



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Mecànica**

**RECYCAN**



**Memòria**

**Autors:** Miquel Pagès Masias i Martí Palomera Erra  
**Director:** Dr. J. Antonio Travieso Rodríguez  
**Convocatòria:** Juny 2017



## Resum

RecyCan és un projecte que pretén fomentar el reciclatge de llaunes d'alumini, vinculant-ho a la promoció del comerç local i la inclusió social. En aquest projecte s'ha realitzat el disseny i prototip de la màquina que busca complir amb aquests objectius.

La màquina està composta únicament d'elements mecànics, reivindicant així la seva robustesa i permetent reduir els costos de producció i estalviar energia respecte a les màquines amb elements elèctrics.

Mitjançant una manovella, l'usuari obre la comporta on s'introdueix la llauna. Seguidament, comença a girar la manovella en el sentit contrari a l'inicial. Amb aquest moviment, la llauna és reconeguda i premsada. Finalment, l'usuari obté una recompensa.

En cas que el que s'introdueix a la comporta no fos una llauna, s'activaria un avís en forma de bandereta, detenint el sistema i alertant a l'usuari que és necessari extreure l'objecte introduït.

En cas que l'usuari intentés seguir forçant la manovella per obtenir una recompensa, un fre ho impediria. També s'ha projectat un limitador de parell per a futurs treballs de millora.

La recompensa per a cada llauna reciclada és una marca de tampó en una targeta, bescanviable per descomptes en productes locals, promovent d'aquesta manera el comerç de proximitat.

## Resumen

RecyCan es un proyecto pensado para fomentar el reciclaje de latas de aluminio, vinculándolo a una promoción del comercio local e intentando favorecer la inclusión social. En este proyecto se ha realizado el diseño y prototipo de la máquina que pretende cumplir con estos objetivos.

La máquina está compuesta solo con elementos mecánicos, reivindicando así su robustez y permitiendo reducir costes de producción y ahorrar energía respecto a las máquinas con componentes eléctricos.

Utilizando una manivela, el usuario abrirá la compuerta por donde podrá introducir la lata. Seguidamente, deberá rotar la manivela en sentido contrario al inicial. Durante este movimiento, la lata será reconocida i prensada. Finalmente, el usuario obtendrá una recompensa.

Si se introdujera un elemento distinto a una lata, se activaría un aviso con una banderola alertando que algo falla i que se debe extraer lo que hay dentro.

En el caso que el usuario intentará forzar la manivela para obtener una recompensa, un freno lo impediría. También, se ha proyectado un limitador de par para trabajos futuros de mejora.

La recompensa para cada lata reciclada es una marca de tampón en una tarjeta, intercambiable por descuentos en productos locales, promoviendo de esta forma el comercio de proximidad.

## Abstract

Recycan is a project that aims to promote beverage can recycling and foment through it the local trade and social inclusion.

This project consists of the design and manufacture of the prototype of a machine that accomplishes the aforementioned goals.

The machine is composed solely of mechanical elements, defending its robustness. In addition, this reduces the manufacturing and energy costs with respect to the resources that electrical elements consume.

Using the handle, the user opens the door to introduce the can. Once the can is inside, the user starts rotating the handle the other way around. This movement allows checking and smashing the can. Finally, the user is given a reward.

If the introduced object is not a can, a warning is activated: a raised flag detains the system and warns that the object needs to be removed.

If the user forces the machine to obtain an extra reward, the machine impedes it with a brake. A limiting torque has also been projected for future improvement work.

As a reward, for every recycled can the machine will stamp a card. This card will be interchangeable for discounts on selected products in order to favour the local trade.



## Agraïments

Al Doctor José Antonio Travieso, tutor del treball de fi de grau, per la seva orientació i recolzament al llarg del desenvolupament del projecte, per aconseguir un bon disseny i prototip.

Al professor Jordi Llumà per acompanyar-nos en l'experimentació, facilitar-nos el seu temps i plantejar-nos qüestions que ens inquietat, ajudant-nos a optimitzar la màquina.

A tots els altres professors que han aportat el seu gra de sorra amb suggeriments. Especialment a Pedro Ortiz, que ens ha guiat amb els seus coneixements de mecànica.

A Bernat Torrents, gran amic de la universitat, que ens ha ajudat pacientment en la realització de simulacions i instal·lació de programari.

A Talleres Profer S.L. de Badalona, per la seva implicació en el projecte i empatia, ajustant el pressupost de totes les operacions de mecanitzat.

A Pere Marot, mecànic de Perafita, per la seva dedicació en l'elaboració d'una de les parts més importants de Recycan, el rodó calibrat que conforma l'arbre, i per compartir el que sap de manera pràctica.

A l'empresa Pujolàs S.L., per l'aportació de manera altruista d'un retall de polietilè, suficient per realitzar totes les peces d'aquest material de la màquina.

A l'Impremta Callís S.L., per la generositat mostrada facilitant-nos una impressió impecable.

I al suport constant i incondicional de les nostres famílies, per la seva confiança d'acompanyar-nos durant la trajectòria del projecte.





## Glossari

<b>RC</b>	Recycan
<b>SDDR</b>	Sistema de dipòsit, devolució i retorn.
<b>Ref.<sup>a</sup></b>	Referència
<b>R.E.E.</b>	Red eléctrica d'España
<b>F</b>	Força
<b>F<sub>màx</sub></b>	Força màxima
<b>F<sub>m</sub></b>	Força mitja
<b>F<sub>c</sub></b>	Força crítica
<b>FS</b>	Factor de seguretat
<b>D<sub>màx</sub></b>	Mesura diametral màxima
<b>D<sub>c</sub></b>	Mesura diametral crítica
<b>k</b>	Constant elàstica de molla
<b>Δx</b>	Allargament d'una molla
<b>V</b>	Volum
<b>r</b>	Radi
<b>L</b>	Longitud
<b>A</b>	Àrea
<b>e</b>	Espessor
<b>m</b>	Massa
<b>d</b>	Densitat

<b>g</b>	Acceleració de la gravetat = $9'81 \text{ m/s}^2$
<b>P</b>	Pes
<b>Pn</b>	Parell de molla
<b>d<sub>CG</sub></b>	Distància al centre de gravetat
<b>Fu</b>	Força usuari
<b>h</b>	Hipotenusa
<b>c<sub>1</sub></b>	Costat 1
<b>c<sub>2</sub></b>	Costat 2

# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>V</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>VII</b>
<b>PREFACI</b>	<b>1</b>
1.1. Origen del treball .....	1
1.2. Motivació .....	2
1.3. Requeriments previs .....	3
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>5</b>
2.1. Objectius del treball .....	5
2.2. Abast del treball .....	5
<b>3. CONSIDERACIONS ADOPTADES EN EL DISSENY DE LA MÀQUINA</b>	<b>7</b>
3.1. Especificacions bàsiques .....	7
3.2. Estudi previ de les alternatives .....	8
3.2.1. Alternatives d'empresa .....	8
Reciclatge de tot tipus d'envàs Vs. llaunes d'alumini .....	8
Tipus de recompensa .....	9
3.2.2. Alternatives de disseny .....	11
Sistema motriu .....	11
Cambra de premsat .....	13
Mecanisme de porta .....	14
Sistema de bloqueig de la porta .....	16
Sistema de guiatge .....	16
Sistema de debilitació de la llauna .....	18
Sistema reconeixedor .....	18

Sistema d'elevació de pernys .....	19
Sistema de frenada .....	20
Sistema d'alerta .....	21
Mecanisme premsa .....	22
Prototip sòlid o desmuntable .....	23
Selector de recompensa .....	23
Sistema d'estampació.....	24
<b>4. DISSENY I FABRICACIÓ DE LA MÀQUINA</b> .....	<b>26</b>
4.1. Descripció exhaustiva de la solució adoptada .....	26
4.1.1. Alternativa d'empresa .....	26
4.1.2. Alternativa de disseny.....	27
4.2. Planificació de les tasques per l'elaboració del treball .....	36
4.2.1. Diagrama de Gantt.....	36
4.3. Mètodes d'execució .....	37
4.3.1. Disseny .....	37
4.3.2. Prototipatge .....	37
4.4. Materials utilitzats .....	44
4.5. Mètodes de càlcul.....	46
4.5.1. Assajos destructius de llaunes .....	46
4.5.2. Càlcul d'elements a fatiga.....	53
Càlcul de l'arbre .....	53
Càlcul passador fre.....	61
4.5.3. Càlcul de molles .....	62
4.5.4. Càlcul de relacions de transmissió.....	67
4.5.5. Càlcul de tracció dels cordinos.....	69
4.5.6. Càlcul de desplaçaments.....	70
4.5.7. Càlcul del limitador de parell .....	71
4.5.8. Rendibilitat empresarial.....	72
4.6. Normatives aplicables .....	72
4.7. Alternatives de millora .....	73
4.7.1. Limitador de parell.....	73
4.7.2. Reconeixement de varis tipus de llaunes .....	73
4.7.3. Participació de l'usuari.....	73

5.	Anàlisi de l'impacte ambiental.....	75
5.1.	Fabricació .....	75
5.2.	Font d'energia .....	76
5.3.	Funcionalitat.....	76
<b>6.</b>	<b>PRESSUPOST</b> .....	<b>77</b>
	<b>PROJECTE D'EMPRESA</b> .....	<b>81</b>
	<b>CONCLUSIONS I TREBALLS FUTURS</b> .....	<b>83</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>85</b>



## Prefaci

### 1.1. Origen del treball

Aquest treball neix de la cultura sobre el reciclatge, dels països centre i nord europeus, que hem anat adquirint a partir de viatges, notícies i articles. En aquests països hi ha una consciència molt més gran dins el món del reciclatge, que en el nostre. Tanmateix, aquest fet també és degut a que els governs apliquen una sèrie de polítiques per facilitar-ho.

Una de les polítiques que es poden trobar és la recollida porta a porta. En aquest cas l'usuari ha de complir els requeriments que el govern li demana, durant la separació i emmagatzematge de residus, per tal que aquesta recollida es faci palesa. Gràcies a aquest programa s'aconsegueix arribar a un 80-85% de residus triats en front de un 10-15% de rebuig. Actualment amb el sistema dels 5 contenidors, rebuig, envasos, paper i cartró, vidre i matèria orgànica, es tria aproximadament un 30% mentre un 70% va al rebuig.

D'altra banda hi ha el sistema de dipòsit, devolució i retorn, mostrat a la figura 1.1. Aquest sistema funciona de manera que des del govern s'aplica un impost a l'envàs. Això fa que alguns dels productes envasats amb recipients tipus plàstic, alumini i vidre siguin una mica més cars per l'usuari. Aquest, un cop n'ha consumit el producte del seu interior el retorna, obtenint-ne una remuneració econòmica a canvi. El retorn funciona gràcies a unes màquines, situades normalment en supermercats, que llegeixen un codi que porta l'envàs. Si aquest codi és reconegut per la màquina es dona un tiquet que es pot bescanviar a les caixes d'aquests supermercats.



**Figura 1.1.** Prova de SDDR Cadaqués any 2013 (Font: Retrona.org)

## 1.2. Motivació

La falta de cultura i organització política en el camp del reciclatge, ens dona una motivació per fomentar la conscienciació de la gent, ajudant, d'aquesta manera, a omplir una de les mancances més importants d'aquest país.

Creant consciència, es busca aconseguir un entorn més net, i contribuir, tant com sigui possible, en la conservació d'un medi ambient que cada vegada es veu més afectat per la contaminació de l'ésser humà, tal i com es pot apreciar a la figura 1.2.

Tanmateix, apareix la idea d'intentar lligar aquest projecte amb la promoció del comerç local, un dels altres àmbits que s'està veient més afectat els nostres dies, absorbit per les grans superfícies que ofereixen uns productes a uns preus molt baixos.

Per altre banda, es valora la possibilitat d'oferir la petita feina de manteniment, que pot donar una màquina d'aquest tipus, a un grup necessitat d'oportunitats laborals. Afavorint, d'aquesta manera, la inclusió o reinserció al món del treball a persones que es trobin amb alguna dificultat.

Ja per últim, la motivació de crear una màquina robusta. Aquesta, s'allunya de la temuda obsolescència programada i curta vida útil dels elements amb dispositius elèctrics i electrònics, que conformen la majoria de maquinària actual.



**Figura 1.2:** Recollida voluntària de llaunes a la Platja del Llevant (Font: El Periódico)



### 1.3. Requeriments previs

Per tal de dissenyar una màquina eficaç, ràpida i robusta ens hem basat en els següents punts:

- Recycan ha de ser totalment mecànic. S'evitarà l'aplicació de qualsevol component elèctric o electrònic. D'aquesta manera evitem el consum d'energia i facilitem el manteniment.
- L'usuari ha d'interactuar en un sol element motriu. D'aquesta manera el procés de premsat és àgil i senzill.
- La força d'aplicació ha de ser el més baixa possible per tal de poder generalitzar la utilització de la màquina a totes les franges d'edat. Es considera una força màxima en el punt d'aplicació de 80 N.
- El procés de premsat, reconeixement i aportació de la recompensa ha de ser ràpid. Cal poder processar 8 llaunes per minut.
- La màquina ha de constar de sistemes d'alerta i de bloqueig en cas que no es reconegui la llauna adequadament. D'aquesta manera, s'evitaran sobre-esforços que podrien malmetre components importants de RC.
- S'evitarà que l'usuari pugui manipular la màquina per aconseguir la recompensa sense aportar una llauna.
- Es dotarà RC de tots els sistemes de seguretat, definits al reglament, necessaris per garantir la integritat física dels usuaris.
- Unificar el màxim les geometries del material en brut utilitzat per tal de reduir el màxim el pressupost de la màquina.
- Evitar, en la mesura del possible, els elements amb toleràncies petites. Així, es facilitarà la construcció i es reduirà el pressupost.



## 2. Introducció

### 2.1. Objectius del treball

El projecte té dos objectius molt clars i diferenciats:

- Crear una màquina per tal d'afavorir el reciclatge de llaunes en el nostre país, aconseguint un augment en la consciència social dins aquest àmbit.
- Recuperar les antigues màquines robustes, compostes per components mecànics que tenen una llarga vida útil en comparació amb les màquines amb components elèctrics.

### 2.2. Abast del treball

L'abast d'aquest treball es basa en complementar tres punts claus:

- Fer un disseny de qualitat que compleixi amb els objectius establerts.
- Prototipatge a escala real.
- Realitzar un primer contacte amb el món empresarial per tal de valorar l'acceptació de la idea i d'aquesta manera poder adreçar el projecte, en un futur, a unes necessitats concretes.



## 3. Consideracions adoptades en el disseny de la màquina

### 3.1. Especificacions bàsiques

Recycan consta de dos únics dispositius per interactuar amb l'usuari: Una manovella i un selector.

La manovella és solidaria a un eix de politges que transforma el moviment rotatori en lineal. Aquest moviment, es transmet a la part posterior de la premsa i a la resta de mecanismes. Els mecanismes de reconeixement i alerta, ubicats a la guia superior, es veuen alliberats de grans sol·licitacions. S'ha dissenyat un fre per bloquejar la part posterior de la premsa, de manera que, totes les forces importants es concentren a la guia inferior. Un cop l'usuari comença a fer girar la manovella, la porta es tanca automàticament, els perns baixen i el sistema reconeixedor avança conjuntament amb el mecanisme posterior de la premsa. En aquest punt cal diferenciar dos casos:

- Llauna defectuosa: Si els perns es troben mal col·locats significa que la llauna és defectuosa i per tant el reconeixedor toca els perns. Quan la força sobre els perns augmenta, la molla entre el sistema reconeixedor i d'alerta es comprimeix. Aquest moviment fa disparar la bandera i baixar el bloqueig. Per tal de reactivar la màquina cal retrocedir fins la posició d'inici baixant el sistema d'alerta. En aquest moment, l'usuari haurà d'estirar el selector per col·locar els perns en la posició adequada, bloquejant conseqüentment el sistema de recompensa. Així doncs, un cop s'hagi superat la cambra de premsat s'eleven els perns per evitar el contacte amb la premsa. Aquesta moviment es realitza mitjançant un sistema de desacoblament per imant en una guia secundària inferior. Un cop els perns s'hagin elevat es podrà premsar, però no s'obindrà l'estampació ja que RC no pot verificar que realment es tracte d'una llauna.
- Llauna correcte: en aquest cas els perns es situen a l'alçada correcte per tal que el reconeixedor passi. Un cop s'hagi superat la cambra de premsat s'eleven els perns mitjançant el sistema de desacoblament comentat anteriorment. A continuació, el reconeixedor passa per el dispositiu de seguretat del sistema també, activant el mecanisme per evitar doble estampació i finalment marcant la targeta.

