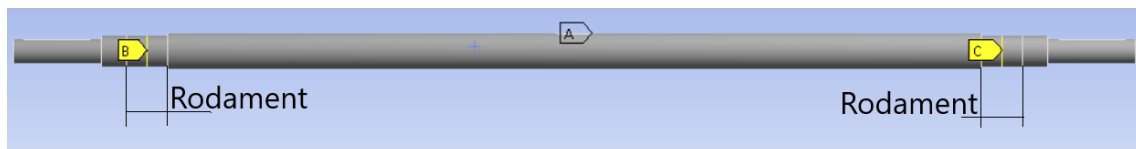
Imatge 119. Condicions de contorn i forces.



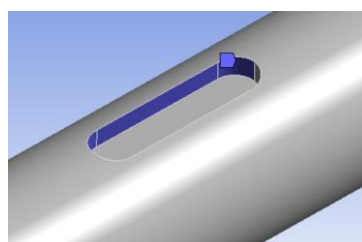
Imatge 121. Condicions de contorn i forces.



Imatge 120. Eixos de coordenades.

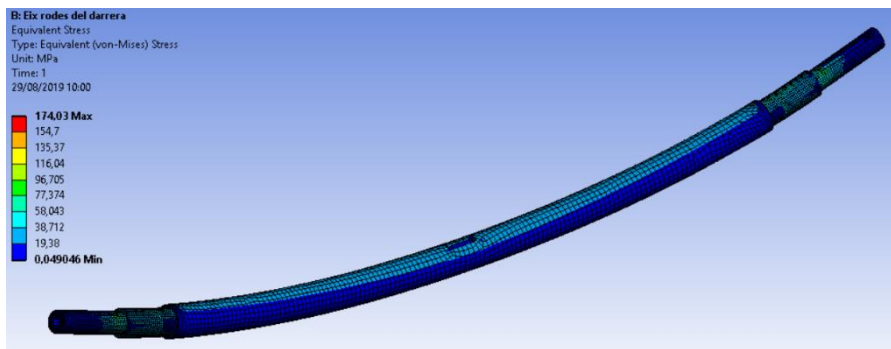


Imatge 122. Situació a l'eix dels rodaments.

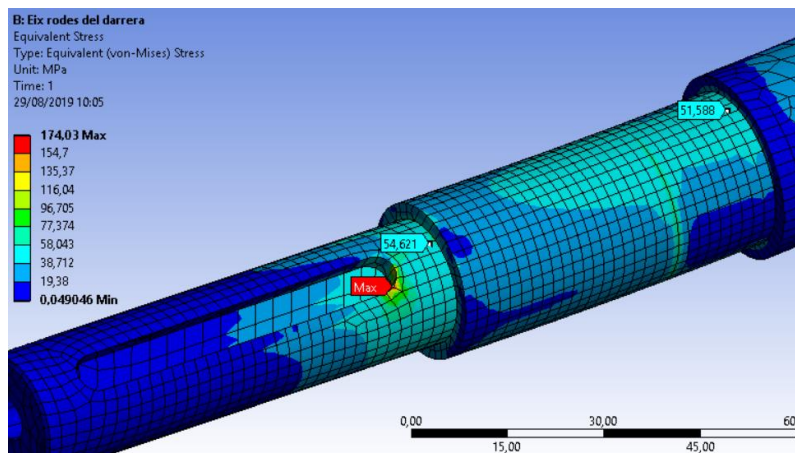


Imatge 123. Condició del fre.

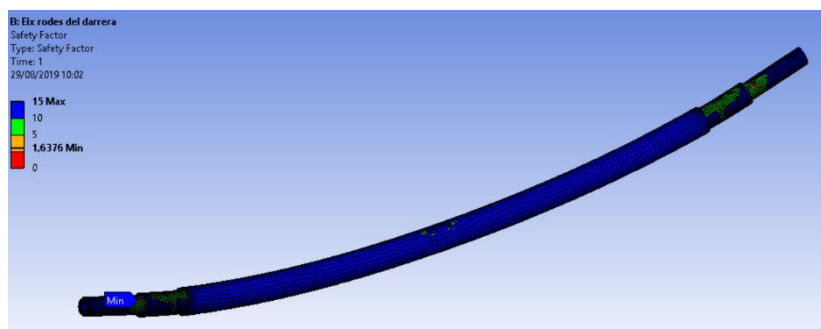
Resultats



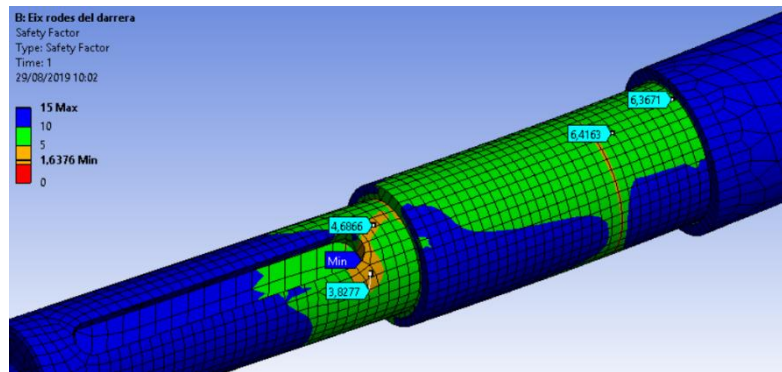
Imatge 124. Resultats tensions.



