

Resum

El projecte consisteix en el disseny d'una màquina dispensadora de pilotes de golf. La demanda d'aquest tipus de màquines és petita i per tant, l'oferta que les empreses relacionades amb l'àmbit del golf han generat també és petita. L'objectiu del projecte és dissenyar una màquina que pugui competir amb les que existèixen al mercat.

El projecte aborda la part mecànica, és a dir, el conjunt físic de la màquina, i la part elèctrica relativa als accionaments, és a dir, els diferents tipus de motors necessaris per a que la màquina funcioni.





Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	5
2. PREFACI	7
2.1. Origen del projecte	7
2.2. Motivació.....	7
2.3. Requeriments previs.....	7
3. INTRODUCCIÓ	9
3.1. Objectius del projecte	9
3.2. Abast del projecte	9
4. DISSENY DE LA MÀQUINA	11
4.1. Estat de coneixement del problema.....	11
4.1.1. Estudi de mercat.....	11
4.1.2. Usos del producte.....	14
4.1.3. Millores a introduir.....	14
4.1.4. Descripció del producte.....	15
4.2. Producte.....	16
4.2.1. Disseny de la màquina	16
4.2.2. Motorització de la màquina	17
4.2.3. Materials emprats	20
4.2.4. Soldadures.....	21
4.2.5. Esquemes i dibuixos de la màquina	22
4.2.6. Vida del producte.....	23
4.3. Fabricació	24
4.3.1. Components	24
4.3.2. Muntatge	41
4.4. Cicle de treball	41
4.4.1. Tipus de senyals.....	41
4.4.2. Fraccionament mínim del controlador.....	42
4.4.3. Cicle de treball	43
4.5. Estudi econòmic	49
4.5.1. Inversió inicial corresponent al disseny i construcció del prototipus	49



4.5.2. Estudi financer.....	51
4.6. Impacte ambiental.....	52
CONCLUSIONS	53
AGRAÏMENTS	55
BIBLIOGRAFIA	57
Referències bibliogràfiques	57
Bibliografia complementària	57



1. Glossari

A sota hi ha una llista de signes, símbols, abreviatures, acrònims o termes que aparèixen en el projecte i que poden no ser compresos fàcilment pel lector.

EM – Enginyeria Mecànica

ETSEIB – Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona

MEC – Mecànica

DM - Disseny de màquines

VM – Von Misses

M_m – Parell motor

w_m – Velocitat angular

J_m – Moment d'inèrcia

W_m – Energia cinètica doble

i – Relació de transmissió

θ_r – Desplaçament angular



2. Prefaci

2.1. Origen del projecte

El projecte va sorgir d'una llista de propostes que va presentar el departament de mecànica de l'ETSEIB. Dins d'aquestes propostes jo buscava una relacionada amb el camp del disseny de màquines i la màquina dispensadora de pilotes de golf em va semblar una bona idea.

2.2. Motivació

La motivació per la qual vaig escollir aquest projecte i no un altre era la de desenvolupar una màquina des de zero. La carrera d'enginyeria industrial és una barreja de diferents disciplines i vaig trobar interessant acabar-la amb un projecte que agrupés diferents àmbits del coneixement com la mecànica, el disseny i l'electricitat.

El disseny de la màquina correspon a la part mecànica i l'elecció del tipus d'accionament juntament amb la previsió del cablejat correspon a la part elèctrica.

2.3. Requeriments previs

Els requeriments previs per a l'elaboració d'aquest projecte consisteixen en recollir informació sobre les màquines que hi ha al mercat i prendre la decisió de quins aspectes poden ser objecte de millora per tal de fer la màquina dissenyada competitiva amb les que existeixen al mercat.

En els apartats posteriors s'ha fet un estudi previ de les màquines que hi ha a la venda i s'ha fet una llista de les característiques que ha de tenir el model per tal de poder ocupar cota de mercat.



3. Introducció

3.1. Objectius del projecte

El projecte consisteix en el disseny d'una màquina dispensadora de pilotes de golf. La demanda d'aquest tipus de màquines és petita i per tant, l'oferta que les empreses relacionades amb l'àmbit del golf han generat també és petita. L'objectiu del projecte és dissenyar una màquina que pugui competir amb les que existèixen al mercat.

A l'apartat 4.1. s'ha fet un estudi de mercat i s'han establert les característiques que ha de complir la màquina per tal de poder ocupar una part de la quota actual de mercat.

3.2. Abast del projecte

El projecte aborda la part mecànica, és a dir, el conjunt físic de la màquina, i la part elèctrica relativa als accionaments, és a dir, els diferents tipus de motors necessaris per a que la màquina funcioni.



4. Disseny de la màquina

4.1. Estat de coneixement del problema

4.1.1. Estudi del mercat

En aquest apartat s'estudiaran les màquines dispensadores de pilotes de golf que hi ha al mercat per tal de dissenyar una màquina que pugui competir amb aquestes.

La cerca d'informació s'ha realitzat a través d'internet donat que la majoria d'empreses que es dediquen al món del golf són estrangeres i ofereixen els seus serveis via web.

4.1.1.1. Màquina 1

La primera màquina és de l'empresa taiwanesa Hono que es dedica exclusivament a la fabricació i exportació de productes relacionats amb el golf.

Un braç mecànic trasllada la pilota de golf fins a un tee elàstic clavat a una catifa de gespa artificial. Les pilotes estan emmagatzemades en un cubell que forma part de la mateixa màquina. Un dispensador del qual no es té cap mena d'informació s'encarrega de proporcionar només una pilota per cada moviment de braç. La màquina té dos modes de funcionament: en el primer la màquina dispensa una pilota cada vegada que es pressiona un sensor de la màquina amb el pal i en el segon la màquina dispensa les pilotes de golf automàticament.



Fig. 4.1. Màquina 1

Les especificaciones tècniques de la màquina són les següents:



Dimensions	450 x 310 x 265 mm
Power	AC 110 / 220 V; DC 12 V; 0,8 A; 50 – 60 HZ; 10 W
Pes net	13,5 kg
Capacitat de boles de golf	200 pilotes de golf

4.1.1.2. Màquina 2

La segona màquina és de l'empresa japonesa Ikemoto Shatai Kogyo Co. que es dedica exclusivament a la fabricació i exportació d'aquesta màquina.

La màquina resta amagada sota una catifa de gespa artificial. Una tija mecànica propulsada per un motor elèctric travessa un forat i eleva la pilota de golf col·locada en el forat. La tija mecànica fa la funció de tee i és elàstica per tal de suportar els cops de pal. La màquina té un regulador per tal d'ajustar l'altura a la que es vol la pilota.



Fig. 4.2. Màquina 2



4.1.1.3. Màquina 3

La tercera màquina és un altre model de l'empresa taiwanesa Hono. La màquina actualment no està a la venda donat ha quedat rellegada per l'explicada al punt 4.1.1.1.

Un sistema de guies uneixen la màquina amb el tee. Quan es dispensa una bola, aquesta cau per gravetat i arriba fins al tee. Quan es va a golpear la pilota les guies baixen fins al terra i el golfista efectua el cop sense impactar amb elles. Les pilotes estan emmagatzemades en un cubell que forma part de la mateixa màquina. Un dispensador del qual no es té cap mena d'informació s'encarrega de proporcionar només una pilota per cada moviment de les guies.



Fig. 4.3. Màquina 3

4.1.1.4. Màquina 4

Aquesta màquina és igual a la del punt 4.1.1.3. , però amb la variació de que la capacitat del cubell de les pilotes és molt més gran.



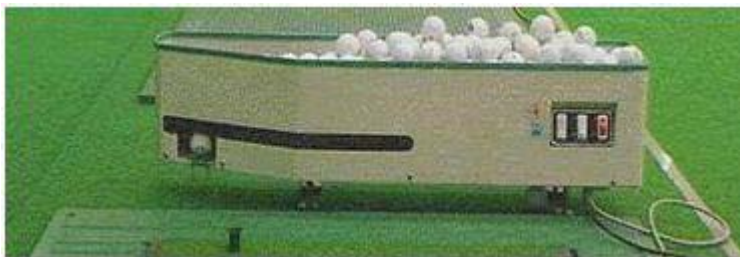


Fig. 4.4. Màquina 4

4.1.1.5. Usos del producte

Els usos de la màquina poden ser diversos: es pot utilitzar per a practicar swings al camp, a casa amb una red per tal de practicar la postura, per prevenir lesions...

La màquina degut al seu preu pot ésser utilitzada per persones amateurs que els agradi el golf així com per professionals que necessitin repetir el swing multitud de vegades per tal d'apropar-se a la perfecció.

4.1.2. Millores a introduir

Les millores a introduir a la màquina corresponen a tots aquells aspectes que fan que la màquina sigui més competitiva. Aquests aspectes són:

- Preu -> reduïnt el preu de venda.
- Emmagatzematge de pilotes -> augmentant la capacitat d'emmagatzematge de pilotes de golf s'allarga la utilització de la màquina.
- Alimentació -> reduïnt les necessitats energètiques.
- Capacitat de la bateria -> augmentant la capacitat de les bateries s'allarga la utilització independent de la màquina.
- Mobilitat -> fent la màquina més lleugera i més fàcilment desplaçable.

Les característiques que es milloraran respecte a les màquines actuals són:

- **Mobilitat** -> les màquines actuals són molt poc mòbils, cap té rodes i estan pensades per a estar sempre en el mateix lloc. Aquesta serà la característica que serà



implementada en profunditat i que col·locarà la màquina dissenyada un punt per endavant de les que estan al mercat avui en dia.

- **Preu** -> es mirarà d'economitzar al màxim la màquina, però la característica primordial serà fer una màquina construïble mòbil.

4.1.3. Descripció del producte

El producte que es vol dissenyar és una màquina que dugui a terme la tasca de col·locar una pilota de golf en el tee. Per a dur a terme aquesta acció hi han multitud d'alternatives possibles en quant a la construcció de la màquina.

4.1.3.1. Col·locació de la pilota

Per a la *col·locació de la pilota* es pot utilitzar un braç mecànic, un sistema de guies, un tija mecànica que fagi la funció de tee...