En ambdós casos, un cop finalitzat el procés, l'usuari haurà de fer girar la manovella, en sentit antihorari, fins arribar a la posició inicial per tal de rearmar la bandera (en cas que sigui necessari), rearmar el dispositiu de seguretat del sistema també i finalment elevar la porta i els perns.

Així doncs, tal i com es pot comprovar, RC és capaç de transformar el moviment rotatori inicial en els diferents moviments lineals en les direccions necessàries. Per tant, l'usuari tan sols ha d'interactuar amb la manovella aconseguint, automàticament, premsar, reconèixer, alertar i donar la recompensa.

## 3.2. Estudi previ de les alternatives

### 3.2.1. Alternatives d'empresa

#### Reciclatge de tot tipus d'envàs Vs. llaunes d'alumini

Es plantegen dues opcions, una de reciclatge de tot tipus d'envàs, on a partir d'un conjunt de sensors electrònics es pugui mesurar diferents paràmetres físics (dimensions, pes...), i a partir d'uns algorismes, comprovar si aquests entren dins uns rangs predeterminats, aconseguint classificar-los segons el tipus d'envàs. Per altre banda, es planteja l'opció de reciclar només llaunes d'alumini, delimitant el nombre de variables a comprovar, prioritzant un dels envasos més utilitzat i que requereix més energia per produir-lo a partir dels recursos naturals.

Pel que fa la primera opció, es realitzaria un estudi extensiu per tal de poder comprovar els envasos més comuns que hi ha al mercat: recipients de plàstic, vidre, i alumini de diferents mesures. Després d'aquest estudi, es definirien varis rangs segons pes i mesures. Seguidament s'assignarien a la màquina per tal que reconegués com a bons aquells envasos predeterminats i els classifiques, o, en cas contrari, els retornés. Aquest sistema té l'avantatge que sense la necessitat del SDDR i l'etiqueta de les empreses envasadores és capaç de classificar tot tipus d'envàs. A la vegada, té el principal inconvenient que a la societat actual, tot i que els tipus d'envasos poden seguir un cert patró, n'hi ha de moltíssimes classes diferents i definir uns rangs de tolerància per tal d'aconseguir el reconeixement de l'envàs de manera clarivalent és molt complicat. També cal dir, que sense un SDDR la recompensa que es podria donar segurament seria molt més baixa que l'esperada per part de l'usuari.

Pel que fa la segona opció, és menys exhaustiva, ja que es focalitza amb l'alumini. L'inconvenient, és que amb aquesta màquina només s'és capaç de reciclar un tipus d'envàs. Tanmateix l'alumini necessita de molta energia per ser produït, un 90% més si es fa a partir del mineral i no pas a partir d'alumini reciclat, cosa que, implica una gran contaminació, un 95% superior. Això fa que produir llaunes a partir d'alumini reciclat sigui molt més econòmic, i favorable amb el medi ambient. Aquesta opció, també requereix d'un disseny menys electrònic, que possiblement amb elements mecànics es podria resoldre per tal de guanyar robustesa i crear una màquina que no requereixi d'una font d'energia que també acabaria contaminant.

## Tipus de recompensa

Per tal que la màquina tingui una acceptació per part de la societat, es necessita donar algun tipus de recompensa que sigui viable econòmicament i cridi l'atenció al ciutadà, no només al que ja està acostumat a reciclar, sinó també d'altres motivats per el premi que s'obté.

### Remuneració econòmica

Aquest tipus de recompensa, és la utilitzada en alguns països centre i nord europeus. El fet és que, en aquests casos s'utilitza una política de SDDR on el govern s'implica. Amb aquest sistema es necessita un impost a l'envàs per tal que l'usuari, un cop hagi consumit i reciclat el producte, se li retorni la diferència que ha pagat. Sense aquest impost, és inviable oferir una remuneració econòmica que pugui cridar l'atenció a l'usuari, ja que, segons els càlculs fets, no es podria donar més d'un cèntim per llauna.

### Enfocada a educació infantil

Aquesta idea neix amb la intenció d'educar els nens ja des de ben petits. Les properes generacions han de tenir una consciència de reciclatge molt arrelada per tal de millorar la situació del planeta. Es creu que RC pot ser una eina pedagògica, on demostrar, a partir de mecanismes senzills, que reciclant hi guanya tothom. Es planteja donar una petita recompensa a canvi (com per exemple caramels, activitats amb monitoratge en fires, etc.) per tal d'incentivar-ne l'ús i d'aquesta manera augmentar la voluntat de reciclar dels més joves.

### Descomptes en transport

Aquesta idea que s'està estudiant a diferents països, com ara Mèxic amb el projecte BioBox, mostrat a la figura 3.1, implicaria un compromís i entesa entre les empreses de reciclatge i transport. S'afavoriria a la persona que recicla donant-li punts acumulables per tal de bescanviar-los per descomptes en el transport públic. D'aquesta manera es fomentaria un transport públic més barat, lligat al reciclatge. Aconseguint també, que més gent utilitzi aquest, enlloc del vehicle privat, molt més contaminant.



**Figura 3.1:** Projecte BioBox Mèxic (Font: Forbes)

## Promoció del comerç local

Aquesta opció, sorgeix de la necessitat de promocionar aquest tipus de comerç que cada dia es veu més absorbit per les grans superfícies, incapaç de competir amb els preus que les cadenes de supermercats ofereixen. Amb RC, es vol apostar per la proximitat i la qualitat del producte que es ven en aquests tipus d'establiments o mercats, on l'usuari, a canvi de reciclar pugués aconseguir petits descomptes en productes de qualitat.

### *Moneda pròpia*

Es planteja l'opció de crear una moneda pròpia que ofereixi la possibilitat d'aconseguir descomptes. Això requereix d'una gran inversió i un major manteniment. S'haurà de fabricar un gran nombre de monedes i controlar-ne el trànsit per tal de poder tenir-ne sempre de disponibles a la màquina. De la mateixa manera, implica que la màquina ha de disposar d'un bon espai on tenir un nombre de monedes guardades relativament alt.

### *Estampació*

Aquesta alternativa de recompensa, té l'avantatge que no requereix el manteniment que es necessitaria amb la moneda pròpia. Utilitzant un tampó autoentintable, com el de la figura 3.3, reduïm la freqüència de control i abaratim costos. Això fa que econòmicament sigui una opció més avantatjosa. Tot i així aquesta demana una implicació per part de l'usuari ja que aquest haurà de situar la targeta al lloc específic per tal d'aconseguir una estampació correcte. Es planteja fer una marca on aparegui un codi de barres que els comerços puguin identificar tal i com es mostra a la figura 3.2.



**Figura 3.2:** Codi d'estampació RC



**Figura 3.3:** Tampó de cautxú autoentintable (Font: Vista print)



### 3.2.2. Alternatives de disseny

#### Sistema motriu

Per tal d'aconseguir l'objectiu de primer reconèixer, en segon lloc premsar i per últim donar una recompensa es necessari que RC disposi d'un sistema motriu. Se'n plantegen dos tipus completament mecànics. Per una banda un sistema de palanca i per l'altre un de manovella.

#### Palanca

Plantejar com a sistema motriu una palanca, similar a la mostrada a la figura 3.4, és sinònim de simplicitat. Amb un sol moviment es pot aconseguir tot el procés. Tanmateix, és fàcil aconseguir un braç de palanca que ens redueixi la força que ha d'aplicar l'usuari de manera substancial. L'inconvenient és que quan es vol obtenir un desplaçament important, aquesta ha de tenir unes dimensions desproporcionades. Per altre banda, la direcció del moviment resultant no és l'adequat per facilitar les coses a l'usuari, ja que hauria d'utilitzar la palanca des d'un extrem i inserir la llauna per el lateral. Si es volgués crear un sistema de redirecció del moviment implicaria afegir uns mecanismes força complexos.

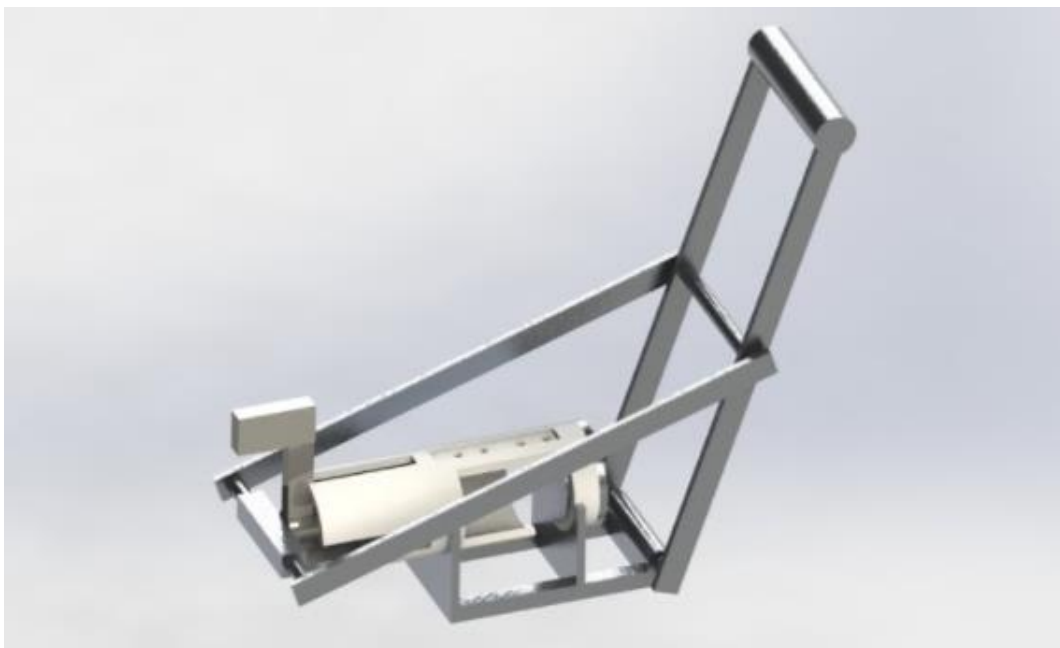


Figura 3.4: Render del mecanisme de palanca

## Manovella

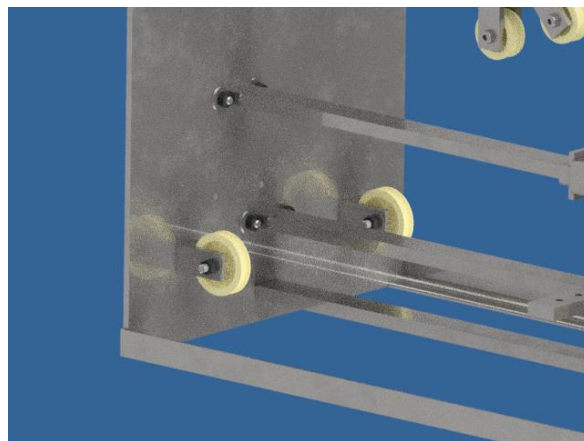
Aquest sistema motriu, com el de palanca, té varis avantatges i inconvenients. És un bon sistema ja que permet aconseguir desplaçaments llargs sense augmentar les dimensions. Aquest fet, permet vincular tota la resta de funcions de la màquina a aquest gir. Per altre banda, és un sistema que treballa inversament proporcional respecte el nombre de voltes que es vol fer i la força a aplicar. És per això que es converteix en un mecanisme complex, on és molt necessari, segons l'aplicació, aconseguir trobar un equilibri per tal que l'usuari treballi còmodament amb el seu funcionament.

### *Transmissió per cadena*

Pel que fa la transmissió de moviment per cadena ofereix una precisió mot més gran que no pas una transmissió per cable. Per aconseguir aquesta correcta precisió, es necessita la instal·lació d'un tensor que mantingui la cadena ben estirada per evitar la flexió. Aquest fet, implica un pressupost més elevat.

### *Transmissió per cable*

La transmissió per cable és una transmissió molt més senzilla. No requereix una inversió tan gran, ja que, amb uns cables de diàmetre petit, o uns cordinos, es pot aconseguir el propòsit adequadament. El manteniment i el desgast d'aquest sistema resulta ser molt inferior respecte la transmissió per cadena. El principal problema, però, recau en la pretensió en que cal ajustar els cables per el bon funcionament de la màquina. En la figura 3.5 apareixen les politges que canvien el sentit del moviment general.



**Figura 3.5:** Render de les politges de canvi de direcció del cable

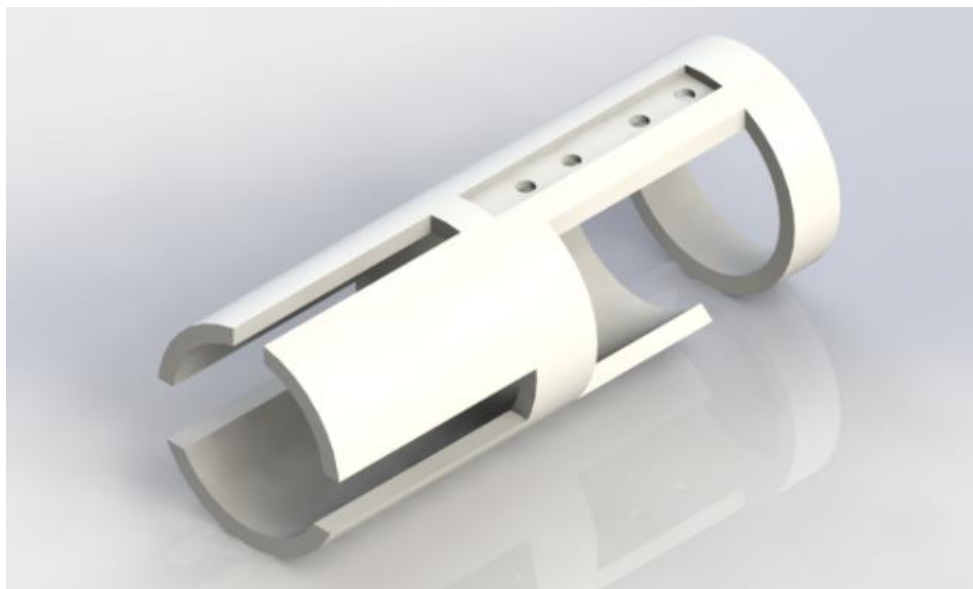
## **Cambra de premsat**

Per poder fer un reconeixement verídic i fiable de la llauna, així com una correcte compressió, es necessita una cambra de premsat. Aquest element cal que compleixi amb el següents requisits:

- Ha de guiar correctament la premsa
- Cal que la llauna hi quedi allotjada en la posició adient.
- Cal que consti d'uns forats a la part superior per permetre el pas dels perns, uns forats en la part inferior per tal de poder evacuar la llauna i finalment una entrada lateral per introduir l'element a reciclar.

### **Geometria cilíndrica**

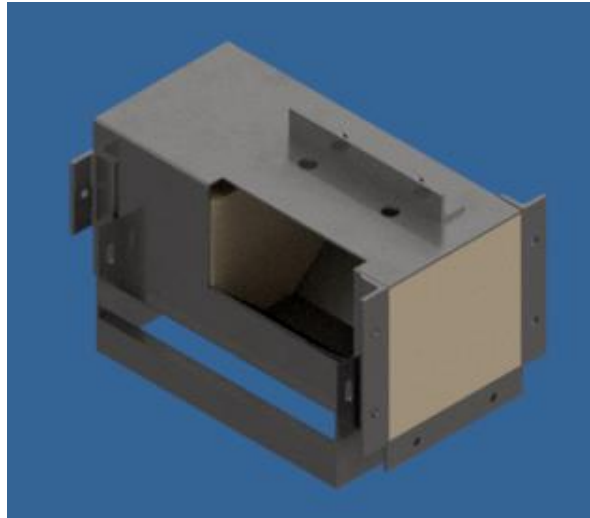
Al tractar-se d'una llauna, la geometria cilíndrica és la que s'adapta millor per aconseguir un correcte centratge i posicionament. A més a més, a l'hora d'aconseguir el guiatge de la premsa, resulta ser molt més efectiu i senzill que utilitzant qualsevol altre forma. D'aquesta manera, la part de la premsa que es queda dins la cambra de premsat pot rotar lliurement i sempre estarà correctament posicionada. Els punts en contra, són que aquesta geometria és complexa, tal i com es pot veure a la imatge 3.6, de manera que resulta difícil de mecanitzar i és complicat aconseguir una correcte concentricitat entre els forats superiors de la cambra i del mecanisme clau. Aquest fet dificulta el muntatge i augmenta els costos.