Imatge 125. Resultats tensions.



Imatge 126. Resultat coeficient de seguretat.



Imatge 127. Resultat coeficient de seguretat.

L'element en el qual es troba la **tensió màxima** no es té en compte ja que el canvi és molt brusco i no es té en compte.

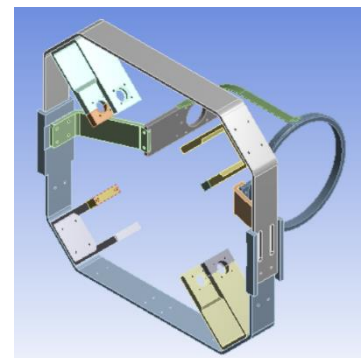
El valor del **coeficient de seguretat** és d'aproximadament $n=4$.

Es superior a 1,5 per tant es considera segur.

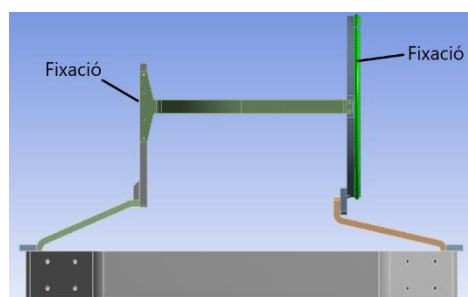
B.19. Càlcul Ansys del sistema de llançament i d'alimentació mòbil

Es vol calcular el **coeficient de seguretat** durant un llançament de pilota.

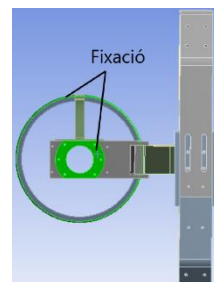
Es calcula a partir del programa Static Structural de l'Ansys. Les forces que actuen sobre el conjunt s'aniran modificant per tal de simular possibles casos a l'hora de fer un llançament. El conjunt es fixarà en els punts en el qual el sistema d'alimentació fix agafaria aquest conjunt en la màquina (Imatge 129 i 130).



Imatge 128. Sistema de llançament i S. Alimentació mòbil.



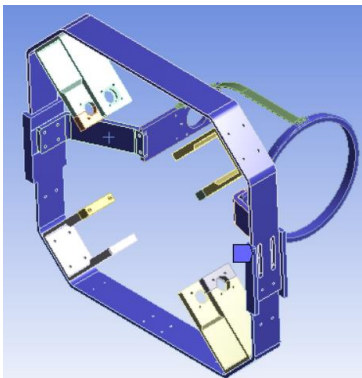
Imatge 129. Cares per on es fixarà el conjunt.



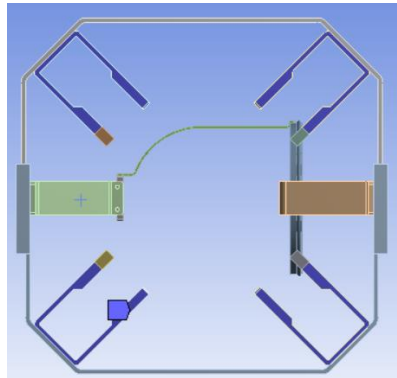
Imatge 130. Cares per on es fixarà el conjunt

Dades:

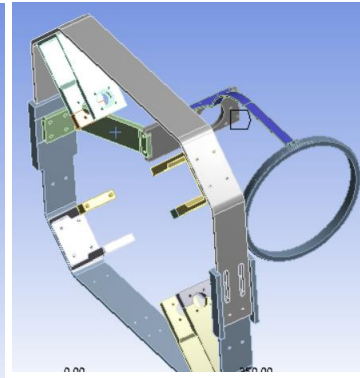
- **Forces:** Les forces que s'han agafat són les del càlcul B.3 (Freacció =375 N, Fnormal 500 N i força gravetat F=400 N).
- **Resistència del material (Alumini 6061-T6):** Sy és 270 MPa, Sut és 310 MPa.
- **Resistència del material (Alumini 6061-T4):** Sy és 110 MPa, Sut és 207 MPa.
- **Dimensions:** Les dimensions i el conjunt es poden trobar en els plànols 1.00 i 2.00.
- **Mallat:** En el mallat se li ha aplicat "Hex dominant Method", a més a més, també se li han anat fent body sizing per disminuir la mida de l'element.