La solució escollida és la **col·locació mitjançant un braç mecànic**. En la màquina a dissenyar primarà la mobilitat i aquesta està íntimament relacionada amb l'adaptació a les particularitats del terreny. S'ha escollit aquesta opció per ser la que millor s'adapta als desnivells del terreny i a la mobilitat. La utilització d'un sistema de guies no és un sistema que s'adapti a les particularitats del terreny ja que sincronitzar el tee amb les guies és molt més complicat que sincronitzar el tee amb un braç mecànic. L'opció de la tija mecànica falla pel fet que no és un dispositiu mòbil ja que necessita per a la seva col·locació de l'existència d'un forat al terra.

4.1.3.2. Dispensador de les pilotes

El *dispensador de les pilotes* és un dels elements que permet més variabilitat. El dispensador ha de permetre subministrar només una pilota quan el braç estigui en la posició correcta i impedir que caiguin pilotes quan aquest no estigui a sota del tub que connecta el dipòsit amb el braç. El dispensador pot ser purament mecànic, és a dir, que mitjançant una lleva obri una obertura quan el braç estigui a sota del tub i la tanqui quan aquest no hi estigui a sota, pot estar format per un parell de petits actuadors que correctament regulats duguin a terme l'acció de deixar lliure una pilota quan el braç estigui receptiu,...

La solució escollida és el dispensador format per **2 actuadors sincronitzats**. L'opció del dispensador mecànic és molt més elaborada i no necessita alimentació elèctrica, però també molt més costosa.



4.1.3.3. Emmagatzematge de les pilotes

Les pilotes poden estar *emmagatzemades* en un dipòsit dins de la mateixa màquina o en un dispositiu extern.

La solució escollida és **un dipòsit dins de la mateixa màquina** ja que la màquina ha de ser mòbil.

4.1.3.4. Alimentació elèctrica

L'*alimentació elèctrica* dels motors de la màquina pot ser mitjançant corrent de xarxa o mitjançant bateries.

La solució escollida és l'**alimentació mitjançant corrent altern i bateries**. El funcionament seria l'anàleg al d'un ordinador portàtil, és a dir, si es troba en un lloc on no hi ha xarxa elèctrica funcionarà mitjançant les bateries i si es connecta a la xarxa utilitzarà l'energia elèctrica per a carregar les bateries i fer funcionar la màquina. Així si aquesta està in mòbil pot beneficiar-se de les ventatges de la utilització de l'energia de la xarxa i si s'està utilitzant pel camp pot alimentar-se a través de bateries.

4.1.3.5. Mobilitat de la màquina

La *mobilitat* de la màquina pot ser nul·la, és a dir, destinada a estar sempre al mateix lloc o mòbil, una màquina dissenyada per a moures pel camp de golf i poder practicar des de diferents zones del camp.

La solució escollida és la mobilitat total, és a dir, una màquina que tingui un **mànec i rodes** i que pugui utilitzar-se per tot el camp.

4.2. Producte

4.2.1. Disseny de la màquina

En aquest apartat ens encarregarem de definir la màquina. A l'apartat 4.1.4. s'ha arribat a les conclusions següents:

- Col·locació de la pilota amb un braç mecànic.
- Dispensador de pilotes mitjançant 2 actuadors sincronitzats.
- Emmagatzematge de les pilotes en un dipòsit dins de la mateixa màquina.



- Alimentació mitjançant corrent altern i bateries.
- La màquina ha de ser mòbil i ha de tenir un mànec per estirar-la i rodes per a facilitar el moviment.

4.2.2. Motorització de la màquina

Aquest apartat s'encarrega d'estudiar la motorització de les parts mòbils de la màquina. Les parts mòbils de la màquina són 3:

- El braç mecànic.
- El dispensador que s'encarrega de dispensar les pilotes.
- La càpsula de dins del braç que transporta la pilota des de la màquina fins al tee.

4.2.2.1. Tipus de motors

La primera decisió a prendre és quin tipus de motors es col·locaran a la màquina. Per a dur a terme aquesta decisió primer s'han d'estudiar els moviments mecànics:

- 1) Tenim un braç mecànic que ha de fer un moviment de 90° des del punt on recull una pilota que cau per gravetat quan el dispensador la deixa anar fins al tee, on l'ha de deixar. El motor que dugui a terme aquest moviment ha de complir:
 - Tenir la potència adequada per a moure el braç.
 - Realitzar el moviment en un temps que no sigui ni massa lent ni massa ràpid.
 - Ser un motor de corrent continua compatible que pugui funcionar alimentat per una bateria. Les bateries estàndard que hi ha al mercat són de 6 i 12 V.

Per a aquest moviment s'ha escollit un **motoreductor de corrent continu** de 12V. És motoreductor perquè la velocitat de sortida de l'eix sense reduir és massa alta per a poder fer el moviment i per tant, és necessari l'acoplament d'un reductor que la redueixi.



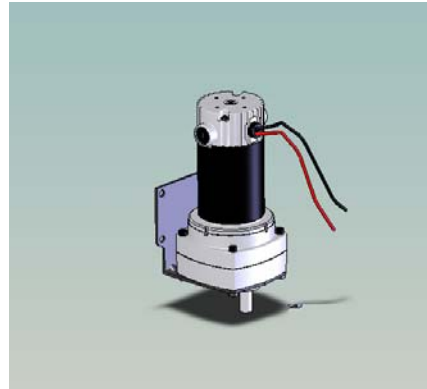


Fig. 4.5. Motorreductor de corrent continu

2) El dispensador de pilotes i la càpsula de l'extrem del braç requereixen un actuator que reguli la caiguda de les pilotes. Aquest ha de complir:

- La força d'empenta del pistó no és un paràmetre important donat que la força requerida serà molt petita.
- La velocitat del pistó per a fer el moviment tampoc és important perquè sempre treballarà en sincronisme amb els altres pistons i per tant no depèn del temps que triguin les pilotes a caure per gravetat.
- Ser un motor de corrent continua compatible que pugui funcionar alimentat per una bateria. Les bateries estàndard que hi ha al mercat són de 6 i 12 V.

Per tant, per aquests moviments s'ha escollit un **electroiman de corrent continu** que treballi en el rang 6 o 12 V.



Fig. 4.6. Electroiman de corrent continu



Resumint, la màquina contindrà 4 motors elèctrics de 2 tipus: del primer tipus tindrà 1 motoreductor de corrent continu per al braç mecànic i del segon tipus tindrà 3 electroimans de corrent continu (2 per al dispensador de pilotes i 1 per a subjectar la pilota al braç mecànic). Els càlculs dels motors els trobarem a l'annexe de càlculs.

Tipus de motor	Nombre d'unitats
Motoreductor de corrent continu	1
Electroiman de corrent continu	3

4.2.2.2. Ensamblatge dels motors en la màquina

El **motoreductor de corrent continu** anirà collat al xassís de la màquina a través d'una peça que ve amb el motor i que permet collar-lo horitzontalment o verticalment.

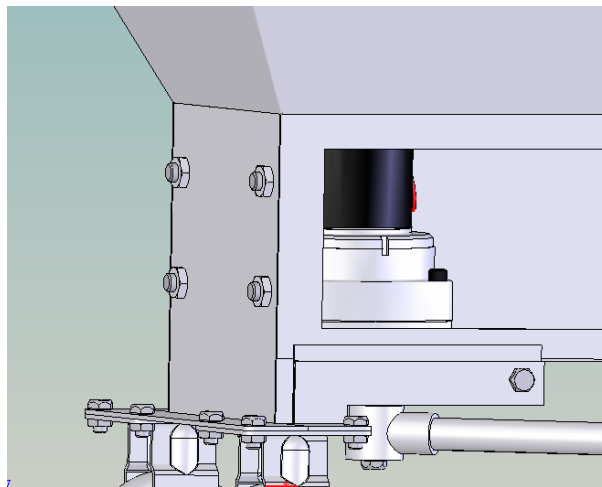


Fig. 4.7. Motoreductor collat al xassís de la màquina

Els **electroimans de corrent continu que formen part del dispensador de pilotes al braç mecànic** aniran collats a dos planxes de metall que aniran soldades a una barra que creua el xassís i a la planxa inferior del xassís.



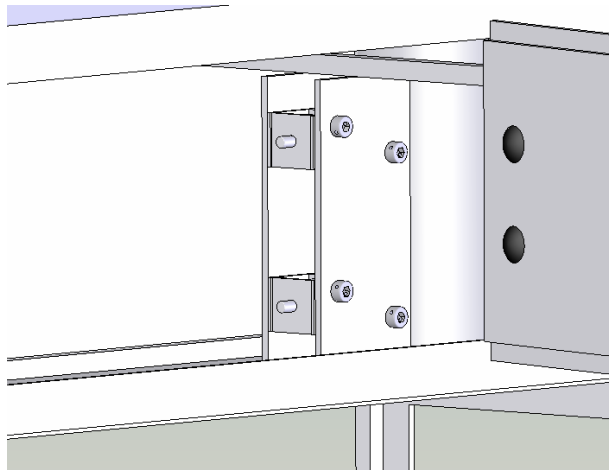


Fig. 4.8. Electroimans collats a les dos planxes d'acer

L'electroiman de corrent continu que forma part del dispensador del braç mecànic anirà collat a dos peces de polipropilè que el subjectaran al tub del braç.

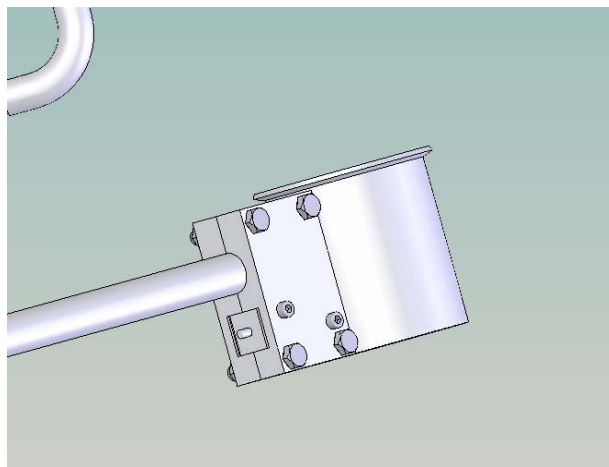


Fig. 4.9. Electroiman del braç mecànic collat a les dos peces de polipropilè

4.2.3. Materials emprats

En aquest apartat s'evaluarà el material més idoni per a les xapes i cilindres que s'hauran de mecanitzar. El material utilitzat haurà de ser metàl·lic i haurà de ser:

- Soldable.