**Figura 3.6:** Render de la cambra de premsat amb geometria cilíndrica

## Geometria rectangular

La geometria rectangular, que es pot veure en la figura 3.7, planteja moltes facilitats, en primer lloc la seva subjecció és més senzilla. El posicionament del mecanisme clau es pot assentar perfectament a la part superior d'aquesta, assegurant una bona concentricitat entre els forats. Per altre banda és més senzill i econòmic mecanitzar les peces que conformaran tot el conjunt. L'inconvenient és que resulta més difícil posicionar la llauna exactament com ho aconseguíem amb la geometria cilíndrica.



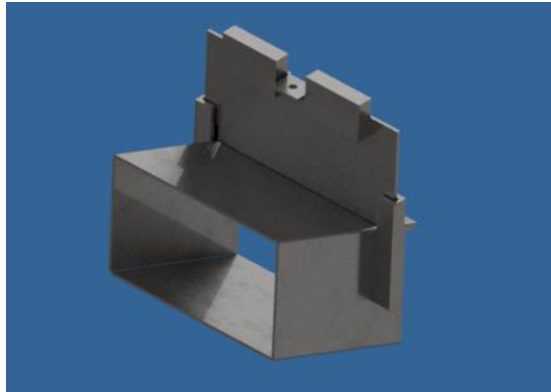
**Figura 3.7:** Render de la cambra de premsat amb geometria rectangular

## Mecanisme de porta

El mecanisme de porta té la funció de evitar l'accés a la cambra de premsat. D'aquesta manera els usuaris no podran manipular els perns i s'evitarà qualsevol atrapament. Per assegurar el bon funcionament d'aquest element, cal que RC es detingui si la porta es manté oberta i que bloquegi la seva obertura durant el procés de reconeixement i premsat. Es plantegen 3 alternatives de moviment per garantir la seguretat de l'usuari i el bon funcionament de la màquina.

### Moviment vertical

Aquest moviment de la porta ens permet controlar de manera relativament senzilla els plantejaments de seguretat anteriors. A la vegada, però, es requereix d'un sistema que transmeti el moviment lineal horitzontal de la màquina a un moviment vertical per elevar la porta quan l'usuari hagi d'introduir la llauna. Una altra opció seria afegir un pom que permeti a obrir i tancar la porta quan es vulgui començar el procés. De totes maneres, aquesta darrera alternativa, allargaria i complicaria innecessàriament el temps de reciclatge per unitat de llauna. En la figura 3.8, es pot apreciar com podria ser aquest disseny.



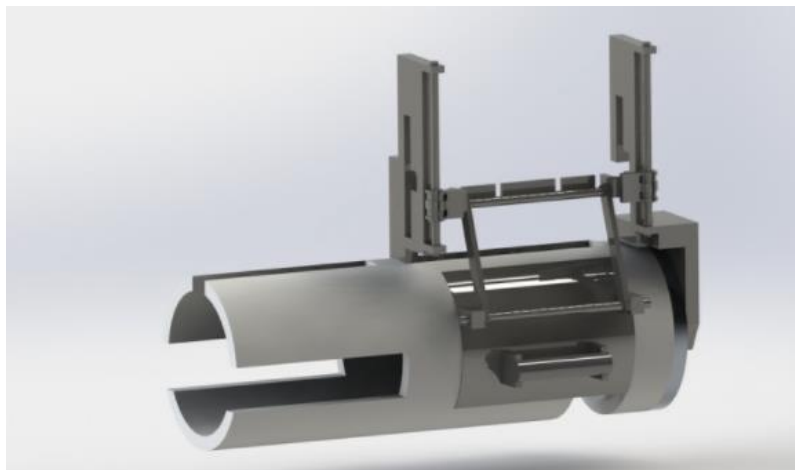
**Figura 3.8:** Render del mecanisme de porta amb moviment vertical

#### Moviment horitzontal

El moviment horitzontal s'adapta fàcilment al moviment general de la màquina i d'aquesta manera es pot aconseguir que l'usuari, amb un sol moviment, realitzi tot el procés. Per altre banda, el bloqueig en el moment de premsat presenta una complicació important a l'hora de garantir la seguretat de l'usuari.

#### Moviment rotatori

El moviment rotatori ens permet aconseguir un posicionament de la llauna perfecte. A la vegada, aconseguir un bloqueig de seguretat per aquest sistema és molt més senzill que no pas amb les altres alternatives. Tanmateix, requereix d'un moviment extra de l'usuari, a partir d'una maneta (tal i com es mostra a la figura 3.9), i un espai que condiciona tot el mecanisme de premsat i reconeixement de llauna.



**Figura 3.9:** Render del mecanisme de porta amb moviment rotatori

## Sistema de bloqueig de la porta

Per aconseguir la seguretat de l'usuari i a la vegada evitar un possible frau, és necessari projectar un sistema de bloqueig de porta. Aquest sistema ha d'evitar el moviment de la premsa en cas que l'usuari intenti mantenir la porta oberta i per altre banda ha d'evitar que es pugui accedir a l'interior de la cambra de premsat durant el procés de reconeixement, premsat i recompensa.

Es presenten dues alternatives, pensades per obtenir els mateixos resultats de manera similar.

Per una banda un sistema on a la part superior o inferior de la porta hi haguessin uns tubs, i solidàriament amb la premsa avancés un rodó. En cas que la porta no estigués tancada, aquest rodó trobaria oposició, per tant la premsa no podria avançar, evitant que l'usuari mantingués la porta oberta per manipular els pernys. Si l'usuari activa la màquina amb la porta tancada el rodó es situaria a l'interior, actuant com a passador, evitant que l'usuari pugui obrir la porta.

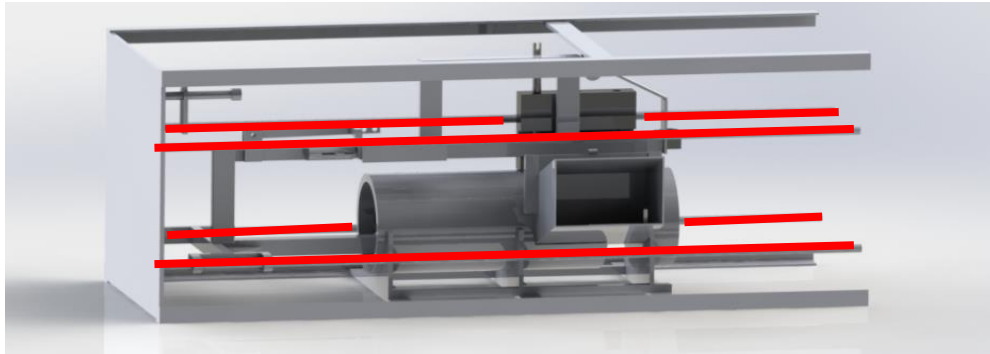
Per altre banda es planteja el mateix sistema però amb passamans, és a dir, situar passamans que facin de topall a la part superior de la porta, igualment, en cas que es volgués mantenir la porta oberta, aquests passamans colpejarien la porta i no deixarien seguir avançant els mecanismes.

## Sistema de guiatge

Per tal d'aconseguir que el sistema motriu doni el resultat adequat i la màquina sigui capaç de reconèixer la llauna, premsar-la i donar una recompensa es necessita d'una precisió important. Un bon sistema de guiatge és vital per obtenir moviments controlats.

### Doble guia

Es planteja un sistema de doble guia cilíndrica. Aquest sistema estaria format per una guia a la part inferior i un altre a la part superior. D'aquesta manera, es necessiten quatre guies correctament alineades que facilitin un bon posicionament de les peces. Aquest sistema aporta un guiatge perfecte. Seria necessari incloure unes dolles o coixinets lineals per tal de poder garantir un moviment correcte entre guies i peces. Per connectar aquests dos elements es plantegen uns tipus de suports que han de ser de gran precisió per tal que el guiatge sigui efectiu. Això fa que els costos siguin elevats. A la figura 3.10 es pot apreciar la disposició de les guies.

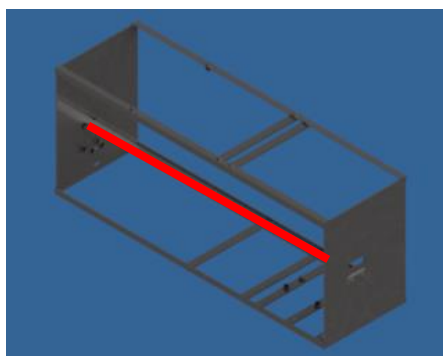


**Figura 3.10:** Render del sistema de doble guia

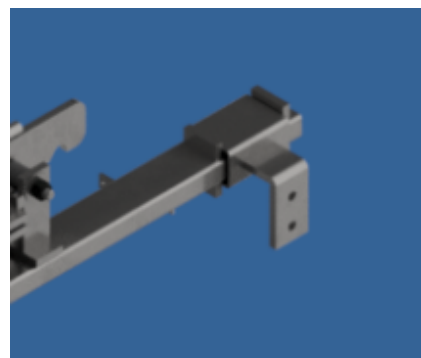
### Guia simple

El sistema de guia simple sorgeix com a alternativa a la precisió del sistema de doble guia. Aquest sistema tindria un guiatge a partir de passamans i tubs rectangulars recorrent per el seu exterior. D'aquesta manera es necessita fer un centratge d'una guia per la part superior i una altre per la part inferior. Amb aquest sistema no es garanteix una precisió tant bona com el de guia doble, ja que el tub pot tenir un joc amb el passamà. A la vegada, el disseny es simplifica i es redueixen els costos de fabricació i muntatge.

En aquest cas, la unió entre la part superior i inferior, es realitzaria mitjançant un suport adaptable (veure figura 3.12). Aquest suport seria capaç d'absorbir desajustos entre les dues guies. Així doncs, s'evita un dels principals problemes de les guies dobles: l'obligació d'aconseguir dues guies perfectament paral·leles. En la figura 3.11 es pot comprovar la col·locació de la guia principal.



**Figura 3.11:** Render de la bancada amb guia simple



**Figura 3.12:** Render de la unió part inferior a superior

## Sistema de debilitació de la llauna

Aquest sistema es planteja per tal d'aconseguir disminuir sol·licitació inicial. D'aquesta manera, a partir d'una deformació s'aconsegueix debilitar de manera substancial la força inicial que es requereix per aconseguir començar a premsar. Aquest sistema ajudaria a obtenir un esforç més homogeni per l'usuari, ja que aquest només hauria d'aplicar una força relativament gran al final del premsat.

Aplicar un sistema de debilitació implica deformar la superfície de la llauna mitjançant un mecanisme de colpeig. Durant l'actuació d'aquest element seria complicat mantenir la posició correcta de la llauna de manera que es podria dificultar notablement el reconeixement diametral.

## Sistema reconeixedor

Per tal d'aconseguir un sistema de reconeixement fiable es planteja un mecanisme tipus pany amb clau, però que treballi de forma lineal enlloc de rotatori, és a dir, que si els pernns estan en la posició correcta l'element clau sigui capaç de passar, en cas contrari el mecanisme clau hauria de quedar bloquejat.

Es plantegen diverses opcions geomètriques dels pernns, a continuació es comentaran breument:

Una d'elles consisteix en mecanitzar un forat al mig d'unes platines que tinguin moviment vertical. Aquest forat correspondria amb la mesura correcta de la llauna. L'inconvenient d'aquest mecanisme és que el reconeixedor que passaria, no deixaria aixecar els pernns a posteriori. Així doncs, la premsa hauria de tenir algun tipus de regata per no destrossar els detectors en el moment de treball. De totes maneres durant el premsat i la corresponent deformació de la llauna algun pern podria veure's danyat, fet que presenta un problema important.

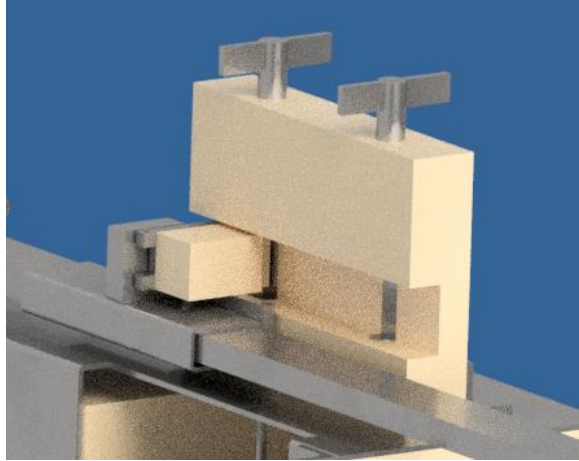
Una altra alternativa, seria fer uns pernns quadrats amb un menjat frontal. Un cop el reconeixedor hagués passat per el seu interior aquests es podrien enretirar i la premsa podria treballar sense dificultats. L'inconvenient d'aquesta proposta, és el fet de mecanitzar forats quadrats que ens serveixin de guies per aquests tipus de pernns, cal tenir en compte que els forats haurien de ser molt profunds respecte la seva secció.

Per últim, es planteja adaptar la idea dels pernns quadrats a uns pernns cilíndrics, aquesta opció facilita el mecanitzat dels forats. A la vegada, però, el pern pot quedar força debilitat a causa de la ranura. Per aquest motiu, aquest sistema necessita la implementació d'algun element de seguretat molt sensible i afectiu per tal de garantir la vida útil dels pernns.

Pel que fa el número de pernns i la seva situació al llarg de la llauna es plantegen dues opcions: Reconèixer mitjançant 4 pernns, on dos estaran repartits al llarg del diàmetre exterior i els altres dos es



situaran als plans inclinats inferior i superior de la llauna. Aquest plantejament dona la possibilitat d'un reconeixement més fiable però a la vegada requereix d'una precisió molt important. L'altre opció, és situar només dos pernys al llarg del diàmetre exterior de la llauna (veure figura 3.13), així doncs la complicació tècnica disminuiria notablement tot i que la fiabilitat continuaria sent alta.



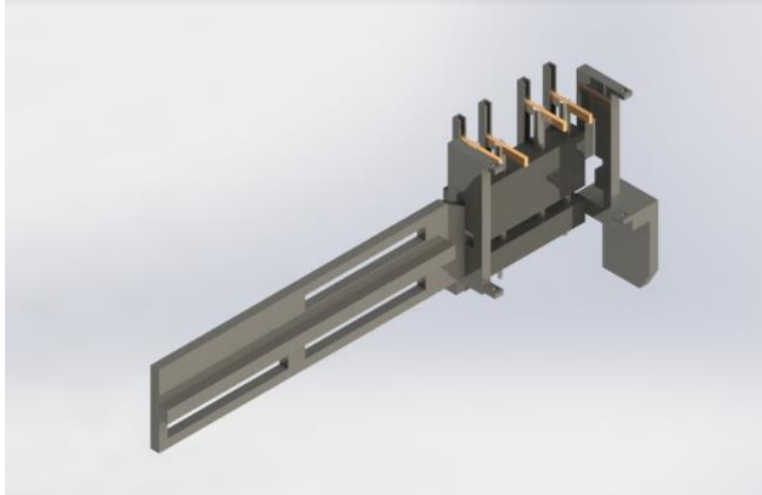
**Figura 3.13:** Render del sistema reconeixedor

### Sistema d'elevació de pernys

Aquest mecanisme és indispensable en dos moments del procés. En primer lloc, per tal d'aconseguir que la cambra de premsat estigui completament lliure en el moment d'introduir la llauna i en segon lloc per poder realitzar el premsat sense la possibilitat de poder danyar els pernys. A continuació es comentaran diferents opcions per aconseguir aquest moviment.