Imatge 132. Peces amb mallat de 5 mm.



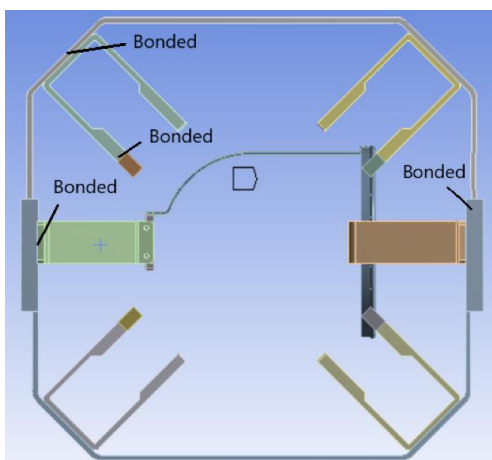
Imatge 133. Peces mallat 4 mm.



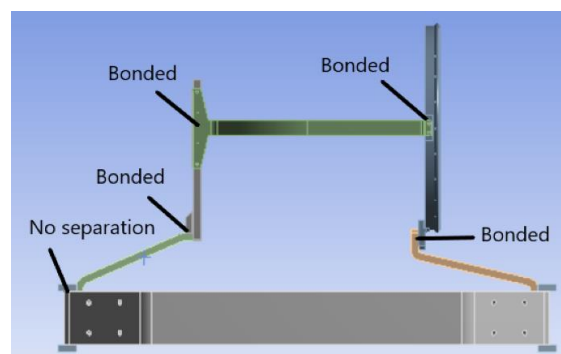
Imatge 131. Peces mallat 1,5 mm.

Contactes

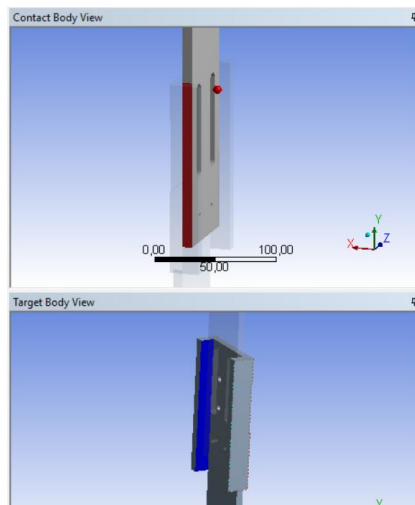
En les dues imatges següents es poden veure els tipus de contactes que s'han utilitzat per dur a terme el càlcul, el contacte de no separació es troba a la cara lateral del xassís superior el xassís inferior (Imatge 137). En canvi, les cares amples estan connectades amb un contacte "Bonded" (Imatge 136).



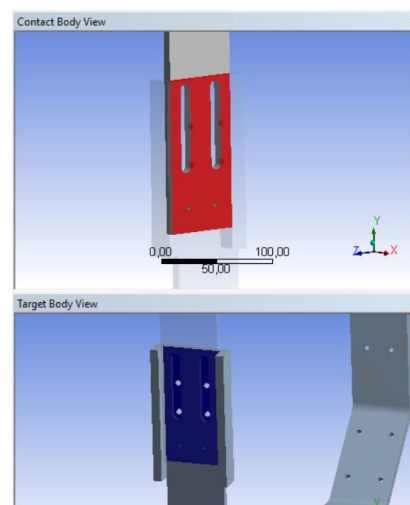
Imatge 134. Contactes vista frontal.



Imatge 135. Contactes vista planta.



Imatge 137. Contacte no separació.

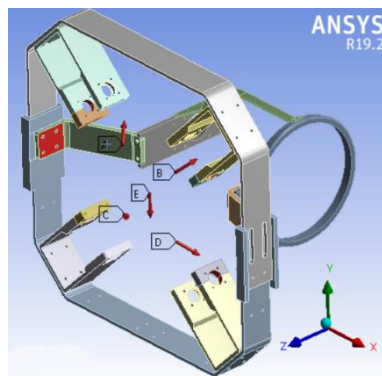


Imatge 136. Contacte lligat.

Condicions de contorn i forces

En les imatges següents es poden veure les condicions de contorn i forces. Les forces originades pel llançament s'han col·locat amb una força remota actuant a dins dels allotjaments dels rodaments de l'eix del sistema d'impulsió. En canvi les forces a causa de la gravetat s'han aplicat als laterals del xassís. Com s'ha descrit anteriorment s'anirà canviant les forces per simular diferents casos de llançaments, la força de compressió sempre està present. La força de la gravetat és de 400 N.