4.2.5. Esquemes i dibuixos de la màquina

En aquest apartat s'han col·locat uns dibuixos de la màquina per tenir una idea del seu funcionament.

4.2.5.1. Màquina sencera

La figura següent mostra una imatge obtinguda a partir d'un programa de disseny CAD de com seria la màquina un cop construïda.

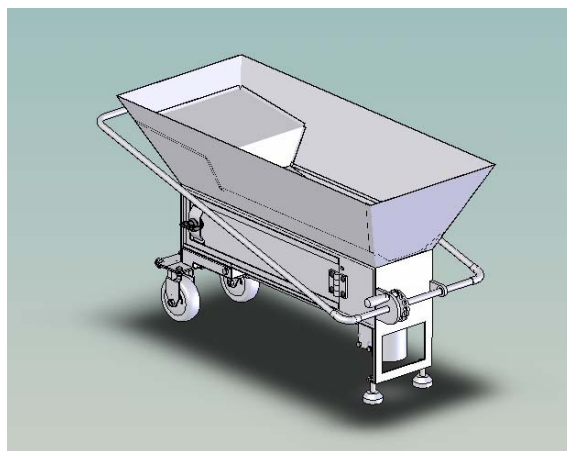


Fig. 4.11. Màquina sencera

4.2.5.2. Sistema dispensador de pilotes

El dispensador de pilotes és l'element de la màquina que s'encarrega de subministrar una pilota del dipòsit cada vegada que s'envii una ordre. Aquest està format per dos electroimans que funcionant alternativament i deixant un espai entre ambdós en el que càpiga una pilota permet subministrar només una bola per cicle. A l'apartat 4.4. Cicle de treball es detalla el procés seguit per la màquina.



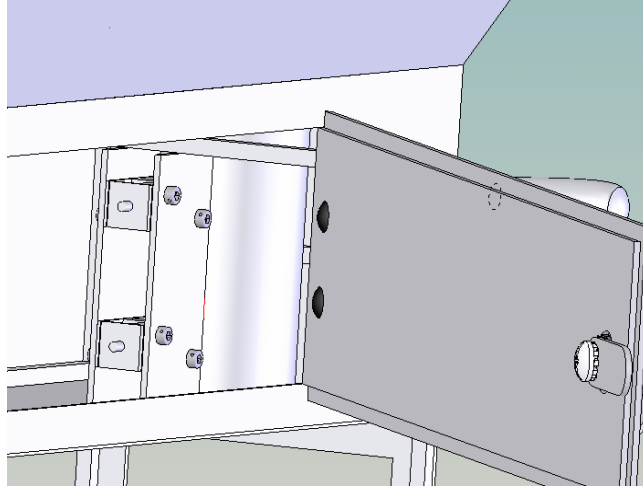


Fig. 4.12. Dispensador de pilotes

4.2.5.3. Sistema col·locador de pilotes

La col·locació de les boles la duu a terme un braç mecànic amb una capsa a l'extrem. En aquesta cau la pilota que queda subjectada per l'electroiman del braç. Quan el braç ha girat 90° respecte de la seva posició inicial l'electroiman s'obre i cau la pilota a sobre del tee. A l'apartat 4.4. Cicle de treball es detalla el procés seguit per la màquina.

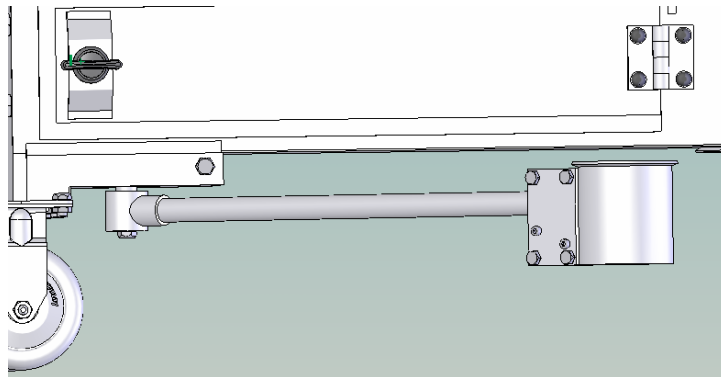


Fig. 4.13. Braç mecànic

4.2.6. Vida del producte

La vida de la màquina és un paràmetre difícil de quantificar. Aquesta depèn de l'ús que s'en fagi, de les hores de funcionament... Per una banda, la màquina està molt poc sol·licitada i



està sotmesa a esmorços mecànics molt lleus i per una altre banda, el medi de treball de la màquina, els camps de golf, és un lloc molt humit a l'aire lliure. Per tant, és molt més probable que la màquina falli com a conseqüència del desgast sotmès pel medi que per motius mecànics.

La vida de la màquina s'ha estimat a partir de recollir informació de màquines que treballen en medis agressius per als metalls. Un exemple són les grues que treballen als ports que cada 10 anys requereixen un canvi total de la seva estructura metàl·lica. La màquina objecte d'estudi no es troba en un medi salat, però al ser un article de luxe per als camps de golf ha d'estar en perfectes condicions. Per tant, la vida s'ha estimat en 10 anys a un ritme de treball d'unes 4 hores diàries.

4.3. Fabricació

4.3.1. Components

La màquina està fabricada a partir de 2 tipus de components: els components que s'han de mecanitzar i que per tant necessiten un plànol de disseny i els components que es compren per catàleg i que per tant només es monten en la màquina final.

4.3.1.1. Components que s'han de mecanitzar

Els components que s'han de mecanitzar són peces de xapa plana i tubs. Aquí es fa una llista d'aquests, a l'apartat "4.3.2. Muntatge" s'explica com s'han de soldar per tal de construir la màquina i a l'annex estan els plànols de les peces.

4.3.1.1.1 Xassís

El xassís és la part de la màquina sobre la que van muntades totes les peces. Aquesta està fabricada a partir de xapes de 1 i 2 mm de gruix. Les parts que formen el xassís són:

- Bastidor (Veure "Plànol 1 (Bastidor) de l'annexe").
- Barra xassís (Barra de perfil quadrat de 5mm de costat i 122mm de llargada).
- Planxa caixa pilotes (Veure "Plànol 2 (Planxa caixa pilotes) de l'annexe").
- Caixa pilotes (Veure "Plànol 3 (Caixa pilotes) de l'annexe").



- Xapa inferior (Veure “Plànol 4 (Xapa inferior) de l’annexe”).
- Xapa lateral 1 (Veure “Plànol 5 (Xapa lateral 1) de l’annexe”).
- Xapa lateral 2 (Veure “Plànol 6 (Xapa lateral 2) de l’annexe”).
- Xapa lateral 1 compl. (Veure “Plànol 7 (Xapa lateral 1 compl.) de l’annexe”).
- Xapa lateral 2 compl. (Veure “Plànol 8 (Xapa lateral 2 compl.) de l’annexe”).
- Xapa lateral potes (Veure “Plànol 9 (Xapa lateral potes) de l’annexe”).
- Xapa lateral rodes (Veure “Plànol 10 (Xapa lateral rodes) de l’annexe”).
- Xapa regulador (Veure “Plànol 11 (Xapa regulador) de l’annexe”).
- Xapa subjecta-imans (Veure “Plànol 12 (Xapa subjecta-imans) de l’annexe”).
- Xapa subjecta-màneg (Veure “Plànol 13 (Xapa subjecta-màneg) de l’annexe”).
- Col·lector de pilotes (Veure “Plànol 14 (Col·lector de pilotes) de l’annexe”).

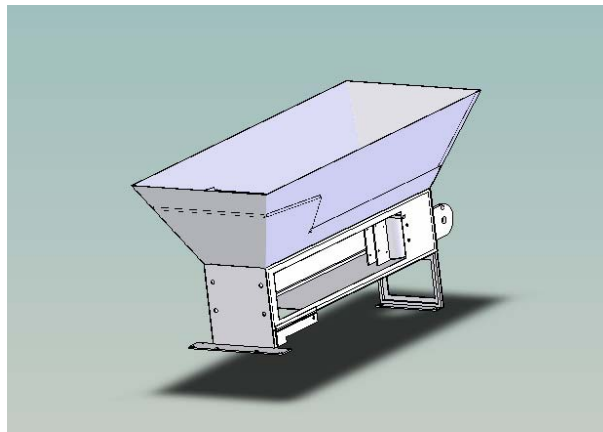


Fig. 4.14. Xassís de la màquina

4.3.1.1.2 Peces del braç mecànic



El braç mecànic és l'element que s'encarrega de portar la pilota des de la màquina al tee. Aquest element està format per les peces:

- Connector motor-braç 1 (Veure "Plànol 15 (Connector motor-braç 1) de l'annexe").
- Connector motor-braç 2 (Veure "Plànol 16 (Connector motor-braç 2) de l'annexe").
- Tub del braç (Veure "Plànol 17 (Tub del braç) de l'annexe").
- Subjectador pilota (Veure "Plànol 18 (Subjectador pilota) de l'annexe").
- Subjectador pilota 2 (Tub de $r = 14\text{mm}$, $R = 18\text{mm}$ i $L = 15\text{mm}$).

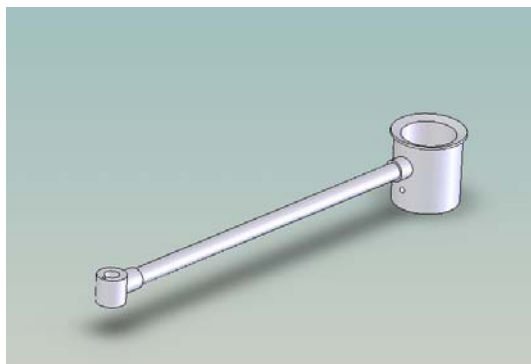


Fig. 4.15. Braç mecànic

4.3.1.1.3 Tapa del motor

La tapa del motor és l'element que tanca l'obertura del xassís que permet treure i col·locar el motor. Aquesta peça està formada per xapes de 1 i 2 mm de gruix soldades. Les peces que la formen són:

- Xapa tapa motor 1 (Veure "Plànol 21 (Xapa tapa motor 1) de l'annexe").
- Xapa tapa motor 2 (Veure "Plànol 22 (Xapa tapa motor 2) de l'annexe").
- Xapa tapa motor 3 (Veure "Plànol 23 (Xapa tapa motor 3) de l'annexe").
- Xapa tapa motor 4 (Veure "Plànol 24 (Xapa tapa motor 4) de l'annexe").