Sistema manual per part de l'usuari. Es planteja que l'usuari elevi els pernys a partir d'una petita palanca, deixant la cambra de premsat completament lliure per tal de que la llauna es pugui col·locar bé al seu lloc. Aquest sistema, a part d'afegir una tasca a l'usuari, requereix d'un altre mecanisme per tal d'elevat els pernys just després de reconèixer la llauna i poder premsar.

Sistema de doble pla inclinat. Aquest sistema, té com a punt a favor el fet que els pernys interactuen amb la llauna només en el moment del reconeixent. Just després, aquests són elevats tant en un sentit com en l'altre per tal de permetre el pas de la premsa i per poder introduir la llauna sense inconvenients. El problema d'aquest mecanisme és que resulta molt esvelt i per tant requereix d'un guiatge per la part frontal i posterior de la bancada. Aquest fet provoca que la màquina hagi de tenir una longitud considerable. Tanmateix, el pla inclinat per el que s'elevarien els pernys pot ser un element amb un desgast important de manera que caldria augmentar la freqüència de manteniment.



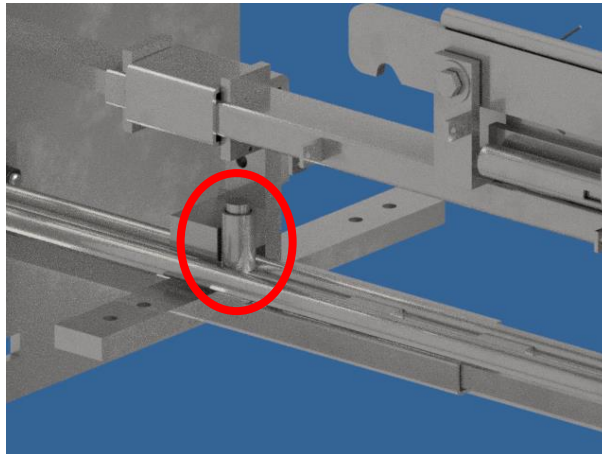
**Figura 3.14:** Render del mecanisme d'elevació de perns amb pla inclinat

Sistema de politges. El sistema requereix la instal·lació de dos mecanismes per elevar els perns, un per introduir la llauna i l'altre per poder premsar. Així doncs, ofereix la possibilitat de poder aprofitar el sistema d'obertura de porta per pujar els perns en el moment d'introduir la llauna. A la vegada, però, requereix d'un sistema que els elevi un cop s'ha reconegut. Aquest segon moviment és més complicat ja que requereix un desacoblament del moviment general.

### Sistema de frenada

Quan hi ha algun problema durant el reconeixement o l'estampació, el reconeixedor és veu frenat per els perns o la comporta d'estampació. En aquest moment, cal comptar amb un sistema de frenada que eviti sol·licitacions importants en aquestes dues zones.

Per aconseguir establir un màxim de força aplicada sobre els perns, cal dissenyar un sistema tipus dinamòmetre a compressió. D'aquesta manera, cal col·locar una molla entre el conjunt reconeixedor i la unitat motriu posterior. Així doncs, quan el reconeixedor es vegi bloquejat, la unitat motriu continuarà avançant comprimint la molla. A partir d'aquest punt, es tenen dos possibles sistemes per bloquejar la màquina: Una de les opcions és a partir d'un sistema de politges, aprofitar la compressió de la molla per crear un sistema abatible que es quedi bloquejat amb algun tipus de topall. L'altre opció, és aprofitar la compressió de la molla per provocar el descens, a través d'unes guies, de l'element (mostrat a la figura 3.15) que quedaria bloquejat amb el topall.



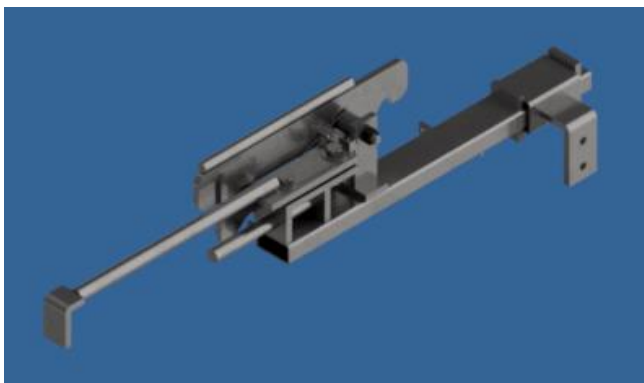
**Figura 3.15:** Render del mecanisme de frenada

### Sistema d'alerta

Es planteja un sistema d'alerta per tal d'informar l'usuari quan apareix-hi algun problema. Es projecten varies alternatives. Per una banda, dissenyar un mecanisme que provoqui un so que adverteixi a l'usuari especificant, en el manual, els passos a seguir en cas de sentir aquest so d'advertència.

Per altre banda, es planteja un mecanisme de bandera, tal i com es mostra a la figura 3.16, que porti una advertència visual tipus STOP. D'aquesta manera, l'usuari podria veure que no premsarà el que hagi introduït i no obtindrà una recompensa. Llavors, igual que en el mecanisme anterior, a les instruccions s'especificaria que aquest ha de girar en sentit antihorari la manovella, per tal de carregar la bandera i seguidament activar el selector per premsar llaunes defectuoses

Ja per últim, es planteja fer una combinació dels dos sistemes per fer una advertència tant auditiva com visual.



**Figura 3.16:** Render del sistema d'alerta

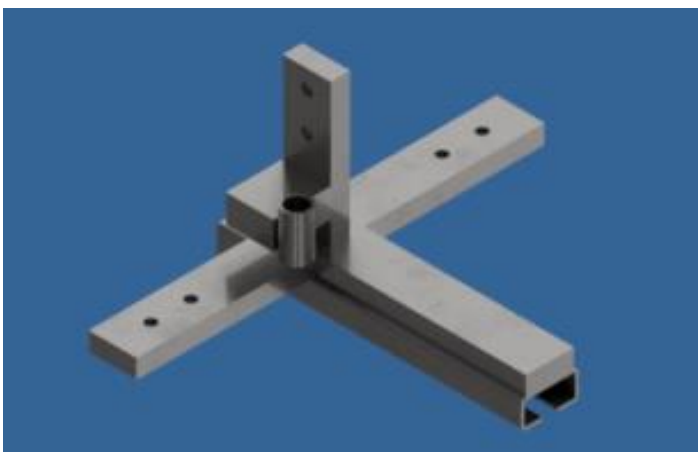
## Mecanisme premsa

El mecanisme de premsa, igual que el mecanisme de cambra de premsat, es planteja amb diferents geometries. En cas d'utilitzar una cambra amb geometria cilíndrica la premsa tindrà aquesta mateixa forma. Per altre banda, si la geometria de la cambra de premsat és rectangular la premsa haurà de tenir una forma piramidal, per tal de poder adaptar-se al punt on s'assenta la llauna aconseguint un reconeixement correcte.

Aquest mecanisme es planteja de dues maneres. Una opció és un mecanisme únic, és a dir, que la premsa faci tot el recorregut que ha de fer la màquina. L'altre opció és un mecanisme doble, es dividiria en dos, la pròpia premsa que estaria sempre dins la cambra de premsat i la part posterior (veure figura 3.17), que seria la part que faria tot el recorregut i aportaria la força per aconseguir comprimir la llauna.

El primer mecanisme sòlid, ens ofereix l'avantatge de no tenir la necessitat de dimensionar enclavaments o altres sistemes similars, per aconseguir el moviment de tornada de la premsa. Tanmateix, té l'inconvenient de ser massa llarg i això implica fer una cambra de premsat més llarga, que hauria d'estar tallada, formant una guia per tal que la unió entre la part superior i l'inferior es poguessin vincular de manera correcte.

El segon mecanisme, dividit en dues parts, té l'avantatge principal que el recorregut de la pròpia premsa és curt i això ens evita fricció i possibles inconvenients de joc en el guiatge d'aquesta. També, ens dona un correcte assentament de la llauna ja que quan l'usuari la introdueixi, la part frontal de la premsa estaria completament alineada amb l'entrada d'aquesta, evitant també un possible frau. L'inconvenient d'aquest sistema és que requereix que hi hagi un mecanisme que pugui estirar la premsa quan hi ha el moviment de retorn del mecanisme i un enclavament perquè es quedi en el punt exacte quan la resta del mecanisme segueixi retrocedint.

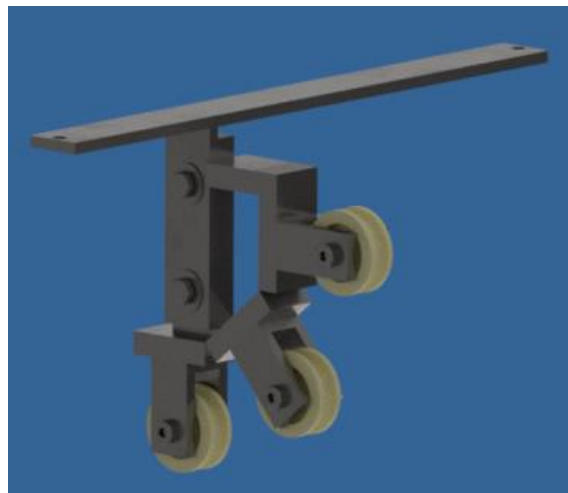


**Figura 3.17:** Render part posterior premsa

### Prototip sòlid o desmuntable

Es planteja un disseny sòlid on totes i cada una de les unions seran soldades, reduint molt el temps de producció i el material necessari. Tanmateix, adoptar aquesta situació significa la necessitat d'una precisió molt gran. En cas d'equivocació la solució es molt més complicada que amb un sistema desmuntable. A més a més, el manteniment es complica molt més i s'anul·la la possibilitat d'ajustaments en ple funcionant.

El sistema desmuntable (veure figura 3.18) requereix d'un disseny més treballat i a la vegada un temps de muntatge superior. Però té els grans avantatges de poder canviar peces que no treballin del tot bé o que es puguin fer malbé i de poder donar una certa tolerància a la hora d'unir els diferents elements per aconseguir la precisió òptima per cada funció.



**Figura 3.18:** Render del sistema de baixada de bandera desmuntable

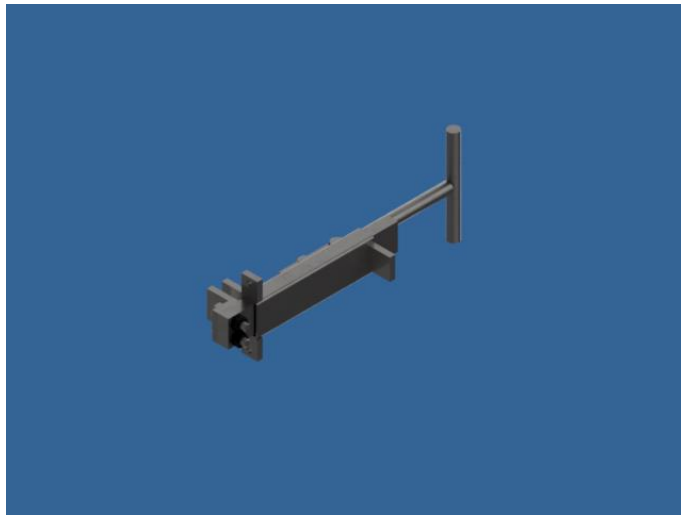
### Selector de recompensa

En el cas que s'introduís a la cambra de premsat algun element que no fos una llauna, o aquesta estigués malmesa, la màquina ha de ser capaç de retornar l'objecte o premsar-lo sense donar la recompensa final.

Per tal d'aconseguir el retorn, es planteja fer una caixa d'entrada més gran. En aquest cas, quan l'usuari girés la manovella en sentit antihorari per recarregar la bandera, s'obriria la porta de nou i podria agafar la llauna. Si la llauna estigués malmesa en algun punt, girant-la seria suficient per aconseguir la recompensa. Si per altre banda es busqués aconseguir la recompensa sense introduir una llauna, l'usuari s'adonaria que no és possible. Aquest sistema planteja la possibilitat que es produeixi algun tipus d'atrapament per part de l'usuari, i a la vegada, una caixa d'entrada més gran implicaria

un guiatge incorrecte de la llauna en la seva entrada, dificultant el reconeixement posterior. Per obtenir el retorn, també es planteja un sistema de safata. La part inferior de la cambra de premsat seria mòbil, d'aquesta manera l'element introduït cauria en el seu interior i l'usuari el podria extreure.

En el segon cas, buscant aconseguir un sistema de selecció de recompensa, es necessita elevar els perns fins a deixar-los a la posició que adoptarien si hi hagués una llauna i a la vegada, privar a l'usuari obtenir la recompensa. Es planteja un sistema de palanca o una maneta per desenvolupar la tasca prèviament esmentada. Pel que fa la palanca, és un bon mecanisme ja que ens permet obtenir diferents desplaçaments segons l'alçada on es vinculin cadascun dels elements. Tanmateix, el moviment rotatori d'aquest element podria causar que els cordinos no treballassin bé. Per altre banda, la maneta (mostrada a la figura 3.19) és molt més simple, ja que el moviment sempre és de tracció lineal. Es podria aprofitar el sistema d'elevació de perns per situar-los en el lloc correcte i bloquejar el sistema d'estampació amb un sol desplaçament.



**Figura 3.19:** Render del sistema selector de recompensa

### Sistema d'estampació

Aquest mecanisme és un dels que requereix major precisió per evitar que l'usuari aconseguixi més d'una estampació en una sola llauna. Existeixen diferents alternatives, pel que fa el moviment del tampó i la comporta antiretorn.

#### Moviment del sistema tampó

En aquest cas existeix l'alternativa de mantenir estàtic el sistema tampó en la part final del moviment, en un mecanisme com el mostrat a la figura 3.21. D'aquesta manera, caldria incorporar un element capaç de transmetre el moviment a aquesta peça. Per altre banda, es planteja la possibilitat de mantenir el tampó solidari al sistema d'alerta. Aquesta última opció implica una major inèrcia de tot el sistema.

## Comporta antiretorn

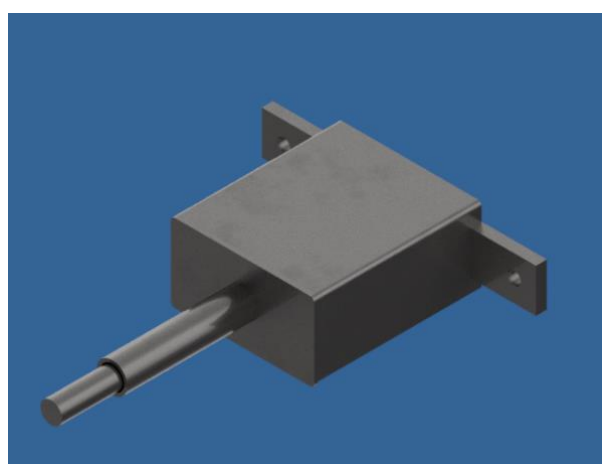
Aquest element és basic per assegurar un bon funcionament de la màquina evitant qualsevol tipus de frau i és que es va detectar la possibilitat d'estampar repetitivament un cop passat el reconeixedor. Per evitar aquest fet, calia dissenyar una comporta que només deixés estampar en una ocasió. Aquest element s'hauria d'enclavar abans de reconèixer la llauna, deixant passar el reconeixedor sense dificultats. Un cop el sistema es trobés en la posició d'estampat, la comporta antiretorn hauria de descendir. Seguidament, amb l'ajuda d'un imant i gràcies a l'elasticitat dels cordinos, s'asseguraria que el reconeixedor quedés sempre a la part posterior de la comporta evitant el moviment d'avanç.

Es va optar per definir 2 tipus diferents de comporta:

- Comporta rotativa: en aquest cas el moviment d'enclavament és circular. Segurament aquest sistema assegura una millor interacció amb el reconeixedor però presenta forces dificultats tècniques a l'hora de mecanitzar les peces necessàries.
- Comporta lineal: aquest cas resulta més senzill de fabricar (figura 3.20), tot i que cal assegurar un millor ajust entre els elements que la conformen.