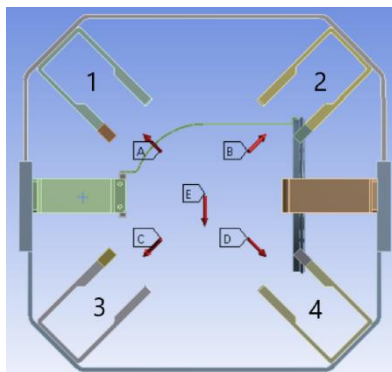
		Cas 1	Cas 2
Roda 1	X	-350	-350
	Y	350	350
	Z	-375	0
Roda 2	X	350	350
	Y	350	350
	Z	-375	-375
Roda 3	X	-350	-350
	Y	-350	-350
	Z	-375	0
Roda 4	X	350	350
	Y	-350	-350
	Z	-375	-375



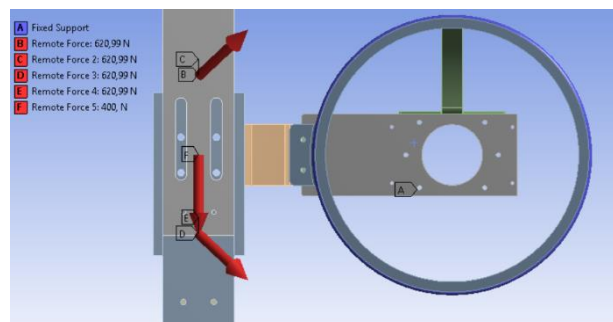
Imatge 138. Eixos coordenades.

B.19.1. Primer cas

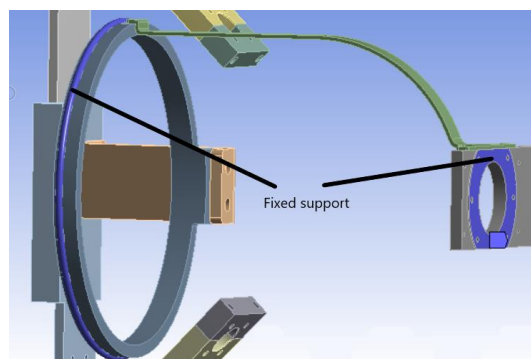
Forces i suports



Imatge 140. Forces vista frontal.

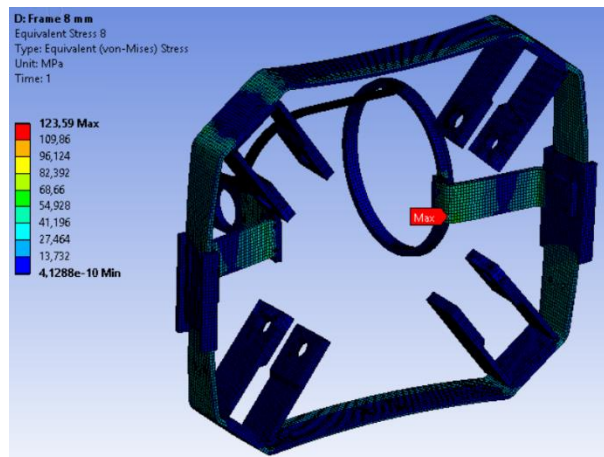


Imatge 139. Forces vista lateral.

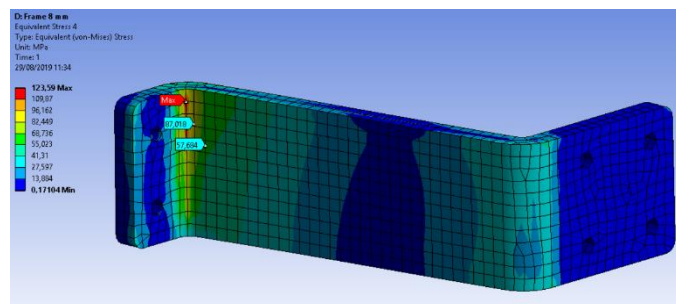


Imatge 141. Suport fixes.

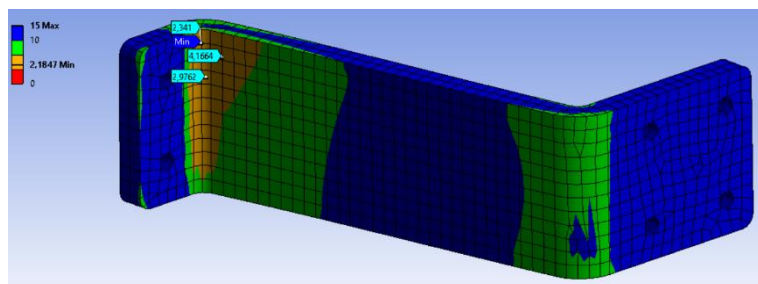
Resultats



Imatge 142. Tensions globals.



Imatge 143. Tensions més altes.