- Xapa tapa motor 5 (Xapa plana de 1 mm de gruix de 19 x 26 mm).

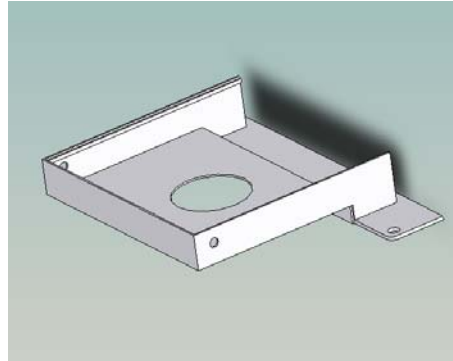


Fig. 4.16. Tapa motor

4.3.1.1.4 Tapa frontal

La tapa frontal és l'element que tanca l'obertura del xassís que permet operar dins de la màquina. Aquesta tapa està formada per les peces:

- Xapa tapa frontal 1 (Veure "Plànol 25 (Xapa tapa frontal 1) de l'annexe").
- Xapa tapa frontal 2 (Veure "Plànol 26 (Xapa tapa frontal 2) de l'annexe").
- Xapa tapa frontal 3 (Veure "Plànol 27 (Xapa tapa frontal 3) de l'annexe").

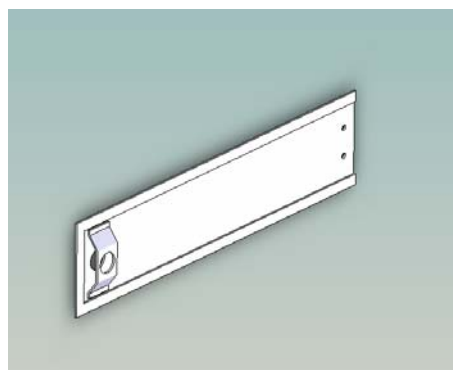


Fig. 4.17. Tapa frontal



4.3.1.1.5 Lona

La lona tancarà la caixa de les pilotes i permetrà d'aquesta manera poder transportar les pilotes sense que caiguin de la caixa. Aquesta anirà agafada a 4 sortints de la caixa de les pilotes.

4.3.1.2. Components que es compren

4.3.1.2.1 Motoreductor de corrent continu

El motoreductor de corrent continu és l'encarregat de moure el braç mecànic de la màquina.

Nombre d'unitats / màquina	Preu / unitat (euros)
1	176,86

Num. de fases	Pes (kg)	Potència d'entrada (W)	Intensitat (A)	Velocitat (min^{-1})	Força màxima que pot soportar a cizallament l'eix (N)
3	3,64	37,29	3,85	19	668,164

Parell motor (N·m)	i
11,27	95,5





Fig. 4.18. Motoreductor de corrent continu

BISON 100 SERIES PMDC 12V

011-190-5013

QUICK SPECS

Stages	2	OHL*	220
Approx Weight	8	Torque (in-lbs)	20
Input HP	1/20	Ratio:1	12.9
Amps	4.73	Enclosure	TENV
Speed 12V	136		


[view enlarged image](#)

* Maximum overhung load on center of output shaft

Fig. 4.19. Extracte del catàleg del Motoreductor de corrent continu

4.3.1.2.2 Electroiman

Els electroimans són els encarregats de sincronitzar la dispensació de pilotes al braç mecànic i de subjectar-les al braç mecànic.

Nombre d'unitats / màquina	Preu / unitat (euros)
3	8,60



Grau de protecció	Classe tèrmica	Tensió nominal normalitzada	Resistència per bobina a 20 °C (Ω)	Carrera (mm)	Força inicial (g)
IP00	F (155 °C)	6 a 12 V (DC)	12	5	150

Força de retenció (g)	Pes del nucli mòbil (g)	Pes del electroiman (g)
600	5	40



Fig. 4.20. Electroiman



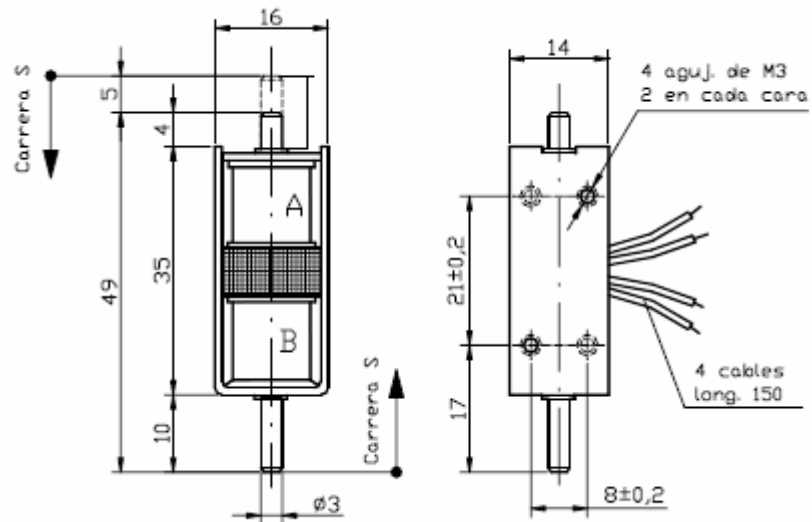
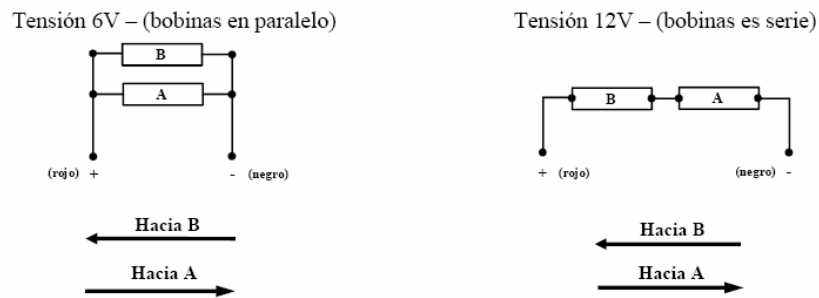


Fig. 4.21. Plànol del electroiman



Sentido de desplazamiento del núcleo móvil.

Fig. 4.22. Esquemal de les connexions

4.3.1.2.3 Rodes

Les rodes són necessàries per a poder desplaçar la màquina. Aquestes seràn fixes i de goma termoplàstica.



Nombre d'unitats / màquina	Preu / unitat (euros)
2	8,86

Plaç de subministrament (<= 6 unitats) -> immediat

Plaç de subministrament (> 6 unitats) -> 1 setmana

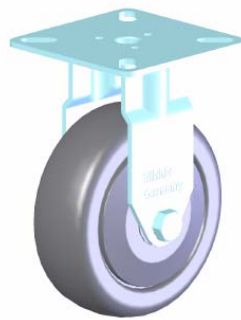


Fig. 4.23. Roda

Diàmetre roda (mm)	Amplde de roda (mm)	Capacitat de càrrega (Kg)	Dimensió de platina (mm)	Distància forats (mm)
75	25	75	60 x 60	38 x 38 / 48 x 48

Tipus d'eix	Altura total (mm)	Diàmetre forat (mm)	Pes (Kg)
Coixinet de boles	100	6,2	0,24



Rueda fija BPA-TPA 75K-FK

Ruedas domésticas, fijas y giratorias



Datos técnicos:

Ø rueda	75 mm
Ancho rueda	25 mm
Capacidad de carga	75 kg
Dimensión de platina	60 x 60 mm
Distancia agujeros	38x38/48x48 mm
Tipo de eje	Coj. a bolas
Altura total	100 mm
Ø agujero	6,2 mm
Peso p. u.	0.24 kg

Horquilla: Estampado de chapa de acero, eje atornillado, zincado - cromado.

Ruedas: Banda de rodadura: De goma termoplástica, no decolorante, 85° Shore A.

Centro de la rueda: De polipropileno, con placas anti-hilos de plástico.

Si desea mas informaciones vea nuestro catálogo general 014 en página 86

Fig. 4.24. Extracte del catàleg de la roda

4.3.1.2.4 Potes

Les pots són les encarregades de permetre una subjecció segura de la màquina quan no està en moviment.

Nombre d'unitats / màquina	Preu / unitat (euros)
2	1,5

Capacitat de càrrega (kg)	Pes (g)
588	20



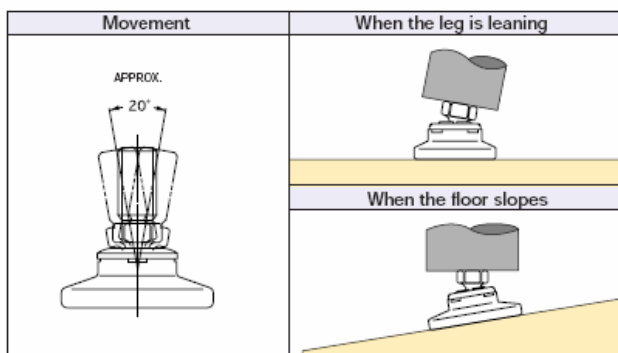


Fig. 4.25. Pota

SG SERIES LEVELING GLIDE

Any M8 or M10 bolt can be combined with any ϕ 32 or ϕ 40 base.