**Figura 3.20:** Render del sistema de comporta de recompensa



**Figura 3.21:** Render del sistema d'estampació

## 4. Disseny i fabricació de la màquina

Per tal de tirar endavant aquest projecte s'ha hagut d'escollir d'entre totes les alternatives esmentades anteriorment. La tria s'ha realitzat utilitzant uns criteris generals, en primer lloc, de garantir la màxima comoditat a l'usuari durant el procés, en segon lloc, dissenyar mecanismes tenint en compte un criteri pressupostari i de fabricació possible d'un prototip amb unes eines de baixa precisió tal i com es pot veure en la figura 4.1.



Figura 4.1: Taller on s'ha realitzat el prototip

### 4.1. Descripció exhaustiva de la solució adoptada

#### 4.1.1. Alternativa d'empresa

La finalitat per la qual s'ha pensat la màquina va molt lligada amb el disseny d'aquesta, és per això, que hi ha moltes parts que són completament dependents i requerien conèixer el propòsit de la màquina per poder-ne fer un disseny adaptat a la funció.

S'ha escollit com a alternativa d'empresa una màquina que afavoreixi el comerç local i de proximitat a partir de l'estampació en una targeta que serà bescanviable per productes de qualitat. Es planteja contactar amb mercats locals com a centre representatiu d'aquest tipus de establiments. La màquina



aniria situada en aquests punts i els descomptes podrien ser utilitzats en diferents comerços de les poblacions en què s'instal·lés.

Aquesta és una bona alternativa d'empresa, ja que busca vincular diferents àmbits per tal de millorar-ne la situació que viuen en la societat actual. Es creu que enfocar-ho a mercats i comerç local pot ajudar a implicar els ajuntaments en aquestes causes, ja que la majoria estan gestionats per organismes públics.

Es planteja la idea de ser una màquina sense ànim de lucre. Es demanaria a les entitats col·laboradores que aportessin els diners per fer la fabricació de la màquina, que fessin una inversió en la promoció del comerç del municipi donant petites ajudes proporcionals als descomptes que els venedors oferissin, i subcontractant alguna persona amb problemes d'inserció al món laboral perquè s'encarregués de la feina de manteniment i en pogués treure un petit sou.

No es descarta la instauració de la màquina en supermercats sempre i quan els descomptes siguin amb productes frescos o ecològics.

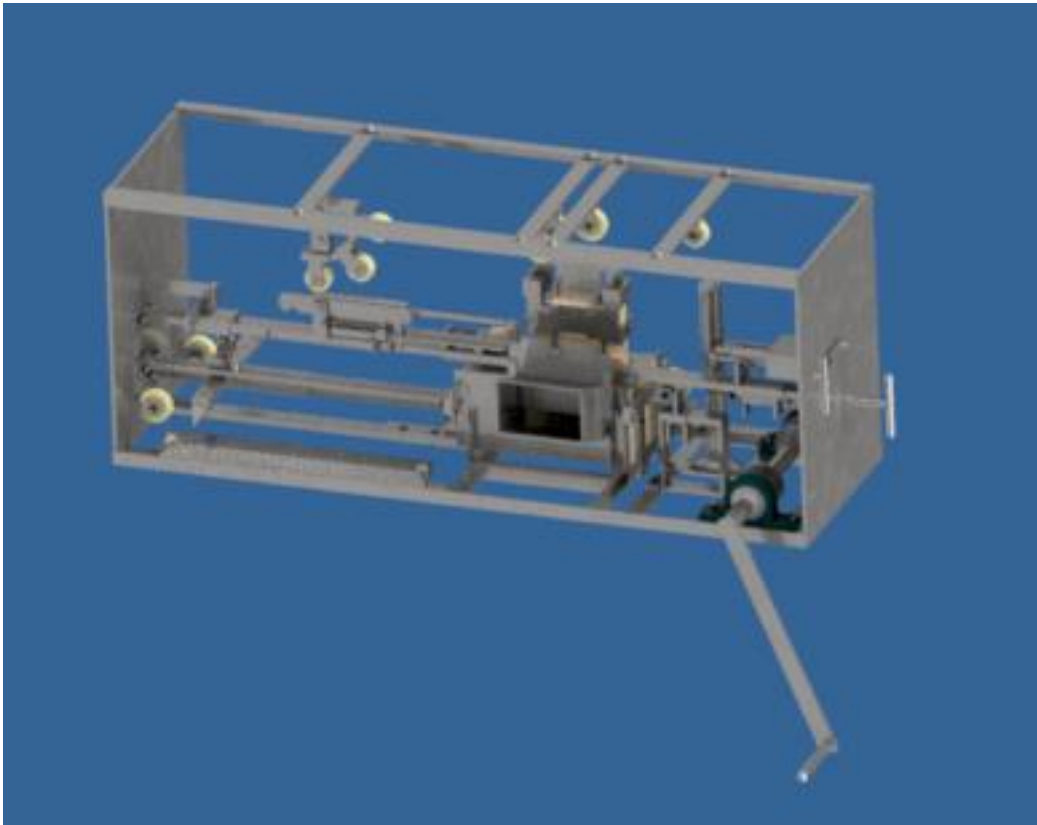
#### **4.1.2. Alternativa de disseny**

L'alternativa de disseny ha estat escollida a partir dels criteris generals esmentats anteriorment: funcionalitat per part de l'usuari i possibilitat d'un prototipatge posterior, obtenint el resultat mostrat a la figura 4.2.

Es divideix la màquina en conjunts de mecanismes per realitzar un disseny òptim i facilitant procés de fabricació posterior. D'aquesta manera la màquina es divideix de la següent manera:

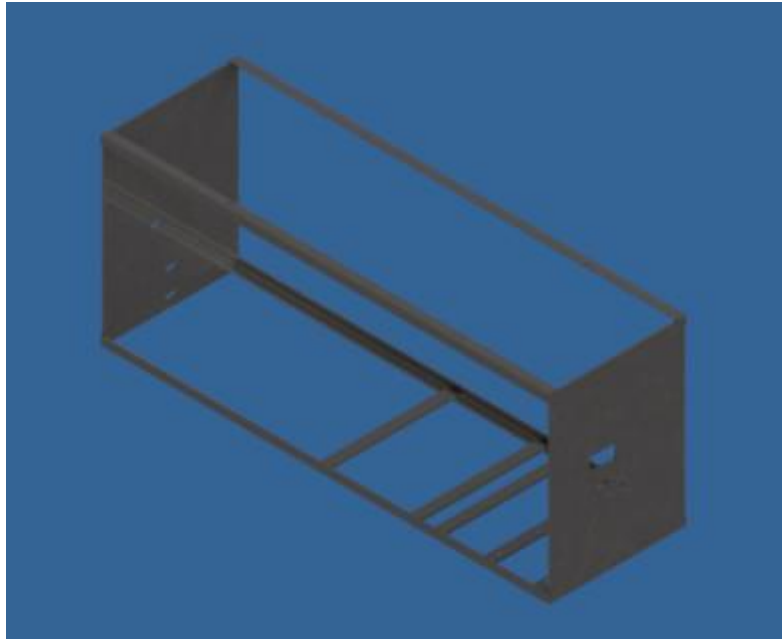
- Bancada
- Premsat
  - Cambra de premsat
  - Premsa
- Porta
- Clau
- Reconeixedor
- Sistema d'alerta
  - Activació de bandera
  - Baixada de bandera
- Elevador de perns i porta posterior
- Elevador de perns frontal
- Politja

- Arbre
- Manovella
- Estructura de fre
- Comporta d'estampació
- Selector de recompensa
- Esquema d'avanç



**Figura 4.2:** Render del disseny definitiu

Es dissenya la bancada com element estructural, així doncs, tindrà la funció de subjectar tots els elements de la màquina. La bancada estarà conformada per dues planxes tallades per làser, uns perfils angulars i uns passamans (veure figura 4.3). Les dues planxes tenen un forat a on es subjectarà la guia principal de la màquina, aconseguint que aquesta treballi el més horitzontal i alineada possible. Per assegurar aquest alineament, aquestes planxes tenen uns radis a les puntes on els perfils angulars s'hi poden assentar perfectament. Així doncs, amb aquests quatre perfils angulars soldats a les puntes de les planxes s'aconsegueix obtenir un prisma perfecte. Per acabar l'estructura, s'uniran passamans a la part superior i inferior que actuaran com a travessers per poder-hi situar els diferents conjunts comentats anteriorment.

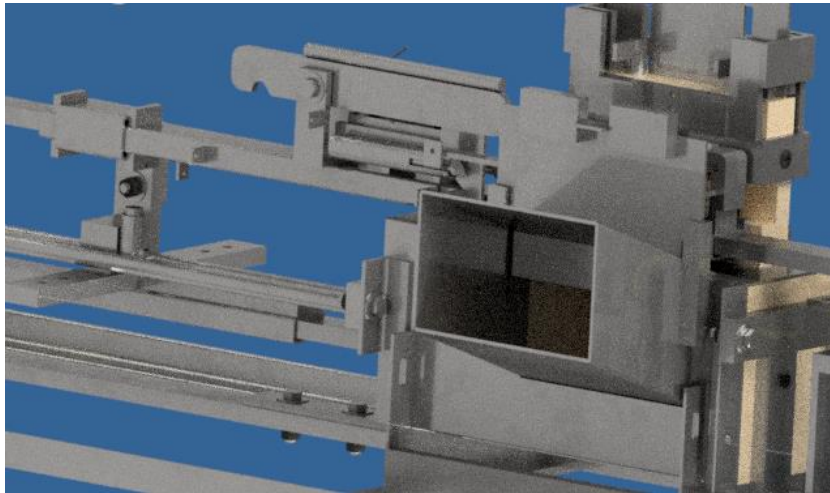


**Figura 4.3:** Render de la bancada

El mecanisme de premsat esta format per dues parts, la cambra de premsat i la pròpia premsa. Com a element restrictiu en el disseny, es decideix utilitzar una geometria rectangular. D'aquesta manera es facilita molt el prototipatge. Pel que fa la cambra de premsat es decideix fer una peça tallada per làser que posteriorment es plegarà donant la geometria rectangular esperada. Tots els encaixos i forats dissenyats permetran la introducció de la llauna, l'entrada dels perns per la part superior i la caiguda al dipòsit un cop premsada. A dins d'aquesta cambra s'hi soldaran dues planxes que tindran la funció de centrar la llauna i guiar correctament la premsa. Aquesta cambra de premsat estarà subjectada amb un suport frontal i un posterior. Aquests, tenen encaixos per facilitar que la cambra quedi perfectament assentada i per poder unir entre ells uns passamans que aportin consistència. Tanmateix el suport posterior té un forat que s'alinea amb un altre situat a la planxa de l'estructura. D'aquesta manera, s'aconsegueix un correcte guiatge del mecanisme de premsa. Dins la cambra de premsat s'hi situarà un tap de polietilè. Per tal que el tap quedi en la posició correcta, hi hauran uns perfils angulars que s'uniran a una estructura de passamans impedit que pugui sortir per la part frontal de la cambra de premsat.

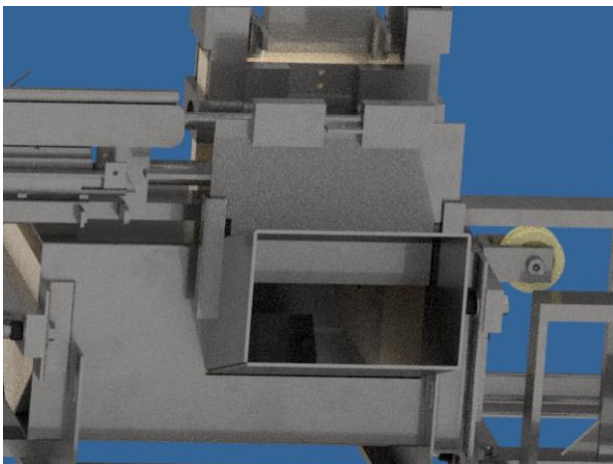
Pel que fa la premsa, estarà formada per dos elements. Una part estarà situada dins la cambra de premsat realitzant, únic i exclusivament, la funció de comprimir la llauna. Aquesta premsa tindrà una geometria òptima per lliscar entre les planxes que guien la llauna i les parets de la cambra de premsat. La part posterior serà l'encarregada de transmetre totes les forces de la màquina. Aquesta farà de vinkle amb la part superior, transmeten tot el moviment per poder elevar porta, perns, reconèixer la llauna i donar la recompensa. Es dissenya la unió entre la part superior i inferior a partir d'un tub rectangular que envolti la part posterior del conjunt d'alerta, d'aquesta manera s'assegura que el moviment no quedi bloquejat per la desviació d'alguna de les guies. Així doncs, es busca evitar les

conseqüències fatals que podria provocar una fricció alta a causa de que els elements no estiguessin perfectament alineats. La part inferior pressionarà la premsa per tal d'aconseguir comprimir la llauna i posteriorment retornar-la gràcies a un sistema d'imants. Aquest mecanisme posterior de la premsa també compta amb elements del mecanisme de fre. En la figura 4.4 es pot observar el conjunt de premsat.



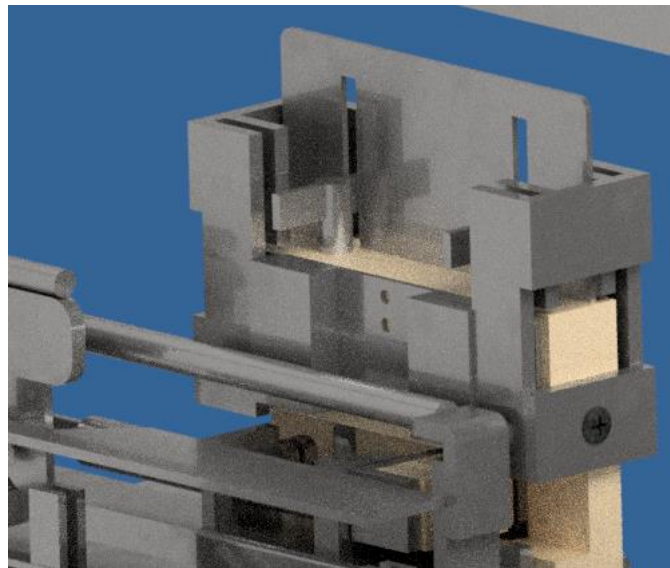
**Figura 4.4:** Render sistema de premsat

Es decideix fer un mecanisme de porta que no només actuï com a barrera entre l'exterior i l'interior de la màquina, sinó que a la vegada sigui una entrada guiada per la llauna, donant una menor possibilitat al frau per part de l'usuari. Per complir amb aquests objectius es dissenya una caixa d'entrada tallada per làser que posteriorment es plegarà. Aquesta anirà unida a la cambra de premsat i serà l'únic element, a part de la manovella i el selector, que sobresortirà de la màquina. Estarà disposada de manera que baixarà amb un angle d'inclinació suficient perquè l'usuari només hagi de posar la llauna a la punta i aquesta caigui pel seu propi pes, a través d'un pla inclinat, fins arribar a la cambra de premsat. Aquesta caixa tindrà un encaix per el qual es mourà la porta de forma vertical. És per això que a la part exterior de la caixa també es situaran unes guies, visibles a la figura 4.5, per tal de garantir el bon funcionament de la porta.



**Figura 4.5:** Render del sistema de porta

El mecanisme clau, que es pot observar a la figura 4.6, estarà format per una bancada i uns pernns. Aquesta bancada tindrà un encaix per on hi podrà córrer el reconeixedor, i unes guies que permetran el moviment vertical dels pernns. La bancada d'aquest element quedarà assentada sobre la cambra de premsat i serà subjectada amb perfils angulars. Tanmateix, es situaran uns elements a la part superior per tal de guiar els pernns i elevar-los quan la cambra de premsat hagi de quedar lliure per l'entrada de la llauna o la premsa. Pel que fa als pernns, n'hi haurà dos que mesuraran el diàmetre exterior de la llauna. Aquests seran de forma cilíndrica i tindran un encaix equivalent al de la bancada permetent l'avanç del reconeixedor quan el diàmetre sigui comprovat correctament. A la part superior tindran un encaix on s'hi situarà una platina que ens servirà per guiar-los i elevar-los.