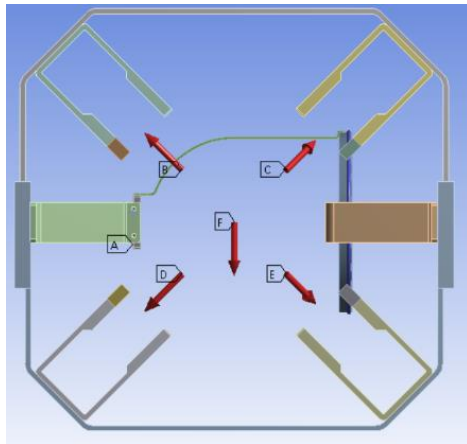


Imatge 144. Coeficient de seguretat.

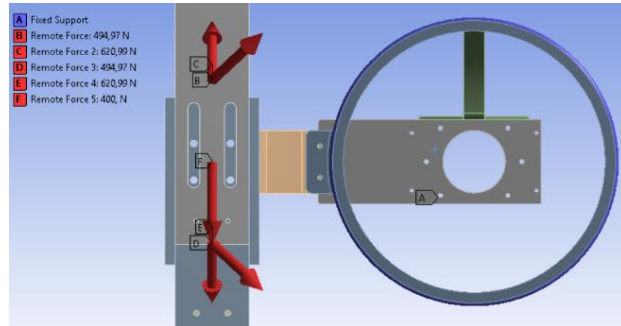
En aquests cas la peça més desfavorable és la subjecció del s. Llançament esquerra (Plànol 2.09). El valor obtingut del **coeficient de seguretat** és d'aproximadament $n=2,5$. Per tant es considera segur.

B.19.2. Segon cas

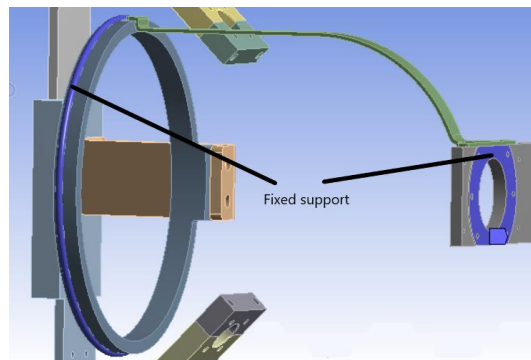
Forces i suports



Imatge 146. Forces vista frontal.

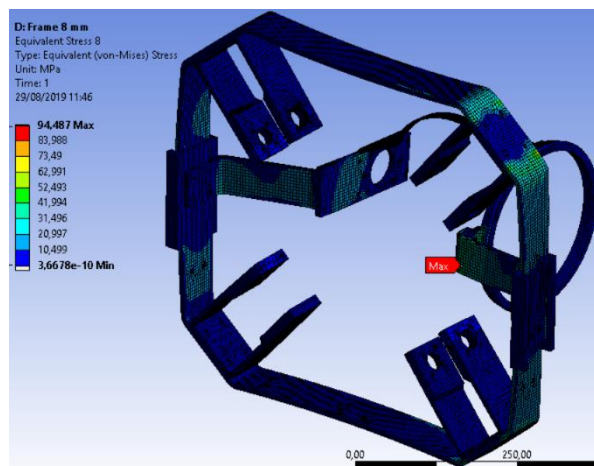


Imatge 145. Forces vista lateral.

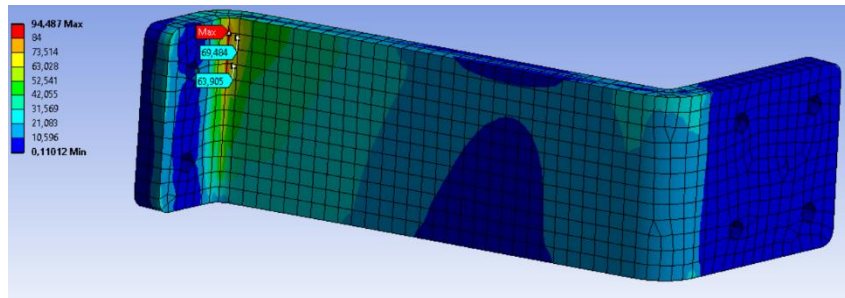


Imatge 147. Suport fixes.

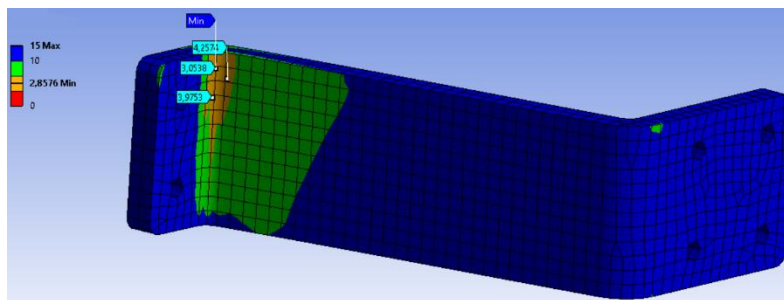
Resultats



Imatge 148. Tensions globals.



Imatge 149. Tensions subjecció sistema llançament esquerra.