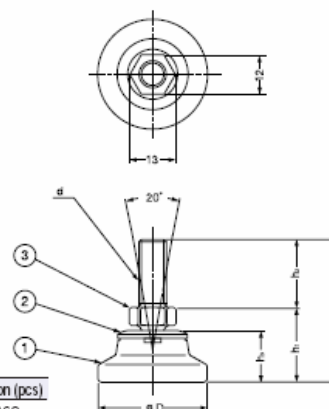
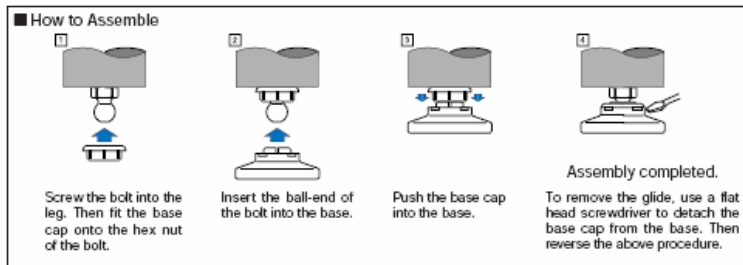
LOAD CAPACITY
120-160kg
263-352lbs



SG-40



SG-32



No.	Part Name	Material	Finish
①	Base	Polyacetal	Dark Grey
②	Base Cap	Polyamide	Dark Grey
③	Bolt	Steel	Black Chromate

Item No.	D	H	h ₁	h ₂	h ₃	d	Load Capacity (kg)	Weight (g)	Box (pcs)	Carton (pcs)
SG-32M8	32	42	22	20	15.5	M 8x1.25	120 (264 lbs)	25	60	360
SG-32M10	32	42	22	20	15.5	M10x1.5	120 (264 lbs)	29	60	360
SG-40M8	40	42.5	22.5	20	16	M 8x1.25	160 (352 lbs)	30	35	210
SG-40M10	40	42.5	22.5	20	16	M10x1.5	160 (352 lbs)	34	35	210

Fig. 4.26. Extracte del catàleg de les potes



4.3.1.2.5 Frontissa



Nombre d'unitats / màquina	Preu / unitat (euros)
1	1,5

La frotissa és l'element que uneix la porta amb el xassís de la màquina i permet que aquesta obri i tanqui.




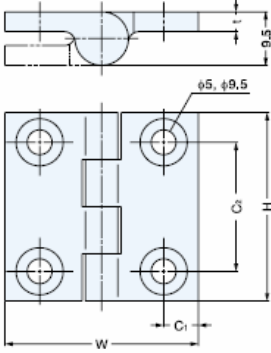
Fig. 4.27. Frontissa

BUTT HINGE

28300, 28400





- 316 Stainless Steel construction ideal for exposed application.
- Door weight: Max. 4kg/pair (8.8lbs/pair)

Material	Finish
316 Stainless Steel	Polished

Item No.	H	W	t	C1	C2	Weight (g)	Box (pcs)	Carton (pcs)
28300	38	39	4	7	26	55	20	100
28400	50	50	4	7.5	34	90	20	100

Fig. 4.28. Extracte del catàleg de la frontissa



4.3.1.2.6 Forrellat

Nombre d'unitats / màquina	Preu / unitat (euros)
1	1,5

El forrellat és l'encarregat de tancar la porta de la màquina quan no s'ha de tocar res de l'interior d'aquesta.



Fig. 4.29. Forrellat



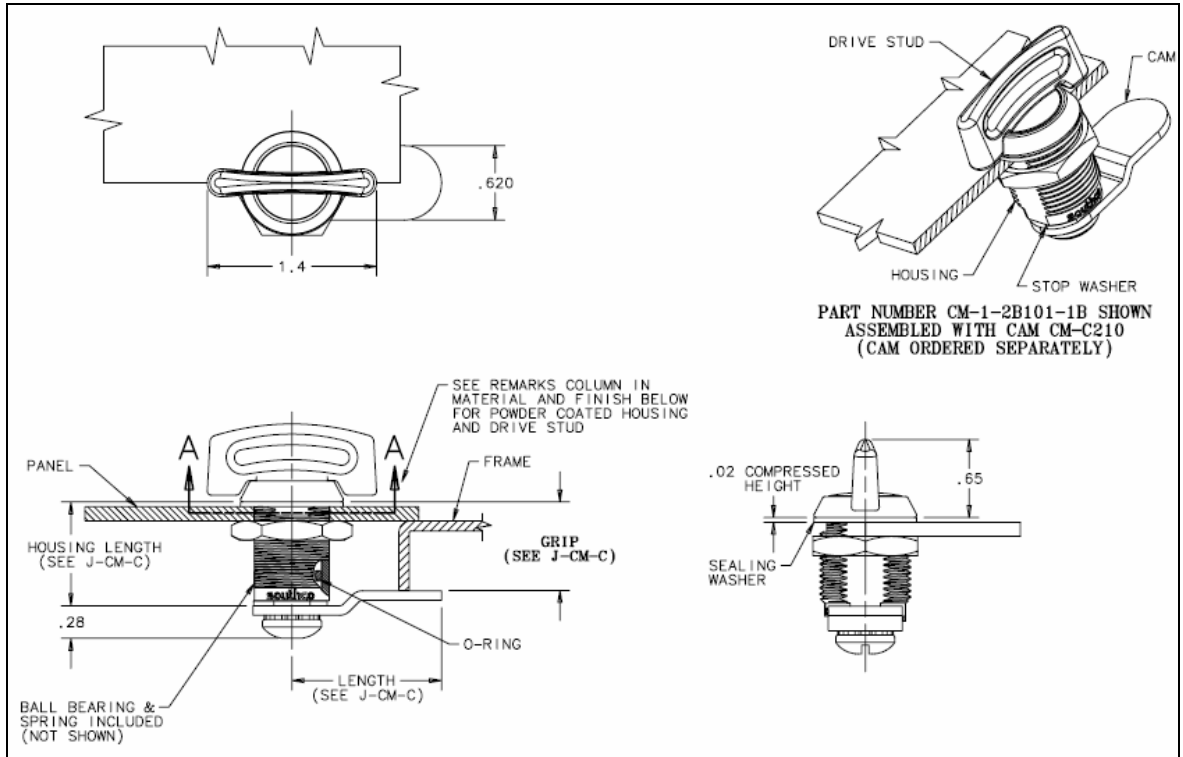


Fig. 4.30. Dibuixos del forrellat

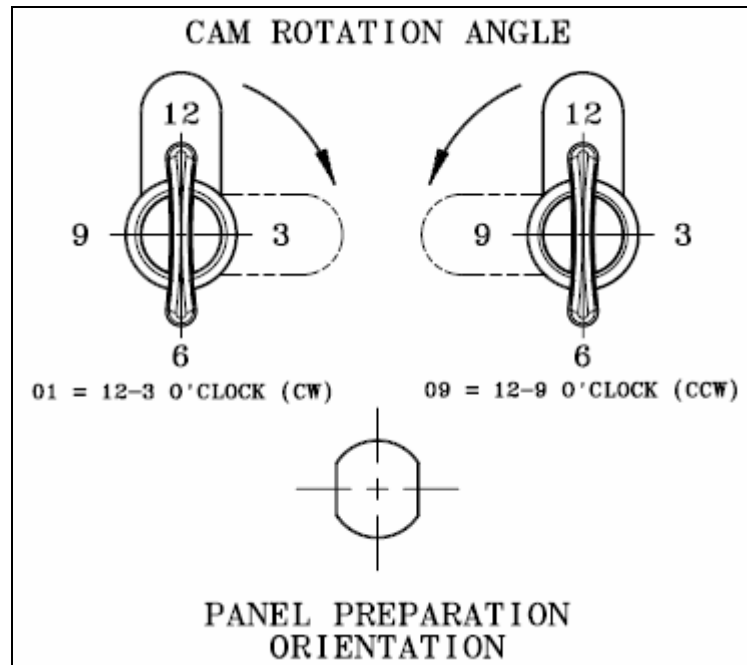


Fig. 4.31. Esquema de l'obertura i tancament



MATERIAL AND FINISH

COMPONENT	MATERIAL DESCRIPTION	FINISH DESCRIPTION	REMARKS
DRIVE STUD	DIE CAST ZINC	CHROME PLATED	
		TRIVALENT CHROMATE CONV. COATED & POWDER COATED	VISIBLE PORTION OF DRIVE STUD IN ASSEMBLY IS POWDER COATED
HOUSING	DIE CAST ZINC	CHROME PLATED	
		TRIVALENT CHROMATE CONV. COATED & POWDER COATED	HEAD IS POWDER COATED ABOVE SECTION A-A
CAM	STEEL	ZINC PLATE, BRIGHT CHROMATE CONV. COATING	
O-RING	NITRILE	BLACK	
SEALING WASHER	NATURAL RUBBER(80°)	BLACK	
STOP WASHER	STEEL	ZINC PLATE, BRIGHT CHROMATE CONV. COATING	
SCREW WITH LOCKWASHER	STEEL	ZINC PLATE, BRIGHT CHROMATE CONV. COATING	
MOUNTING NUT	DIE CAST ZINC	TRIVALENT CHROMATE CONV. COATING	
BALL BEARING	STEEL		APPLIED W/GREASE
SPRING	STEEL		APPLIED W/GREASE

Fig. 4.32. Material i acabat de les peces que componen el forrellat

4.3.1.2.7 Cargols

Els cargols que es necessiten per a la construcció de la màquina són:

- 8 cargols M3 x 0,5 de 3mm de llargada de tija.
- 4 cargols M3 x 0,5 de 5 mm de llargada de tija.
- 4 cargols M5 x 0,8 de 30 mm de llargada de tija.
- 11 cargols M6 x 1 de 10 mm de llargada de tija.
- 4 cargols M8 x 1,25 de 12 mm de llargada de tija.

4.3.1.2.8 Femelles

Les femelles que es necessiten per a la construcció de la màquina són:

- 4 femelles de M5 x 0,8.



- 10 femelles de M6 x 1.
- 4 femelles de M8 x 1,25.

4.3.1.2.9 Reblons

La porta frontal de la màquina va unida al xassís mitjançant 4 reblons estàndard de 5,5 mm de diàmetre. S'ha utilitzat aquest tipus d'unió perquè no requereix desmuntar-se per a efectuar canvis dins de la màquina.

4.3.1.2.10 Anell elàstic

Per a la fabricació de la màquina es necessiten 4 anells de elàstics de retenció per a un diàmetre de 10mm.