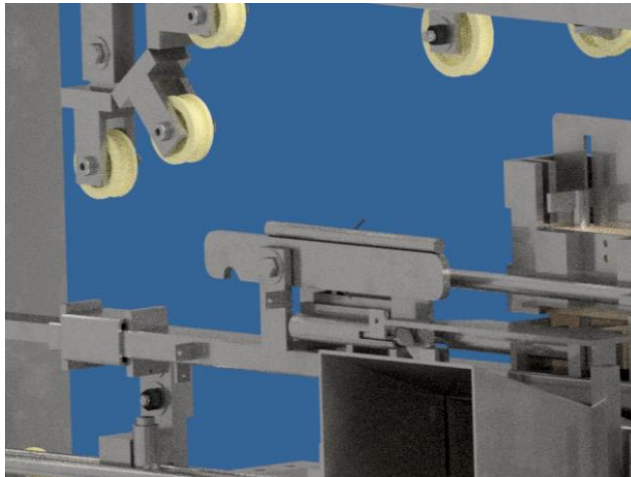


**Figura 4.6:** Render del mecanisme de clau

El mecanisme reconeixedor estarà format per un tub rectangular que recorrerà la guia principal. Aquest serà capaç de passar per l'encaix de la bancada i els pernns del mecanisme clau quan aquests estiguin a la posició idònia i quedar bloquejat en cas contrari. El reconeixedor podrà rotar gràcies a una frontissa per aconseguir el moviment de tornada quan els pernns no estiguin situats a la seva posició. Tanmateix, estarà impulsat per el mecanisme d'alerta mitjançant un rodó que impulsarà tot el mecanisme del reconeixedor. En el cas que aquest mecanisme quedi bloquejat (els pernns no estan a la posició adequada) el rodó comprimirà una molla fent que una platina activi la bandera.

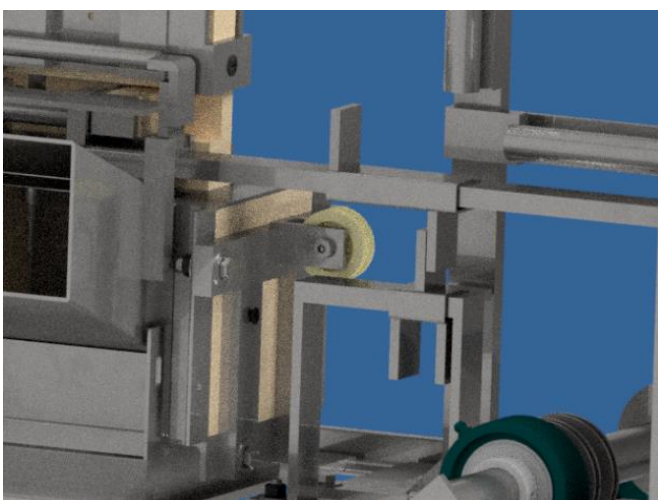
El sistema d'alerta es dissenyarà a mode de fusible mecànic. Es situarà a la part posterior del mecanisme reconeixedor i estarà unit a la part inferior tal i com es veu a la figura 4.7. Aquest consta d'una bandera rotativa la qual s'enclava a un passador lineal. Quan el mecanisme reconeixedor queda bloquejat la molla que es troba entre aquests dos es comprimeix. Aquest desplaçament, genera un moviment relatiu que desenclava la bandera. Gràcies a una molla de torsió aquesta rota mostrant un missatge d'alerta. Un cop aquesta estigui disparada l'usuari haurà de girar la manovella per carregar la bandera de nou. Per aconseguir rearmar-la s'utilitza un sistema de tres rodets. Aquest estarà collat a

la part superior. Les tres rodetes estan disposades a  $45^\circ$  entre elles de manera que podran repartir la força adequadament al llarg del recorregut. El sistema d'elevació de porta i pern es farà a partir d'un sistema de politges. Just a la part posterior de la màquina, es situarà un petit tub rectangular a la guia principal. Quan l'usuari tiri tot el mecanisme endarrere, aquest tub començarà a desplaçar-se estirant els cordinos que, al seu torn, elevaran la porta i els pern. D'aquesta manera la cambra de premsat quedarà completament lliure per tal que l'usuari pugui introduir la llauna.



**Figura 4.7:** Render del sistema d'alerta

A la part frontal hi haurà un altre elevador de pern. S'ha dissenyat un mecanisme doble, una part del qual estarà a la guia principal i l'altra es trobarà just per sota, tal i com es mostra a la figura 4.8. Aquest sistema funcionarà amb imants, d'aquesta manera, quan s'hagi reconegut la llauna, la part superior estirà la inferior, elevant els pern gràcies a un sistema de politges. Quan la part inferior arribi al seu final de carrera, l'imant que uneix les dues parts es desenclavarà i els pern es mantindran elevats. D'aquesta manera, s'evita que l'elevació dels pern sigui molt més llarga del necessari. En cas que s'hagués d'elevant tot el recorregut que li queda a la màquina, els pern podrien sortir de les guies. Finalment, quan es torna endarrere el mecanisme superior fa baixar els pern.

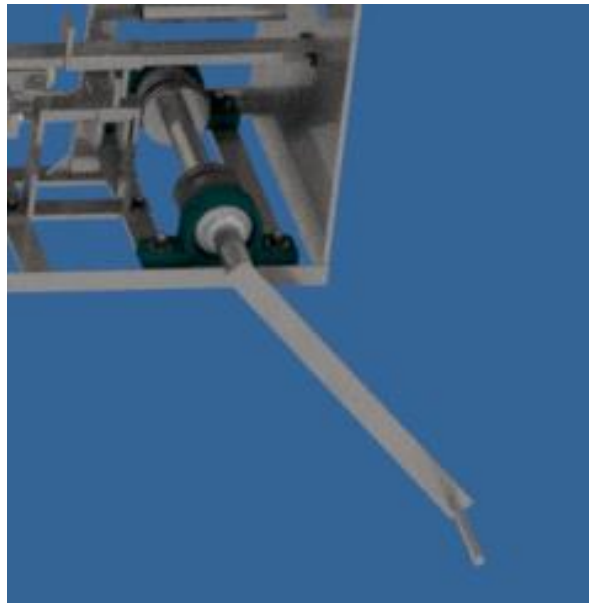


**Figura 4.8:** Render del sistema d'elevació de pern

Totes les politges i rodetes es dissenyen per fer-les de manera artesanal. D'aquesta manera s'eviten costs i es poden millorar els ajustaments. La màquina conté un tipus de rodetes i dos de politges. Les rodetes conformen el mecanisme de baixada de bandera. Estan formades a partir d'una estructura de passamans i uns cargols Allen en funció d'eix. Pel que fa les politges n'hi ha un tipus que estan fabricades amb el mateix disseny que les rodetes i s'utilitzen per elevació de perns i portes i també per el retorn de tot el mecanisme de la màquina. L'altre tipus de politges és el que va instal·lat a l'arbre que transmet tot el parell a partir de la manovella. Aquestes segones politges s'han realitzat unint dues platines exteriors i una interior tallades amb làser. D'aquesta manera, s'han aconseguit unes politges molt resistents per suportar l'esforç que requereix la màquina en el moment de premsar la llauna.

L'arbre que allotjarà les politges esmentades, serà un rodó calibrat de diàmetre 25mm, dissenyat a partir dels càlculs de l'apartat 4.5.2. Aquest anirà col·locat a l'interior de dos rodaments de boles que permetran una rotació òptima del mecanisme. L'arbre, conjuntament amb les politges, està dimensionat per trobar un equilibri entre voltes a fer per part de l'usuari i força a aplicar.

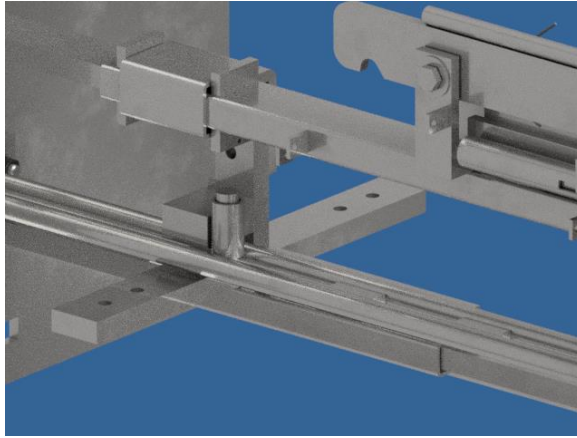
Pel que fa la manovella, anirà soldada a l'arbre, tal i com es pot observar a la figura 4.9, i estarà formada per passamans en la seva estructura i un rodó i un tub que faran de mànec perquè l'usuari la pugui girar de forma còmoda. La manovella ha estat dimensionada perquè l'usuari faci una força baixa.



**Figura 4.9:** Render del sistema motriu

El mecanisme de fre, mostrat a la figura 4.10, està dissenyat per suportar la càrrega que pot aplicar l'usuari quan el reconeixedor queda bloquejat, alliberant els perns de sobre sol·licitacions. El mecanisme treballa gràcies a la molla que es troba al reconeixedor i és pressionada pel rodó. Quan

aquesta es comprimeix, la distància entre els dos sistemes es redueix. Aprofitant aquest moviment relatiu es fa baixar un rodó que suportarà la força gràcies a un topall situat al mig del seu recorregut.

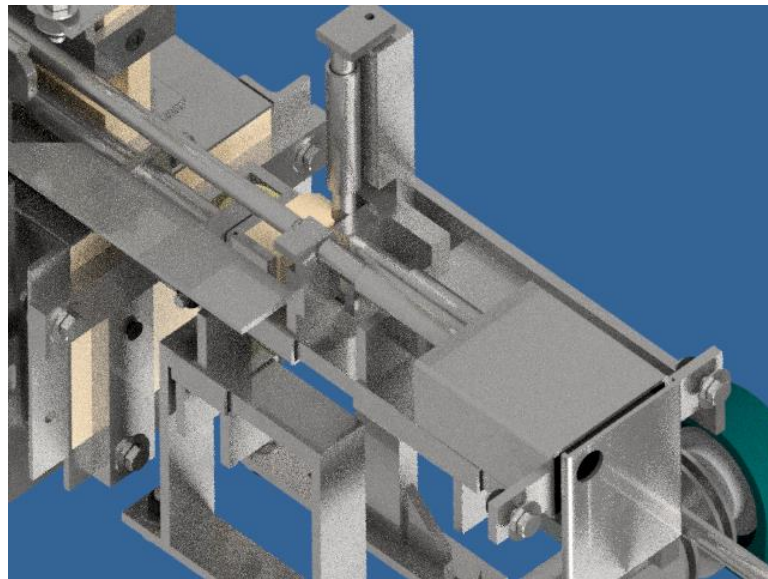


**Figura 4.10:** Render del sistema de frenada

Per tal d'aconseguir un estampat correcte, s'ha situat un tampó autoentintable dins d'una caixa posicionada a la part final del moviment. D'aquesta manera, s'aporta la recompensa un cop s'ha acabat tot el procediment. Per tal d'aconseguir que el tampó s'accióni, es disposa d'un rodó que transmet el moviment des del sistema d'alerta. Per altre banda s'ha optat per una comporta lineal, evitant que l'usuari pugui estampar de manera reiterada aportant una sola llauna. Així doncs, quan el reconeixedor ha passat adequadament el sistema clau podrà superar la comporta, però quan retrocedeixi i s'intenti tornar a obtenir el premi es veurà frenat. En el cas que el selector es trobi en la posició "premsar llaunes defectuoses" aquest mecanisme es bloquejarà i per tant no s'aconseguirà un segell.

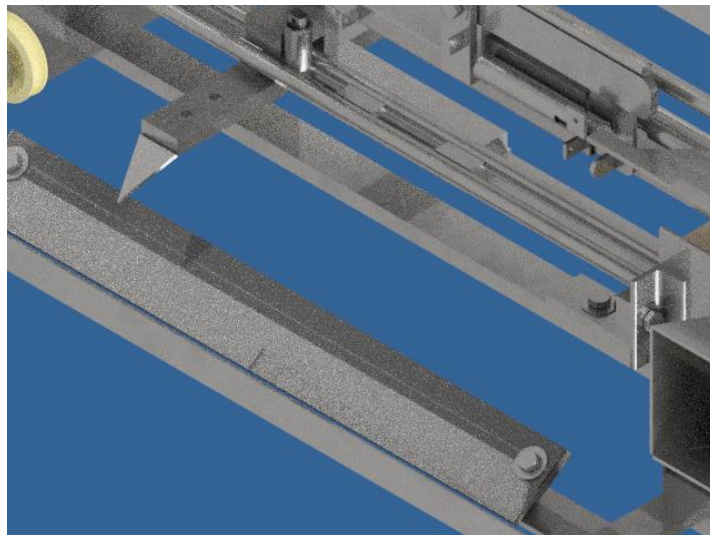
Es dissenya el sistema de selecció de recompensa amb moviment lineal. Aquest desplaçament garanteix que les forces es facin en la direcció adequada, a més de facilitar el procés de fabricació. L'usuari, abans de començar el procés haurà de comprovar que el selector estigui a la posició A. En cas que la llauna no sigui reconeguda correctament, caldrà estirar el selector fins arribar a la posició B. Amb el dispositiu enclavat en aquest punt, els perns permetran el pas del reconeixedor i la comporta d'estampació evitarà l'obtenció la recompensa tal i com es mostra a la figura 4.11.





**Figura 4.11:** Render del sistema d'estampació bloquejat

Ja per últim, es projecta un esquema d'avanç on l'usuari podrà comprovar, a cada moment, quin és el procés que la màquina està realitzant. El mecanisme de premsa posterior, portarà una fletxa, tal com es mostra a la figura 4.12, que marcarà a quin punt es situa. D'aquesta manera es podrà entendre de manera senzilla, quina és l'acció a de dur a terme i el motiu pel qual varien les forces al llarg del procediment. Tanmateix, realitzant aquest esquema d'avanç s'assegura que l'usuari premsa fins la mesura adequada i obté la recompensa.



**Figura 4.12:** Render de l'esquema d'avanç

## 4.2. Planificació de les tasques per l'elaboració del treball

### 4.2.1. Diagrama de Gantt

## 4.3. Mètodes d'execució

### 4.3.1. Disseny

El disseny s'ha executat a partir dels objectius establerts des de l'inici, adaptant-se a la alternativa d'empresa escollida i garantint la seguretat per part de l'usuari que utilitza la màquina.

A part d'aquests criteris generals, per fer el disseny, s'ha tingut molt en compte la realització d'un prototip a posteriori, és a dir, en primer lloc, cada mecanisme ha estat pensat de manera que es pogués fabricar i muntar amb les eines disponibles. En segon lloc, el pressupost ha estat una altre barrera per el disseny. Els passamans, rodons i tubs es venen amb perfils de 6m, per tant, s'ha fet un càlcul dels punts crítics i en molts casos s'ha utilitzat el mateix material per altres zones que no requereixen una resistència tant gran ja que tenen sol·licitacions molt menors. S'ha utilitzat una força de premsat crítica de 2000N, (valor obtingut a partir dels assajos destructius i aplicant un factor de seguretat tal i com es pot apreciar a l'apartat 1.12.1). Per altre banda, per aconseguir el mínim pressupost possible s'han tallat menys peces de làser de les desitjades.

Les eines utilitzades per fer el disseny han estat per una banda SOLIDWORKS i per l'altre INVENTOR.

SOLIDWORKS és l'eina de CAD que s'utilitza més al llarg del grau d'enginyeria mecànica, és per això que es va decidir utilitzar aquest programa des d'un bon inici. Tanmateix, pel projecte que es duia a terme, SOLIDWORKS tenia algunes mancances que eren difícils de solucionar. Així doncs es va apostar per fer el disseny definitiu amb INVENTOR, ja que aquest programa funciona molt bé quan es treballa amb molts elements normalitzats com passamans, perfils angulars, tubs, etc. A la vegada és un programa molt senzill per treballar amb xapes i crear els desplecats corresponents quan una d'aquesta ha de ser tallada per làser. Ja per últim, es valora que aquest programa facilita la metodologia de realitzar plànols fent-la més ràpida i productiva.