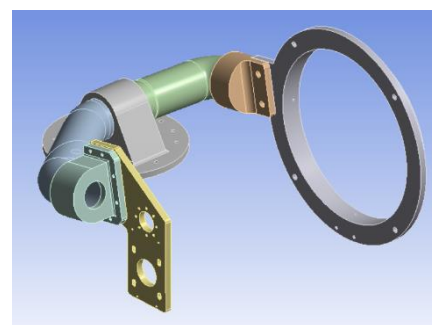
Imatge 150. Coeficient de seguretat.

El valor del **coeficient de seguretat** és d'aproximadament $n=3$, per tant es considera segur.

A.20. Càlcul Ansys dels braços del sistema d'alimentació fix

Es vol calcular el **coeficient de seguretat** durant un llançament de pilota.

Es calcula a partir del programa Static Structural de l'Ansys.



Imatge 151. Vista 3D.

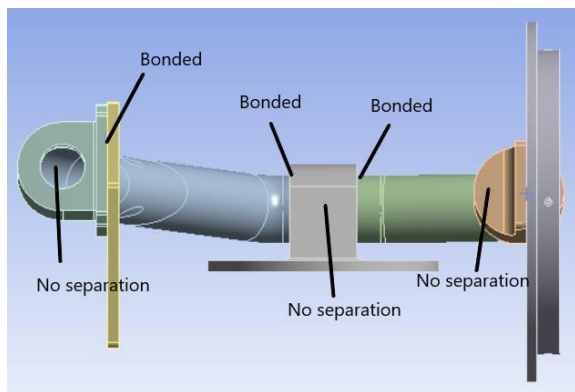
Dades:

- **Forces:** Les forces que s'han agafat són les del càlcul B.3 ($F = 1500$ N i $P_{conjunt} = 700$ N). A més a més, també hi ha les forces originades per l'engranatge el qual són de 2250 N ($F=122/0,054$ (Càlcul B.5)) i el pes del motor $P_{mot} = 100$ N.
- **Resistència del material (Alumini 6061-T6):** S_y és 270 MPa, S_{ut} és 310 MPa.

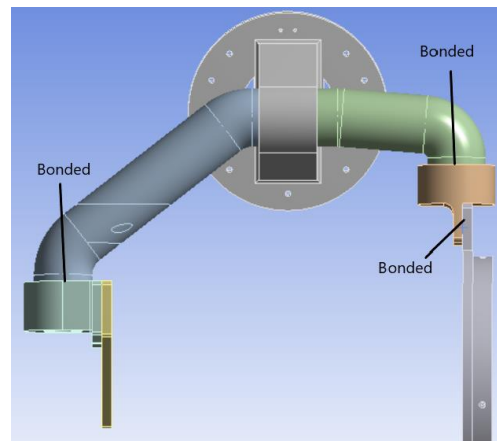
- **Resistència del material (S-275):** S_y és 275 MPa i S_{ut} és 410 MPa.
- **Dimensions:** Les dimensions i el conjunt es poden trobar en els plànols 0.01 i 2.00.
- **Mallat:** En el mallat se li ha aplicat "Hex dominant Method", a més a més, també se li ha aplicat un body sizing a tots els elements de 4mm.

Contactes

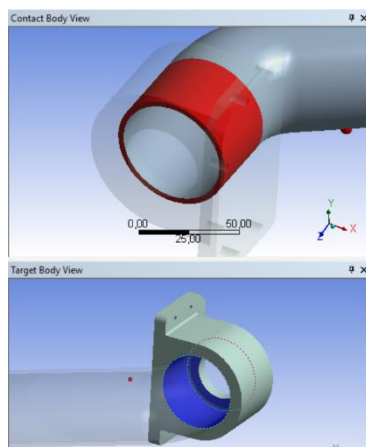
En les imatges següents es poden veure els tipus de contactes que s'han utilitzat per dur a terme el càlcul, entre el diàmetre dels braços i les seves subjeccions s'ha considerat un contacte de no separació (Imatge 153) i just a la sortida s'ha considerat Bonded ja que està soldat (Imatge 154).



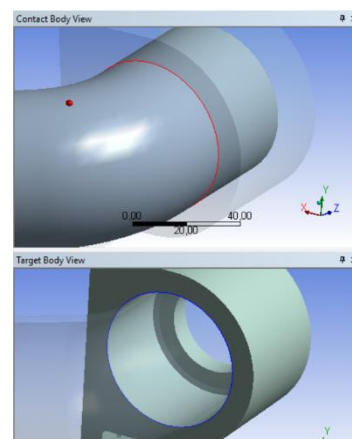
Imatge 153. Vista frontal.



Imatge 152. Vista planta.