4.3.1.2.11 Coixinets de fricció

Per a la fabricació de la màquina es necessiten 2 coixinets de fricció amb balona amb les següents característiques:

$d = 10\text{mm}$, $D1 = 12\text{ mm}$, $D2 = 18\text{ mm}$, $B = 1\text{ mm}$, $L = 7\text{mm}$



Fig. 4.33. Coixinet de fricció amb valona



4.3.1.2.12 Molla

Per a assegurar el retorn del nivellador del mànec es necessita una molla, les característiques d'aquesta han estat calculades a l'annexe (Veure l'apartat 1.2.Càlcul de la molla de l'annexe). La molla escollida és la següent:

d (diàmetre de fil) = 0,6 mm

D (diàmetre mitjà de l'espira) = 6,5 mm

L_0 (longitud inicial de la molla) = 12 mm

N (nombre d'espores) = 7 espores

4.3.1.2.13 Claveta 1

La claveta 1 serà l'encarregada de transmetre el parell motor del motoreductor al braç mecànic. Aquesta haurà de tenir unes dimensions de 3,2 x 3,2 x 20 mm.

4.3.1.2.14 Claveta 2

La claveta 2 serà l'encarregada de permetre el fixament del mànec impedit que aquest oscil·li respecte del xassís de la màquina. Si aquesta no existís el mànec sempre estaria en la posició d'equilibri entre la força exercida a través del mànec i la del conjunt de la màquina. Aquesta haurà de tenir unes dimensions de 4 x 4 x 3,7 mm.

4.3.1.2.15 Muntatge elèctric

- Bateria
- Controlador
- Transformador
- Sensor de pressió
- Cables



4.3.2. Muntatge

El muntatge de la màquina es farà en dos etapes. En la primera etapa es faran les soldadures de xapa i en la segona s'ensamblaran els components mitjançant unions cargolades i reblons.

4.3.2.1. Primera etapa: Soldadures

Aquesta etapa correspon a l'apartat 3.1. de l'annex i s'explica com s'han de muntar els components de l'apartat 4.3.1.1.

4.3.2.2. Segona etapa: Unions cargolades

Aquesta etapa correspon a l'apartat 3.2. de l'annex i s'explica com s'han d'ensamblar tots els components de l'apartat 4.3.1.2. al xassís de la màquina.

4.4. Cicle de treball

El cicle de treball de la màquina fa referència al procés que haurà d'anar programat al controlador per tal d'alimentar sincronitzadament els diferents motors de l'aplicació.

4.4.1. Tipus de senyals

Abans de determinar els temps en els s'alimentarà cada motor s'han d'estudiar quin tipus de senyals utilitzarem. El controlador escollit és un controlador FEC Standard amb possibilitat d'introduir-hi entrades i sortides digitals i analògiques. El sistema amb els tipus de senyals que s'empraran és el següent:



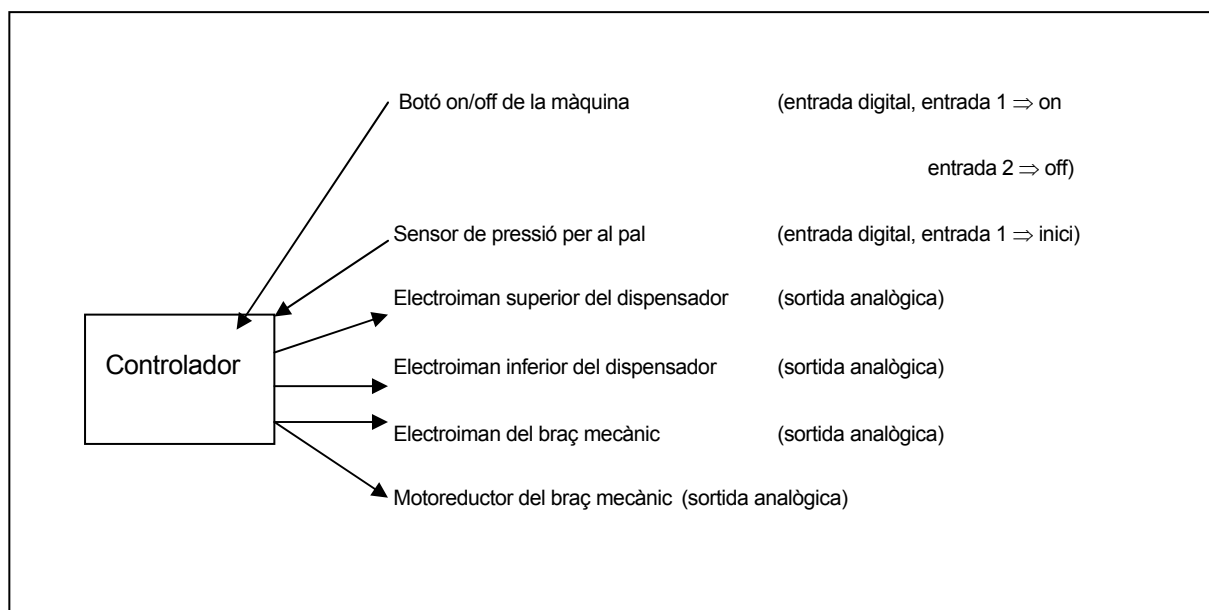


Fig. 4.34. Esquema del tipus de senyals que s'utilitzaran el disseny elèctric

4.4.2. Fraccionament mínim del controlador

Per a establir un cicle de treball s'ha de saber quin és el fraccionament mínim que es poden fer entre esdeveniments. El fraccionament temporal depèn dels retards de les senyals d'entrada digitals i del temps de conversió de les senyals d'entrada i de sortida analògiques del controlador.

- Retard de les senyals d'entrada digitals = 5 ms
- Temps de conversió de les senyals d'entrada i de sortida analògiques = 10ms

A partir dels valors anteriors s'estableixen els marges de treball del controlador:

- Entre una senyal d'entrada digital que generi una senyal de sortida analògica ha d'haver-hi un marge de 15 ms (correspon a la suma de 5ms i de 10ms).
- Entre dos senyals de sortida analògiques ha d'haver-hi un marge de 10ms.



Els valors anteriors són més petits que els marges mecànics que s'hauran de deixar per a assegurar que cada pilota està a la posició que li toca abans de passar al següent esdeveniment.

4.4.3. Cicle de treball

El cicle de treball de la màquina són una sèrie d'esdeveniments que es succeeixen temporalment. Les figures 4.35 i 4.36 expliquen els tipus d'esdeveniments que es produiran i en quina seqüència.

Número	Esdeveniment	$\Delta t_{\text{mecànic}}$ (s)	$\Delta t_{\text{elèctric}}$ (s)	$t_{\text{alimentació}}$ (s)	$\Delta t_{\text{escollit}}$ (s)	t (s)
1	Posada en marxa de la màquina	0	0,005	0		
2	Sensor de pressió del pal	0	0,005	0		
3	Obertura de l'electroiman superior	0	0,01	0,01	0	0
4	Tancament de l'electroiman superior	0,094	0,01	0,01	0,25	0,25
5	Obertura de l'electroiman inferior	0	0,01	0,01	0,1	0,35
6	Tancament de l'electroiman inferior	0,12	0,01	0,01	0,25	0,6
7	S'alimenta el motoreductor del braç (sentit horari)	0	0,01	2,59	0,1	0,7
8	Obertura de l'electroiman del braç	2,59 + 0,25	0,01	0,01	2,84	3,54
9	Tancament de l'electroiman del braç	0,059	0,01	0,01	0,25	3,79
10	S'alimenta el motoreductor del braç (sentit antihorari)	0	0,01	2,59	0,1	3,89
La primera pilota triga 3,59 segons en arribar al tee						



Número	Esdeveniment	$\Delta t_{\text{mecànic}} \text{ (s)}$	$\Delta t_{\text{elèctric}} \text{ (s)}$	$t_{\text{alimentació}} \text{ (s)}$	$\Delta t_{\text{escollit}} \text{ (s)}$	t (s)
7	S'alimenta el motoreductor del braç (sentit horari)	0	0,01	2,59	0,1	0,1
8	Obertura de l'electroiman del braç	2,59 + 0,25	0,01	0,01	2,84	2,94
9	Tancament de l'electroiman del braç	0,059	0,01	0,01	0,25	3,19
10	S'alimenta el motoreductor del braç (sentit antihorari)	0	0,01	2,59	0,1	3,29
La segona i següents pilotes triguen 3,29 segons en arribar al tee						

Fig. 4.35. Quadre d'esdeveniments

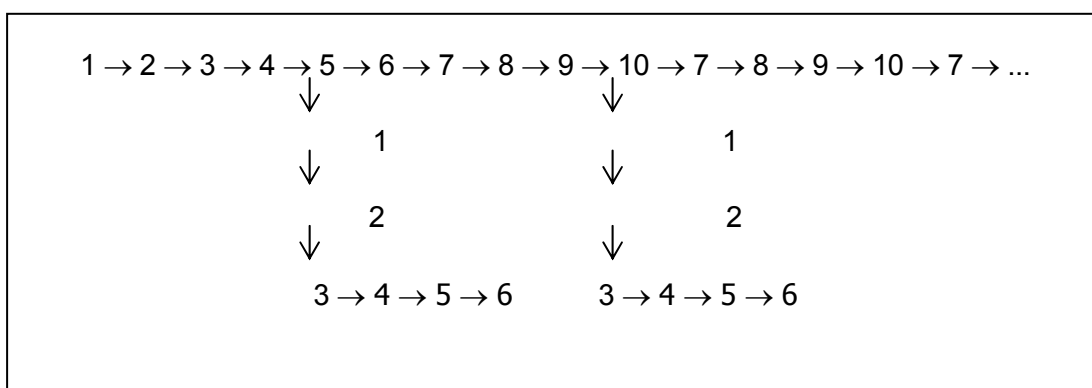


Fig. 4.36. Cicle de treball de la màquina

A continuació hi ha una sèrie de figures que mostren els esdeveniments que es produeixen de manera gràfica.