### 4.3.2. Prototipatge

Obtenció de material

Per aconseguir tots els materials necessaris per la realització de RC es va optar per buscar empreses properes, en cas de materials en brut i altres elements sense grans especificacions, i empreses més especialitzades amb botigues online per productes concrets.

Pel que fa l'acer, material més abundant de la màquina, es va comprar a MAFESA, empresa que té les oficines centrals a Gurb, on es van adquirir tots els tipus de passamans, tubs, rodons i xapes. Ja que és una empresa que ven a l'engròs, s'havia de comprar un mínim de 6 metres de cada element. Les xapes

més petites eren de 2 metres de llargada per 1 metre d'amplada. És per això, que a partir del disseny previ realitzat, minimitzant la varietat d'aquests elements, es va decidir comprar:

- Passamans:
  - EN 10058 - 20 x 5 – 6000
  - EN 10058 - 25 x 5 – 6000
  - EN 10058 - 25 x 10 – 6000
  - EN 10058 – 30 x 3 - 6000
- Tubs:
  - EN 10305 - 14 x 1,5 – 6000
  - EN 10305 - 30 x 15 x 1,5 – 6000
- Rodó:
  - EN 10025 - 10 – 6000
- Xapa negra:
  - EN 10025 – 2000 x 1000 - 2

Pel que fa les molles es va decidir recórrer a una empresa especialitzada en la matèria, SODEMANN INDUSTRIFJERDE A/S. Aquesta empresa té disponible una gran quantitat de molles en estoc, de tot tipus de mides, recorregut i constants. És per això que després dels càlculs exhaustius mostrats l'apartat 4.5.3. es van comprar els següents models:

- Molles a compressió:
  - Ref.<sup>a</sup>: C03000221250M
  - Ref.<sup>a</sup>: C03600473250S
  - Ref.<sup>a</sup>: C02400182000M
- Molla a tracció:
  - Ref.<sup>a</sup>: E01800181250M
- Molla a torsió:
  - Ref.<sup>a</sup>: T049-300-375L

Per altre banda, els elements de cargolaria, rodaments i rodetes s'han comprat a ALACER MAS SL, empresa de Gurb, on venen tot tipus d'elements d'acer inoxidable i alumini. Així que d'aquesta empresa s'ha obtingut:

- Cargols:
  - M5
  - M6
  - M8

- Femelles autoblocants:
  - M5
  - M6
  - M8
- Volanderes:
  - DIN 125 - 1 – 6,4
  - DIN 125 – 1 – 8,4
- Rodetes de Niló:
  - Diàmetre 36
  - Diàmetre 45
- Rodaments:
  - Diàmetre 25

Els elements de ferreteria, així com eines, altres elements de cargolaria, politges, frontisses i imants s’han obtingut a la FERRETERIA COMELLA de Vic.

El rodó calibrat per l’arbre de la màquina es va obtenir al taller mecànic de Perafita, Pere Marot Boixarder. On es va comprar un rodó calibrat de 25 x 350.

Ja per últim el polietilè es va obtenir de l’empresa PUJOLÀS S.L., de Sant Jaume de Llierca. Aquesta empresa on es realitza maquinària de tipus alimentari, va cedir un retall de polietilè de 120 x 120 x 150 per tal que després se’n poguessin realitzar les peces pertinents.

Processos de fabricació

Tots els processos de fabricació de RC s’han realitzat al taller propi menys els de mecanització de les peces de polietilè i el tall per làser.

A la figura 4.13 es pot veure el prototip pràcticament acabat al taller.



Figura 4.13: Prototip

Les peces de polietilè s'han mecanitzat a TALLERES PROFER S.L. de Badalona. A aquesta empresa s'han realitzat la premsa, el tap de la premsa, la bancada del mecanisme clau i el reconeixedor. Els processos utilitzats han estat serratge, fresa i trepanat per aconseguir els resultats òptims.

Pel que fa els elements de precisió de xapa d'acer, s'ha optat per el procés de tall per làser a l'empresa MAFESA. A aquesta empresa se'ls ha enviat els plànols per aconseguir el pressupost i posterior tall i s'ha aportat la xapa negra de 2mm comprada per altres peces, per tal d'abaratir el cost de les peces d'aquest gruix. El resultat obtingut es pot apreciar a la figura 4.14.



**Figura 4.14:** Peces tallades per làser

Tota la resta de processos s'han realitzat al taller propi. Aquest, és un taller casolà, sense eines de precisió ni recursos suficients per realitzar varis processos en paral·lel, ja que només es disposa d'un cargol de banc. Tots els processos de tall de passamans, tubs i rodons s'han realitzat amb una serra manual (figura 4.15), el tall de xapa i d'algun passamà s'ha realitzat amb una mola (figura 4.16), per fer els forats s'ha utilitzat un trepanat de mà (figura 4.17), per polir les peces s'han utilitzat llimes (figura 4.18) i milfulles (figura 4.19), s'han realitzat plegades de xapa debilitant el material amb l'ajuda de la mola i plegant-lo amb becs de lloro per el punt debilitat, totes les soldadures s'han realitzat amb un INVERTER d'elèctrodes (figura 4.20).



Figura 4.15: Tall amb serra manual



Figura 4.16: Tall amb mola

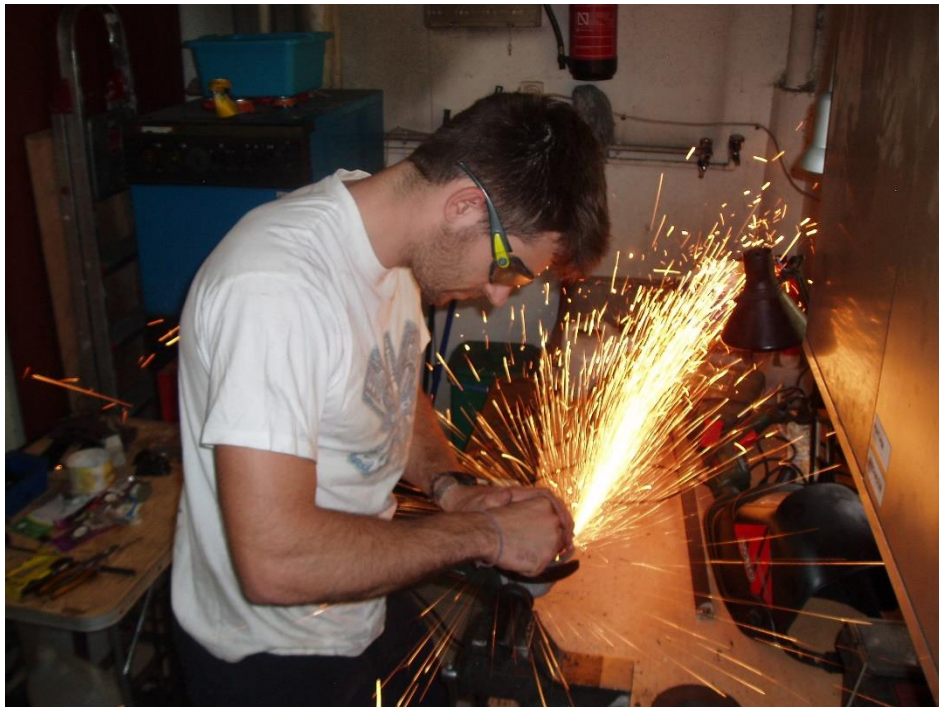


**Figura 4.16:** Trepanat manual

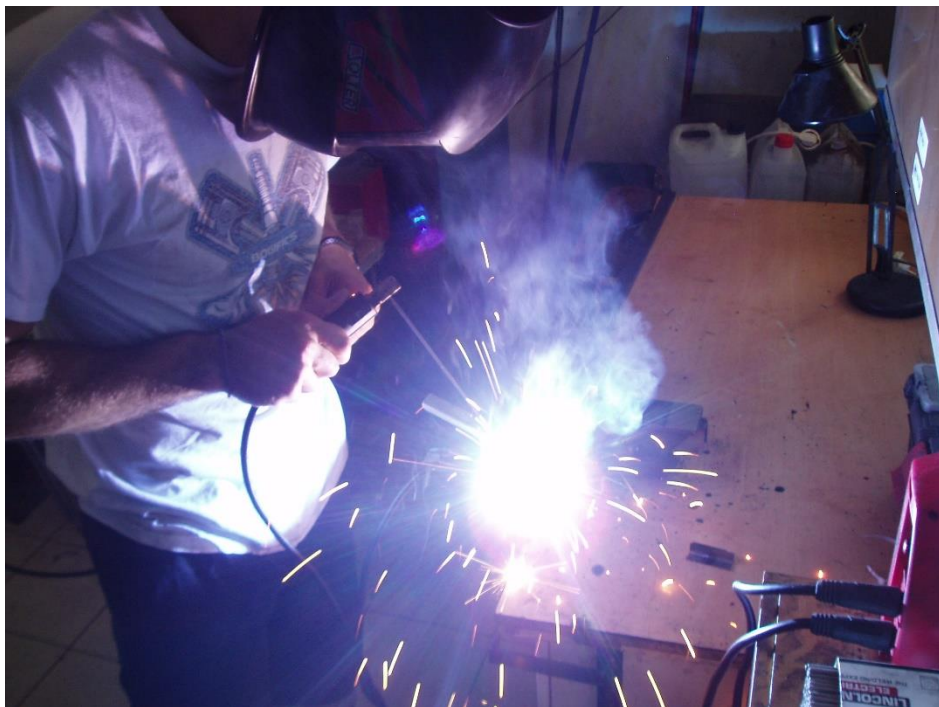


**Figura 4.17:** Polit amb llima manual





**Figura 4.18:** Polit amb milfulles



**Figura 4.19:** Soldadura amb elèctrode

## Processos de muntatge

Per realitzar el muntatge de RC s'han utilitzat claus Allen, claus de got, claus fixes i tornavisos d'estrella. En la figura 4.20 es pot observar un procediment de muntatge. Tanmateix, per tensar els cordinos de manera adequada és necessari seguir el procediment mostrat al plec de condicions.



Figura 4.20: Muntatge

## 4.4. Materials utilitzats

El prototip de RC s'ha elaborat a partir de diferents materials: acer, polietilè, niló, metacrilat i acer inoxidable. Molts d'aquests materials s'han escollit seguint un criteri econòmic.

A continuació es realitza una descripció de la utilització de cada tipus de material i les propietats que més s'han valorat en cada cas:

- Acer: s'ha utilitzat en la majoria de mecanismes i elements estructurals. L'acer és un material amb una molt bona relació resistència mecànica – preu. És un dels materials més utilitzats en la indústria, de manera que la oferta és gran. El seu mòdul de Young és elevat i per tant pot aguantar grans sol·licitacions sense deformar-se. La duresa és elevada, i per tant, el desgast entre les diferents peces que estan en contacte requereix d'un manteniment baix.

Finalment, aquest material és senzill de soldar i de mecanitzar, aspectes que calia tenir molt en compte per facilitar tot el procés de fabricació.

Una de les propietats més problemàtiques d'aquest material és la baixa resistència a la corrosió. De totes maneres s'han pintat totes les peces i s'han protegit tots els mecanismes interns amb tapes.

L'alta densitat de l'acer també és un altre aspecte negatiu d'aquest material. De totes maneres, s'ha considerat que el pes final del prototip no representaria una especificació limitant i és que aquesta màquina treballa sempre en una posició estàtica.

- Polietilè: s'ha escollit aquest material pels elements que precisaven major dificultat en el mecanitzat. El polietilè és un material que presenta una baixa densitat, bona maquinabilitat i una baixa resistència a la fricció molt valorada per la realització de la premsa. Així doncs, s'ha fabricat la premsa, el tap de la premsa, la bancada del sistema clau i el reconeixedor d'aquest material.
- Niló: les politges escollides pel prototip de RC són d'aquest material. El Niló assegura un bon lliscament entre els eixos i les politges sense necessitat de comptar amb rodaments, fet que representa un gran estalvi econòmic.
- Metacrilat: aquest material s'ha adquirit seguint criteris de disponibilitat i econòmic.

Es decideix tapar el prototip amb un element transparent i tenaç. El metacrilat compleix amb aquestes especificacions però a la vegada, és tou i poc resistent a la llum solar. Així doncs, queda descartat per la construcció de la màquina definitiva.

- Acer inoxidable: L'acer inoxidable és un material que presenta unes propietats molt interessants pel disseny d'una màquina com RC ja que la resistència mecànica i a la corrosió són elevades, és dur i tenaç. De totes maneres, els principals inconvenients són el cost i la mala maquinabilitat. Així doncs s'ha optat per utilitzar aquest material per tota la cargolaria, assegurant un muntatge ferm i resistent a les inclemències del temps. A més a més molts d'aquests cargols també s'utilitzen com a eixos (en el cas de politges, mecanisme de bandera...) de manera que s'assegura un lliscament òptim evitant en tot moment problemes de fricció a causa de la corrosió.

## 4.5. Mètodes de càlcul

### 4.5.1. Assajos destructius de llaunes

Els assajos destructius han estat utilitzats per establir el valor més restrictiu en tot el disseny de la màquina, la força necessària per premsar una llauna. Tanmateix, han permès conèixer un altre paràmetre important, la mesura diametral màxima que pot assolir la llauna un cop premsada. Aquest segon valor és indispensable per dimensionar correctament la cambra de premsat.

Primer assaig

En primer lloc es va realitzar un primer assaig on es va valorar com hauria de ser el tipus de premsat. Aquest assaig es va dur a terme en tots els cassos utilitzant una velocitat de 160mm/min, velocitat màxima de la màquina (mostrada a la figura 4.21), i fent una compressió de 95mm, deixant un espessor final de llauna de 20mm.

Per tal de poder entendre com hauria de ser el mecanisme de premsat de la llauna es van plantejar diferents hipòtesis:

- Compressió de llaunes amb capçal mòbil (a1).
- Compressió de llaunes amb capçal bloquejat (a2).
- Compressió de llaunes prèviament debilitades amb un impacte lateral i capçal bloquejat (a3).
- Compressió de llaunes prèviament debilitades amb dos impactes laterals a 180° i capçal bloquejat (a4).
- Compressió de llaunes prèviament debilitades amb dos impactes laterals a 90° i capçal bloquejat (a5).

Es va definir un nombre de 7 premsades per cada un dels assajos. Pel que fa a l'assaig 5, però, només se'n van realitzar 5 repeticions ja que els resultats obtinguts eren suficientment clars.

Un cop es van tenir totes les dades es van ordenar per tal de poder treure'n unes conclusions clares per poder enfocar com hauria de ser l'assaig definitiu. A continuació es resumeixen les característiques i objectius que es tenien per el test destructiu final:

- Utilitzar les dades fins a una premsada de 80 mm, deixant la llauna amb un espessor de 35mm.
- Valorar quina era la força màxima que necessitàvem per premsar cada llauna.
- Identificar si aquest valor de força corresponia a la força inicial o final de premsat.
- Identificar si hi havia algun tipus de llauna més resistent a la resta i si seria oportú realitzar més premsades amb l'envàs d'aquesta marca.

- Valorar si la mesura diametral màxima en què queda la llauna pot dependre del tipus de premsada i/o marca de l'envàs.