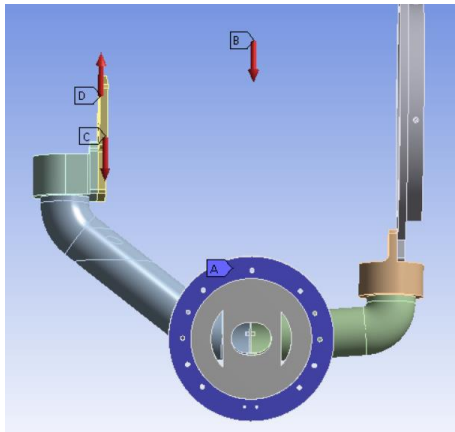
Imatge 155. Contacte no separació.



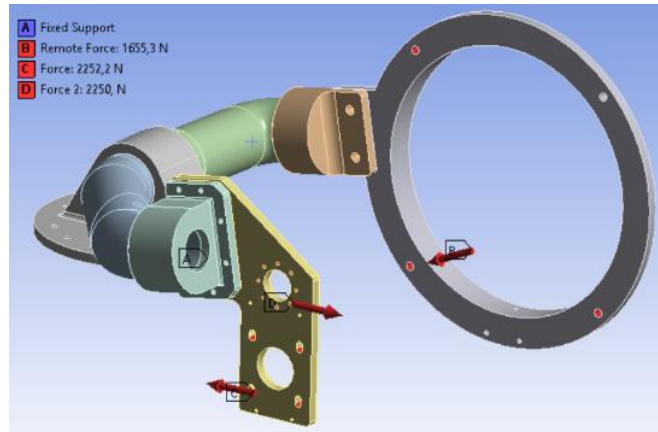
Imatge 154. Contacte soldat.

Condicions de contorn i forces

En les següents imatges es poden veure les condicions de contorn i forces aplicades al conjunt, les forces s'han aplicat al forats dels cargols de la anella exterior i del suport (Plànol 3.04.1 i Plànol 3.02). La força B és la del llançament i el pes del conjunt, i la força C i D són les forces originades a causa de mantenir el sistema en posició. En relació amb la força remota B, les distàncies s'ha agafat la del centre de gravetat del conjunt (S. Alimentació mòbil i S.llançament).

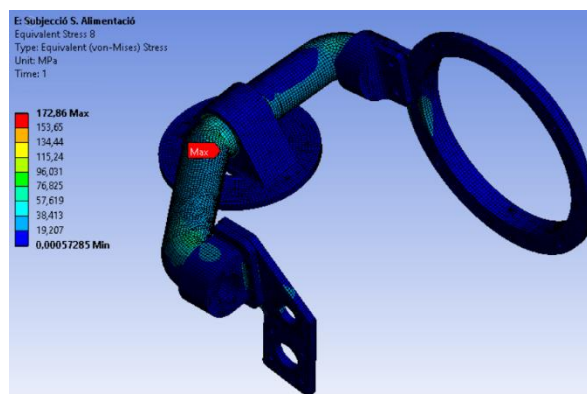


Imatge 156. Suport fixe.

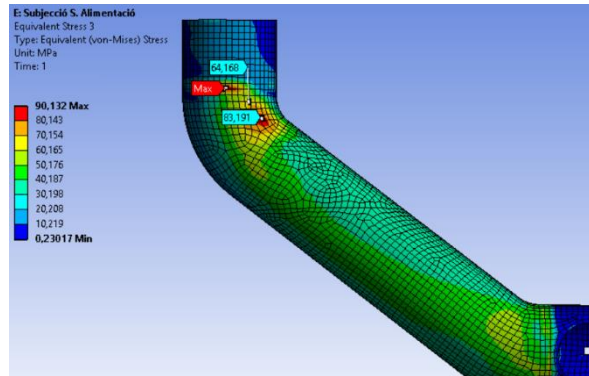


Imatge 157. Forces aplicades al conjunt.

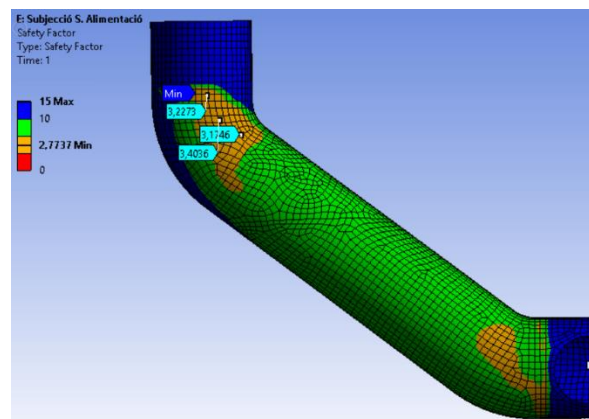
Resultats



Imatge 158. Tensions globals.



Imatge 159. Tensions braç dreta.



Imatge 160. Coeficient de seguretat braç dreta.

En les imatges anteriors s'ha representat la peça que més petita té el **coeficient de seguretat**.

El valor obtingut del **coeficient de seguretat** és d'aproximadament $n=3,2$, per tant es considera tot el conjunt segur.