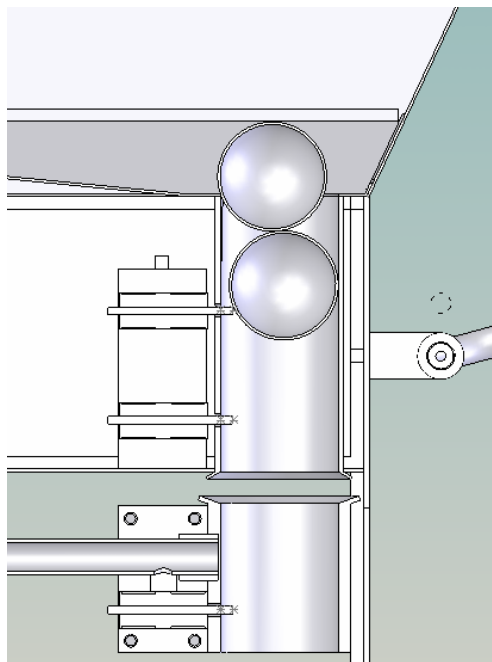


Fig. 4.37. Situació inicial

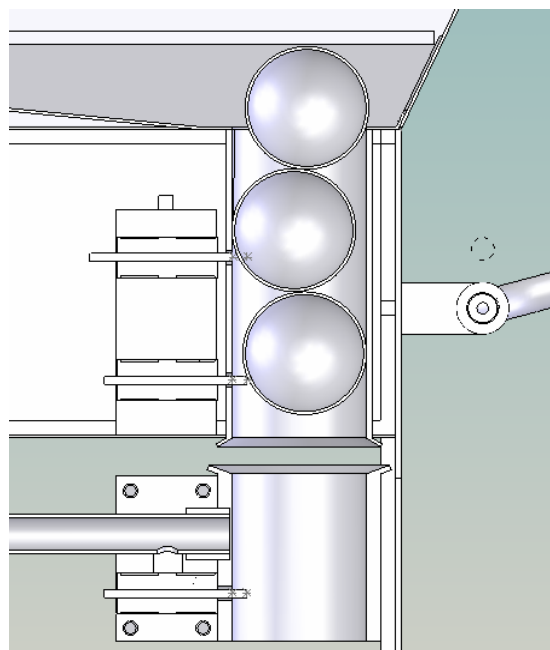


Fig. 4.38. Esdeveniment 3 (Obertura de l'electroiman superior)



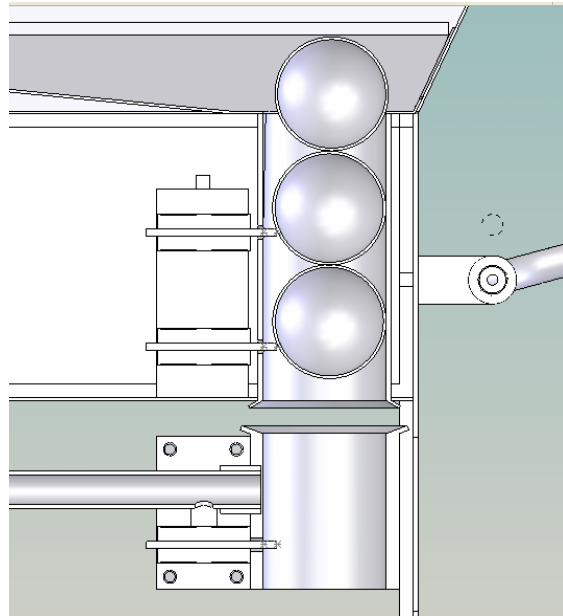


Fig. 4.39. Esdeveniment 4 (Tancament de l'electroiman superior)

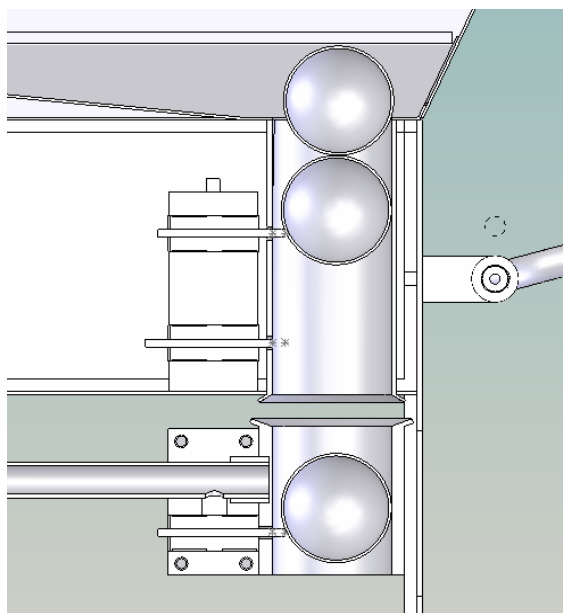


Fig. 4.40. Esdeveniment 5 (Obertura de l'electroiman inferior)



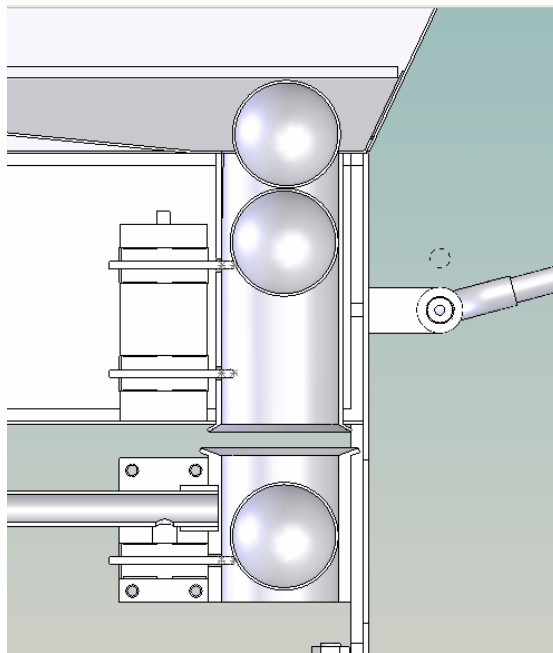


Fig. 4.41. Esdeveniment 6 (Tancament de l'electroiman inferior)

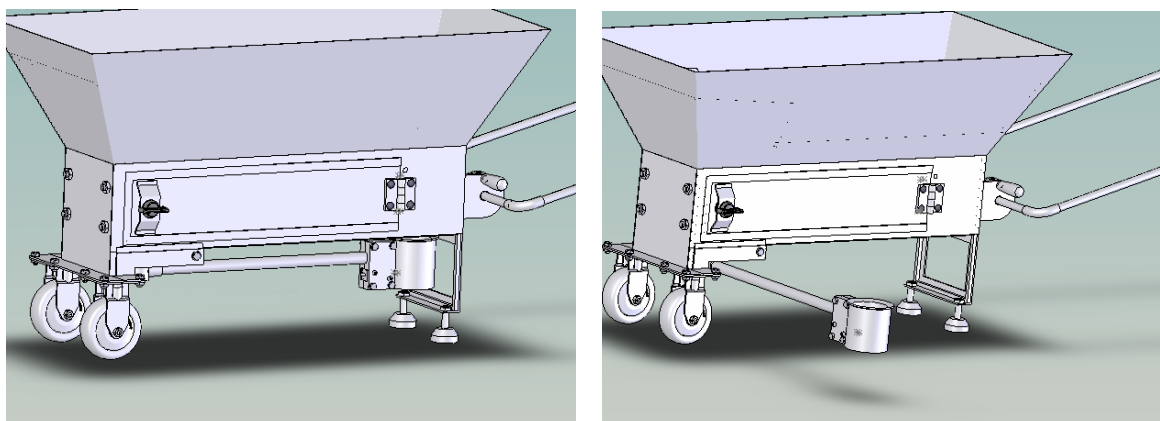


Fig. 4.42. Esdeveniment 7 (S'alimenta el motor del braç (sentit horari))



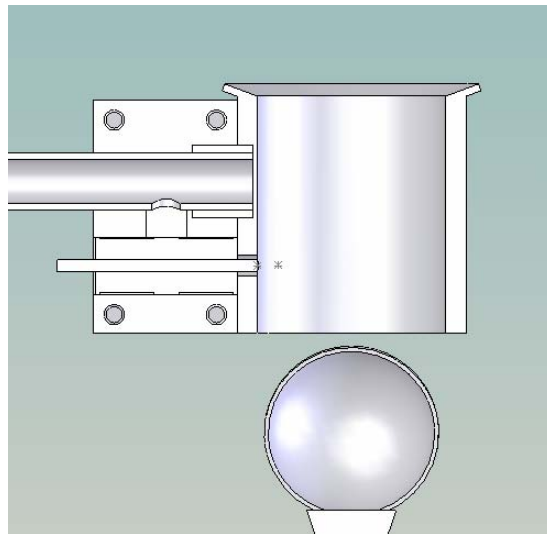


Fig. 4.43. Esdeveniment 8 (Obertura de l'electroiman del braç)

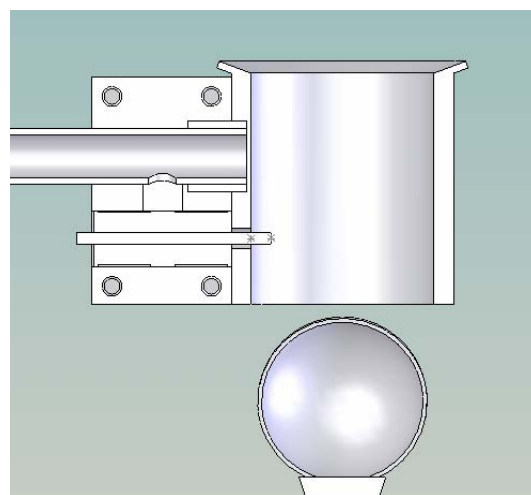


Fig. 4.44. Esdeveniment 9 (Tancament de l'electroiman del braç)



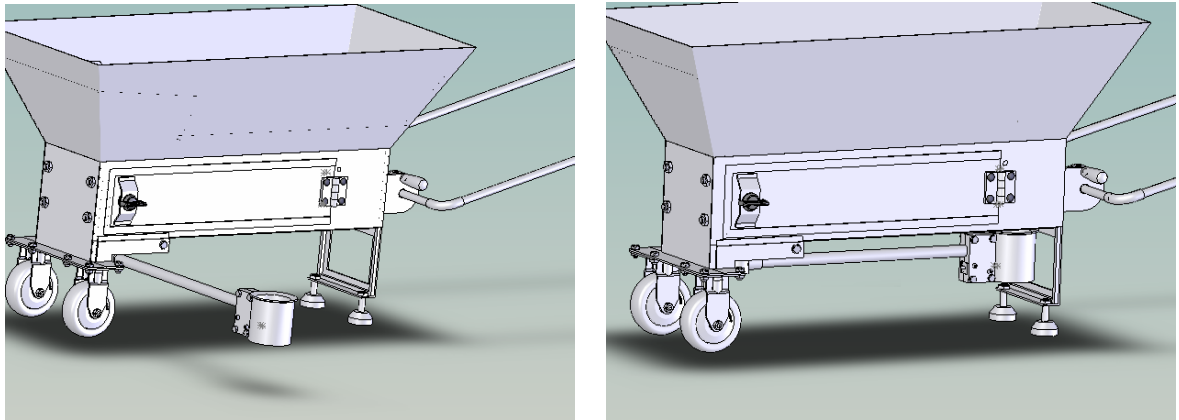


Fig. 4.45. Esdeveniment 10 (S'alimenta el motor del braç (sentit anti-horari))

4.5. Estudi econòmic

Un projecte es compon d'una inversió inicial, d'uns costos d'explotació i d'uns ingressos. El punt d'equilibri correspon al moment del temps en el que s'ha recuperat tot el que s'ha invertit i en el que comencen els beneficis.

En aquest apartat s'estudiarà la part de la inversió corresponent a la concepció disseny i construcció del prototipus i les possibles formes de finançament d'aquest.

4.5.1. Inversió inicial corresponent al disseny i construcció del prototipus

4.5.1.1. Cost de disseny

El cost del disseny de la idea fa referència al cost dels enginyers que s'han dedicat a pensar com dur a terme el projecte. Aquest cost s'ha valorat de la següent manera:

$$3 \text{enginyers} \cdot \frac{8 \text{euros}}{1 \text{enginyer}} \cdot \frac{1 \text{hora}}{1 \text{dia}} \cdot \frac{8 \text{hores}}{1 \text{dia}} \cdot 60 \text{dies} = 11520 \text{euros}$$



4.5.1.2. Cost de construcció del prototipus

El cost de construcció del prototipus fa referència al cost dels materials esmerçats en la construcció del model.

Tipus de materia	Cost (euros)
Xapa	$1518911,19\text{mm}^3 \cdot \frac{1\text{m}^3}{10^{-9}\text{mm}^3} \cdot \frac{7850\text{kg}}{1\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{tonelada}}{10^3\text{kg}} \cdot \frac{2060\text{euros}}{1\text{tonelada}} = 24,5\text{euros}$
Motor de corrent continua d'eixos paral·lels	$1\text{motor} \cdot \frac{176,86\text{euros}}{1\text{motor}} = 176,86\text{euros}$
Electroimans de biestables de corrent continua	$3\text{electroimans} \cdot \frac{8,6\text{euros}}{1\text{electroiman}} = 25,8\text{euros}$
Rodes	$2\text{rodes} \cdot \frac{8,86\text{euros}}{1\text{roda}} = 17,72\text{euros}$
Potes	$2\text{potes} \cdot \frac{2,1\text{euros}}{1\text{pota}} = 4,2\text{euros}$
Frontissa	$1\text{frontissa} \cdot \frac{1,6\text{euros}}{1\text{frontissa}} = 1,6\text{euros}$
Forrellat	$1\text{forrellat} \cdot \frac{3,4\text{euros}}{1\text{forrellat}} = 6,8\text{euros}$
Casquet de fricció amb valona	$2\text{casquets} \cdot \frac{1,8\text{euros}}{1\text{casquet}} = 3,6\text{euros}$
Cargols,	5 euros



rosques reblons	i
Mà d'obra	$l_{operari} \cdot \frac{7 \text{ euros}}{\text{hora}} \cdot \frac{8 \text{ hores}}{l_{operari}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{1 \text{ dia}} \cdot 5 \text{ dies} = 280 \text{ euros}$
TOTAL	541,09 euros

4.5.2. Estudi financer

L'estudi financer tindrà en compte la forma de financiació de la inversió inicial corresponent al disseny i construcció del prototipus. Calcula les quotes que s'han d'abonar al banc per tal de satisfer el deute pendent.

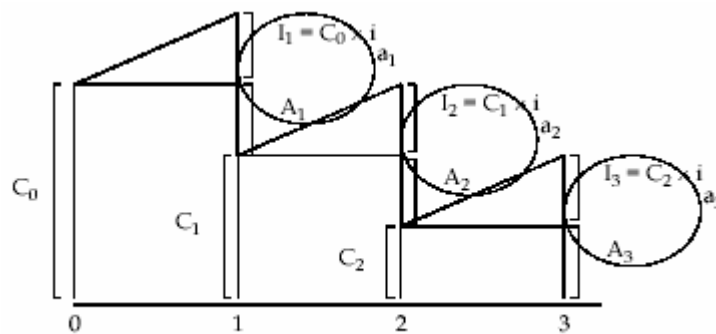


Fig. 4.11. Estudi financer

n = Nombre de pagaments a realitzar durant el temps que es mantingui el deute.

i = Tipus d'interès efectiu convingut, és a dir, cost de la financiació.

A_k = Quota d'amortització del període k , és a dir, quantitat destinada a tornar el deute en cada període (euros)

I_k = Quota d'interès del període k , és a dir, quantitat destinada a remunerar al prestamista pel període corresponent.

a_k = Terme amortitzatiu al final del període k , és a dir, pagament total realitzat pel prestamista durant el període k .



$$a_k = l_k + A_k$$

C_0 = Quantitat financada (euros)

$$C_0 = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

C_k = Capital pendent d'amortitzar en el període k , és a dir, capital que encara no s'ha retornat.

$$C_k = C_0 - (A_1 + A_2 + \dots + A_k)$$

n	0	1	2	3	4	5
C (euros)	12061,08	11061,08	9061,08	6061,08	2561,08	0,08
A (euros)		1000	2000	3000	3500	2561
I (euros)		1326,7188	1216,7188	996,7188	666,7188	281,7188
A (euros)		2326,7188	3216,7188	3996,7188	4166,7188	2842,7188

En resum, la quantitat a tornar està distribuïda en 5 períodes i correspon a la fila A. El préstec s'ha agafat a un 11% d'interès.

4.6. Impacte ambiental

L'impacte ambiental de la màquina es redueix a l'impacte dels seus components i al reciclatge d'aquests.

La part mecànica de la màquina és fàcilment reciclable gràcies als forns d'inducció on es barreja la ferralla amb metall de primera fundició.

La part elèctrica i electrònica de la màquina és reutilitzable si encara no ha arribat al final de la seva vida útil. En aquest últim cas, el reciclatge d'aquests elements es realitzarà a través d'empreses encarregades en la gestió de residus tòxics.



Conclusions

L'objectiu del projecte era fer una màquina dispensadora de pilotes de golf que pogués competir amb les que es troben avui en dia en el mercat. Per a fer-ho es va fer un estudi de mercat i es va observar que no hi havia cap màquina mòbil. A partir d'aquí es va optar per dissenyar una màquina que fós fàcilment construïble i mòbil i en la que primés l'aspecte econòmic, és a dir, intentant reduir els costos dels elements i de fabricació al mínim.

La màquina dissenyada compleix els requisits de ser mòbil i econòmica:

En el primer cas, la màquina és mòbil donat que té rodes, mànec, potes de subjecció i una lona per evitar que caiguin les pilotes durant el recorregut. També es va fer un estudi antropomètric per adaptar el mànec i l'angle de caiguda al cos humà i d'aquesta forma facilitar el seu moviment.

I en el segon cas, la màquina ha estat dissenyada per a ser fabricada a partir de planxes d'acer de 1 i 2mm i d'elements estàndards fàcilment adquiribles en el mercat per a alleugerir costos innecessaris.



Agraïments

La realització d'aquest treball no hauria estat possible sense l'ajut i el guiatge del projecte per part del professor Jordi Martínez del departament de mecànica de l'ETSEIB.

En quant a la documentació que més m'ha ajudat citaria el llibre "Motorització d'aplicacions" del professor Riba de l'assignatura de "Disseny de màquines 2", el llibre "Disseny i càlcul de molles" del professor Fenollosa de l'assignatura "Disseny de màquines 1" i la web www.directindustry.com que és una de les millors per a la búsqueda de subministradors de material industrial.



Bibliografia

En aquest apartat s'ha fet un recull de totes les fonts bibliogràfiques consultades per a la realització del projecte.

Referències bibliogràfiques

En aquest apartat apareixen per ordre les referències bibliogràfiques a les quals s'ha fet esment al llarg de la memòria.

- [1] RIBA i ROMEVA, C, Selecció de motors i transmissions en el projecte mecànic, Barcelona: ETSEIB – CPDA. 1999.
- [2] AGULLÓ BATLLE, J, Mecànica. Barcelona: OK PUNT Publicaciones . 2000.
- [3] RIBA i ROMEVA, C, Disseny i càlcul de molles. Barcelona: ETSEIB - CPDA . 1996.
- [4] RIBA i ROMEVA, C, Disseny de màquines IV Selecció de materials 1. Barcelona: ETSEIB - CPDA . 1998.
- [5] RIBA i ROMEVA, C, Disseny de màquines IV Selecció de materials 2. Barcelona: ETSEIB - CPDA . 1998.

Bibliografia complementària

En aquest apartat s'han col·locat les referències bibliogràfiques consultades o relatives a la temàtica objecte del PFC, i que no hagin estat citats al llarg del mateix.

- CHEVALIER, A, Dibujo industrial. Méjico: Limusina editores . 2004.

- EL SALÓN VIRTUAL DE LA INDUSTRIA. *Direct Industry*. Barcelona, 1998.

[<http://www.directindustry.es>, 13 de novembre de 2007]*. *[URL, data de consulta].

- NIEMAN, Elementos de máquinas. Barcelona: ETSEIB – CPDA. 2004.