ANNEX C: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

ANNEX C: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

C.1. Manual d'usuari

C.1.1. Funcionament i manipulació

Aquesta màquina està composta d'un sistema de llançament format per quatre rodes les quals disparen les pilotes a la velocitat programada per l'usuari, a més d'això, aquest podrà escollir una gran varietat d'opcions, les quals inclou: el gir sobre l'eix vertical, la inclinació de llançament i l'interval entre llançaments. També podrà escollir un gran varietat d'entrenaments programats amb anterioritat. Totes aquestes opcions les podrà controlar a partir d'una pantalla tàctil LCD extraïble.

Es recomana seguir els següents passos quan s'adquireix la màquina:

- 1- Connectar la màquina a la corrent per carregar la bateria al màxim.
- 2- Extreure la pantalla de la màquina.
- 3- Encendre la màquina a través del botó verd d'ON del darrera.
- 4- Apartar-se mig metre de la màquina.
- 5- A traves de la pantalla, inserir els paràmetres desitjats i les dimensions del camp.
- 6- Comprovar que tots els components de la màquina funcionin correctament i no s'hagin fet malbé pel transport.
- 7- Pulsar el boto vermell d'OFF per tal d'apagar la màquina i endreçar la pantalla.

Els passos a seguir per la utilització de la màquina són les següents:

- 1- Extreure la pantalla tàctil de la màquina.
- 2- Comprovar si hi ha pilotes a dins del sistema d'alimentació.
- 3- Encendre la màquina a través del botó d'ON.
- 4- Apartar-se mig metre de la màquina.
- 5- Desplaçar la màquina al lloc desitjat amb l'ajut de la pantalla.
- 6- Programar tipus d'entrenament que es desitja fer.
- 7- Durant l'entrenament la pantalla tàctil haurà d'estar estreta.
- 8- Un cop acabat l'entrenament, guardar la màquina en un lloc sec.
- 9- Pulsar el boto vermell d'OFF i endreçar la pantalla.
- 10- Si fos necessari es connectaria la màquina a la corrent per tal de carregar-la.

C.1.2. Precaucions

La màquina porta un sistema de protecció quan aquesta està en funcionament, encara així s'haurà de tenir en compte no apropar-se a menys de mig metre de la màquina quan aquesta estigui efectuant un entrenament ja que podria fer un gir inesperat i podria causar accidents no desitjats. També, s'haurà d'intentar no passar per davant de la boca de llançament ja que podria sortir disparada una pilota a alta velocitat.

La màquina està dissenyada per llançar únicament pilotes de futbol, altre tipus de pilota podria causar danys o mal funcionaments.

Quan la màquina estigui apagada s'haurà de vigilar no posar pes sobre els sistemes suportats per la bancada, també s'haurà de guardar la màquina en un lloc sec per tal de que no es faci malbé la electrònica i per últim, s'hauria d'evitar deixar carregant la màquina durant llargs períodes de temps ja que podria reduir la capacitat d'aquesta considerablement.

Es requerirà la supervisió d'un adult quan s'utilitzi la màquina.

C.2. Manteniment

En vista als manteniment, regularment s'hauria d'engreixar els engranatges de les corones giratòries juntament amb els cargols de potencia. D'aquesta manera s'evitaria un desgast excessiu d'aquests components.

A part d'engreixar els engranatges, s'hauria de comprovar si les dues corretges estan tensades correctament.

ANNEX D: SUBCONTRACTACIÓ

ANNEX D: SUBCONTRACTACIÓ

D.1. Subcontractació de la programació de la màquina

1. Antecedents

Es té una màquina per ajudar als jugadors d'un equip de futbol a que millorin en aspectes bàsics de l'esport. La màquina consisteix de 10 motors, 6 finals de cursa, 8 sensors d'ultrasons i càmeres, una pantalla tàctil LCD i un PLC. Tots aquests elements estan connectats al PLC per tal de que aquest gestioni correctament la màquina.

2. Objecte del projecte

S'hauria de dissenyar un programa capaç de comunicar-se correctament amb tots els components. Aquest programa haurà d'incloure els càlculs matemàtics per tal de regular la inclinació del sistema de llançament, el gir respecte l'eix vertical, les velocitats de rotació dels motors d'impulsió, la posició d'ajustatge per les pilotes, el desplaçament de la màquina, la posició de la màquina i els sistemes de seguretat descrits anteriorment.

3. Especificacions i abast

3.1. Especificacions de la petició

Tema	O/D	Descripció
Costos	Desitjable	500 euros
Precisió	Desitjable	Els càlculs haurien de ser precisos
Interfície	Obligatori	Interfície de la pantalla tàctil LCD ha de ser simple

Taula 5. Requeriments del projecte.

3.2. Abast

Es lliurarà el programa instal·lat a dins del PLC, juntament amb un manual d'usuari.