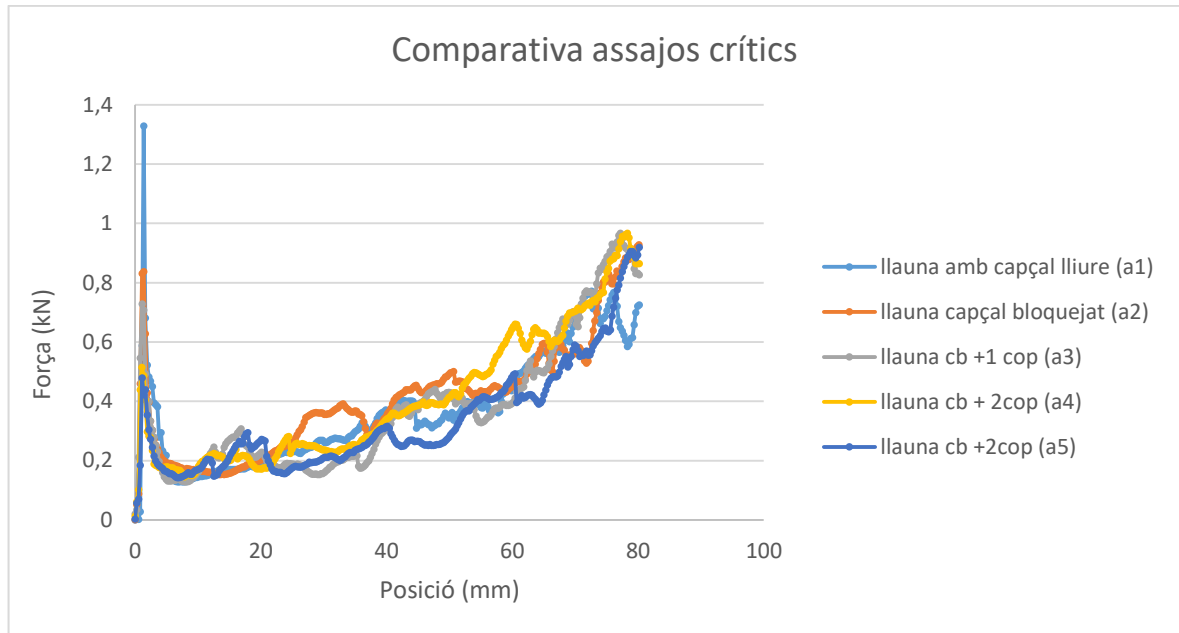


**Figura 4.21:** Màquina d'assajos destructius

Tal i com es pot veure a la taula 4.1, en general, les forces requerides per comprimir la llauna en les condicions de l'assaig 1 són més altes que la resta . A més a més aquests valors solen aparèixer al principi de la compressió. Pel que fa el segon assaig, les forces crítiques es presenten més baixes que en el primer cas i s'identifiquen, majoritàriament, com a valors necessaris per acabar de premsar la llauna. En la resta de casos, on es realitzen una o dues deformacions inicials, s'aprecia com es redueix substancialment la força inicial, tanmateix, la força final segueix essent la crítica i no s'aprecia una variació d'aquesta en comparació amb les forces crítiques anteriors. Pel que fa la mesura diametral màxima no es distingeix un patró clar com per treure'n conclusions bones, tot hi així, es podria definir que en termes generals, les llaunes que tenen cop inicial presenten una mesura major a la resta. Ja per acabar, si que es veu que les llaunes que presenten una major resistència són les de Coca Cola.

Assaig	Tipus de llauna	Força inici comp (N)	Força màx (N)	Diàmetre màx (mm)
1	Coca cola zero	491	558	80,25
1	Coca cola	823	823	77,00
1	Coca cola	1021	1.021	77,90
1	Coca cola	1221	1.221	76,85
1	Coca cola	1329	1.329	88,00
1	Coca cola	1103	1.103	70,15
1	Fanta de taronja	582	640	71,05
2	Coca cola	929	929	75,25
2	Coca cola zero	349	605	74,10
2	Nestea	514	682	72,50
2	Nestea	535	535	-
2	Coca cola	673	850	78,00
2	Fanta de taronja	501	524	88,95
2	Coca cola	837	928	72,20
3	Coca cola	548	770	76,45
3	Coca cola	335	549	94,10
3	Fanta de taronja	289	477	95,35
3	Coca cola zero	251	322	80,00
3	Fanta de taronja	396	841	78,00
3	Coca cola	729	967	73,65
3	Coca cola zero	469	735	70,30
4	Coca cola	505	893	73,20
4	Coca cola zero	319	566	85,25
4	Nestea	479	849	77,20
4	Coca cola	487	967	69,45
4	Coca cola	464	773	89,50
4	Coca cola zero	334	513	98,80
4	Fanta de taronja	282	699	78,00
5	Coca cola	479	920	78,80
5	Coca cola	319	837	83,00
5	Nestea	293	504	88,90
5	Coca cola zero	251	541	88,70
5	Fanta de taronja	297	431	83,60

Taula 4.1: Resum de les dades extretes a través dels assajos destructius, les marques grises signifiquen assajos crítics



**Gràfica 4.1:** Comparativa assajos crítics

A partir de totes les dades de la taula 4.1 i la gràfica 4.1 s'ha arribat a les conclusions següents:

- Es descarta un sistema de premsat amb capçal mòbil. Aquest sistema fa que l'alineament entre l'eix del capçal i el de la llauna sigui perfecte, provocant que les forces màximes inicials siguin majors.
- Es defineix el sistema de premsada de llauna sense debilitació prèvia amb capçal bloquejat com a òptim dins les hipòtesis contrastades. Realitzant una deformació s'aconsegueix reduir la força inicial, però el valor de força restrictiu segueix apareixent al final, de manera que no implica cap millora per l'usuari. Per altre banda suposa un disseny molt més complex, on es plantegen moltes dificultats i elements de precisió.
- S'identifica la llauna de Coca Cola convencional com la més resistent de les que s'han testejat. Tanmateix, no es considera un element suficient com per decidir fer un assaig on només premsar llaunes de Coca Cola, ja que es considera necessari obtenir més dades en diferents formats de llaunes.
- No es defineix cap patró pel que fa mesura diametral màxima, així que no es considera una mesura restrictiva a l'hora d'escollir el tipus de premsada definitiu per el disseny de la màquina.

## Segon assaig

A partir de les dades i conclusions extretes anteriorment es defineix un segon assaig on es premsaran més de 50 llaunes, sense debilitació prèvia. Es realitzaran repeticions amb diferents tipus de llaunes premsant fins a 80mm amb el capçal bloquejat.

En aquest assaig es van premsar un total de 55 llaunes. D'aquestes 55 llaunes, 9 d'elles ( 16,4% ), van tenir com a força màxim la força inicial de compressió, mentre que les 46 restants ( 83,4% ) la seva  $F_{m\grave{a}x}$  era la del final de premsat. Tanmateix, la  $F_{m\grave{a}x}$  a realitzar a les llaunes que tenien com a  $F_{m\grave{a}x}$  la inicial era molt menor que en el cas de les llaunes més crítiques.

Per tant la part del moviment on la sol·licitació és més elevada és al final de la premsada, punt on es determinarà la força de dimensionament de la màquina.

En la taula 4.2, es pot veure el resum de les forces màximes obtingudes i la mesura diametral màxima en cada cas.

Denominació de llauna	Tipus de llauna	Força Màx (N)	Mesura diametral màx (mm)
A2-1	Coca-cola	674	78,28
A2-2	Coca-cola	798	82,89
A2-3	Coca-cola	551	78,29
A2-4	Coca-cola	811	75,50
A2-5	Coca-cola	743	72,30
A2-6	Estrella Damm	597	71,57
A2-7	Estrella Damm	598	73,54
A2-8	Estrella Damm	720	80,63
A2-9	Estrella Damm	818	74,60
A2-10	Estrella Damm	627	81,78
A2-11	Fanta Taronja	584	93,12
A2-12	Fanta Taronja	561	90,90
A2-13	Heineken	511	93,86
A2-14	Heineken	459	80,92
A2-15	Voll Damm	582	84,58
A2-16	Voll Damm	509	92,78
A2-17	Bitter Kas	1266	69,20
A2-18	Bitter Kas	1098	75,06
A2-19	Bitter Kas	1182	67,53
A2-20	Nestea	604	81,82
A2-21	Nestea	-	73,27
A2-22	Steinburg	897	83,55
A2-23	Steinburg	702	87,68
A2-24	Free Damm	709	74,02
A2-25	Xibeca	544	74,57
A2-26	Xibeca	544	97,14
A2-27	Cervesa 1664	558	76,77
A2-28	Fanta Llimona	620	81,30
A2-29	Aquarios	811	79,60
A2-30	Kas Llimona	1120	69,94



A2-31	San Miguel	748	74,38
A2-32	Damm Lemon	649	80,63
A2-33	Sprite	492	80,68
A2-34	Coca-cola zero	568	70,02
A2-35	Nestea	699	71,54
A2-36	Coca-cola	584	79,87
A2-37	Coca-cola	819	75,68
A2-38	Coca-cola	1083	71,24
A2-39	Coca-cola	768	76,16
A2-40	Estrella Damm	801	69,21
A2-41	Estrella Damm	743	69,31
A2-42	Estrella Damm	870	68,38
A2-43	Estrella Damm	865	81,4
A2-44	Estrella Damm	589	83,49
A2-45	Estrella Damm	531	85,40
A2-46	Estrella Damm	809	79,80
A2-47	Estrella Damm	527	78,25
A2-48	Estrella Damm	796	69,75
A2-49	Estrella Damm	463	87,36
A2-50	Coca-cola	1090	85,11
A2-51	Coca-cola	695	90,12
A2-52	Fanta Taronja	519	80,23
A2-53	Heineken	790	74,33
A2-54	Steinburg	732	70,15
A2-55	Damm Lemon	590	68,66

**Taula 4.2:** Resum assaig 2

A partir de la taula 4.2 s'han determinat les dades que serviran per fer el dimensionament de la màquina.

El valor de  $F_{m\grave{a}x}$  es troba a la premsada amb denominació de llauna A2-17, amb un valor de 1266N. Així que es decideix utilitzar com a força crítica de la màquina 2000N obtenint d'aquesta manera un factor de seguretat de 1,58. Aquests valor és obtingut a partir de la fórmula següent:

$$F_c = F_{M\grave{a}x} * FS \quad (\text{Eq.4.1})$$

$$FS = \frac{F_c}{F_{M\grave{a}x}} = \frac{2000}{1266} = 1,58 \quad (\text{Eq.4.2})$$

Ja que a la màquina se li vol instaurar un limitador de parell, es necessita delimitar una força màxima que l'usuari pugui aplicar un cop s'ha activat el mecanisme de frenada. És per això, que el limitador de parell estarà projectat a 2000N. Tanmateix, les seccions crítiques hauran de tenir un factor de seguretat afegit garantint una vida infinita de la màquina.

Pel que fa la mesura diametral màxima s'obté a la premsada amb denominació de llauna A2-17, amb un valor de 97,14mm. Per tal de que la llauna no es quedi encallada en el seu moviment de caiguda al dipòsit, es defineix que tant alçada com amplada de la cambra de premsat han de ser superiors a

aquest valor. És per això que es defineix una geometria de cambra de premsat quadrada amb costat interior de 112mm. Així doncs, el factor de seguretat en aquest cas acaba sent 1.15

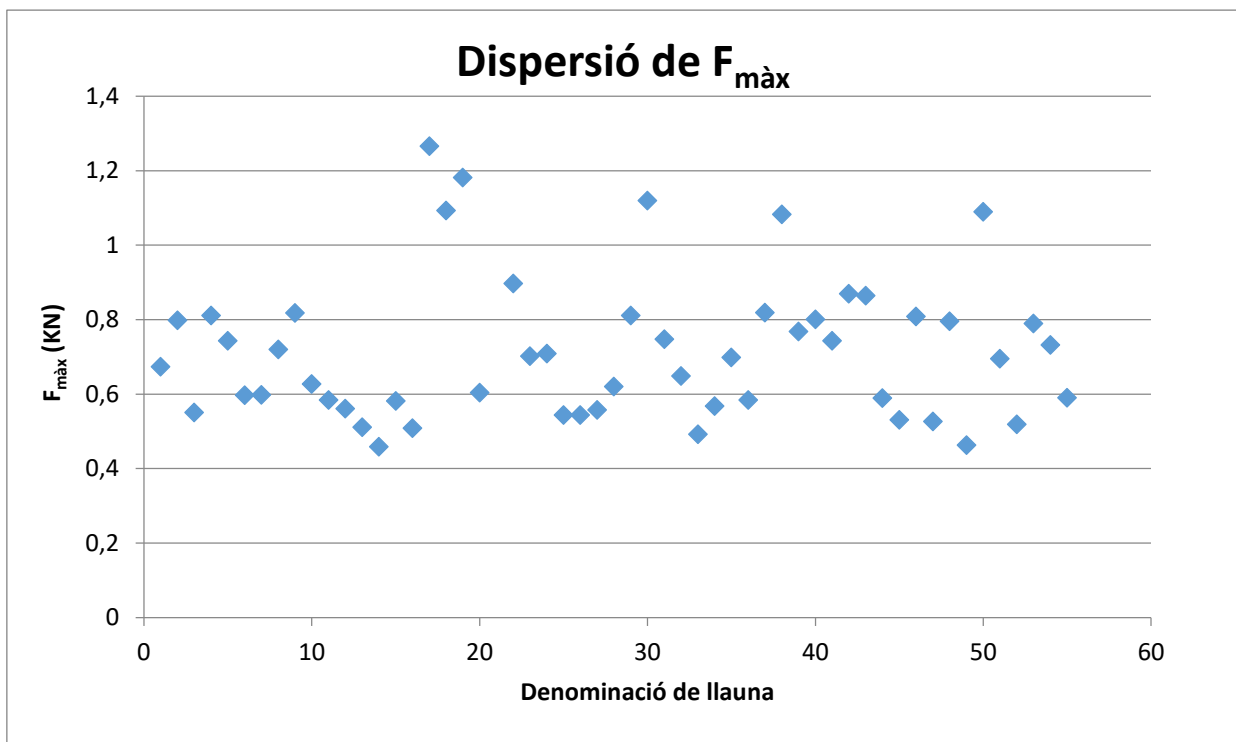
$$FS = \frac{Dc}{D_{M\grave{a}x}} = \frac{112}{97.12} = 1.15 \quad (\text{Eq.4.3})$$

Tanmateix i ja que la variació de  $F_{m\grave{a}x}$  és molt gran (tal i com es veu al gràfic 4.2) es creu oportú realitzar una mitjana de totes les obtingudes. D'aquesta manera, s'obtindran dos valors, l'obtingut anteriorment, de una  $F_{m\grave{a}x}$  de 2000N que s'utilitzarà per dimensionar la màquina, i el valor mig que tindrà un valor  $F_m$  de 715N, aquesta força, tot hi que depèn de molts factors, es pot assimilar a la força mitja que farà l'usuari quan hagi de premsar una llauna. Aquest valor s'obté a partir de la fórmula següent:

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^{54} F_{m\grave{a}x i}}{n_{\text{llaunes ben premsades}}} \quad (\text{Eq.4.4})$$

$$F_m = \frac{38613}{54} = 715,06N \quad (\text{Eq.4.5})$$

\*s'utilitza 54 com a nombre de llaunes ben premsades ja que a la premsada de la llauna amb denominació A2-21 no es va aconseguir obtenir unes dades fiables.



Gràfica 4.2: Dispersió de  $F_{m\grave{a}x}$

Com a conclusions del segon assaig es poden accentuar els següents punts:

- Ja que la  $F_{m\grave{a}x}$  final predomina com a  $F_{m\grave{a}x}$  general i les crítiques es troben en aquest punt del premsat, es corrobora que utilitzar un mecanisme de premsat amb capçal bloquejat i sense mecanisme de debilitació de llauna és l'opció òptima.
- S'utilitzarà com a  $F_{m\grave{a}x}$  per fer el dimensionament de tots els mecanismes crítics 2000N, treballant amb un FS de 1,56.
- Es definirà un valor de  $F_m$  de 715N per tal de poder valorar com serà el procediment de premsat per part de l'usuari en el major nombre de casos.
- Per últim i per tal d'aconseguir que la llauna caigui al dipòsit, sense perill d'encallar-se, es dimensionarà la cambra de premsat amb una mesura de costat de 112mm.

#### 4.5.2. Càlcul d'elements a fatiga

##### Càlcul de l'arbre

Per tal de realitzar el càlcul a fatiga de l'arbre, primerament cal conèixer les sol·licitacions en el punt crític.

Tal com es pot observar en el croquis de les figura 4.22, l'arbre de RC està soldat a una maneta de 360mm de diàmetre. Al llarg d'un cicle l'usuari aplica una força tangent a la circumferència que descriu aquesta maneta. Així doncs, era indispensable conèixer en quin angle l'aplicació la  $F_u$  generava més sol·licitació.

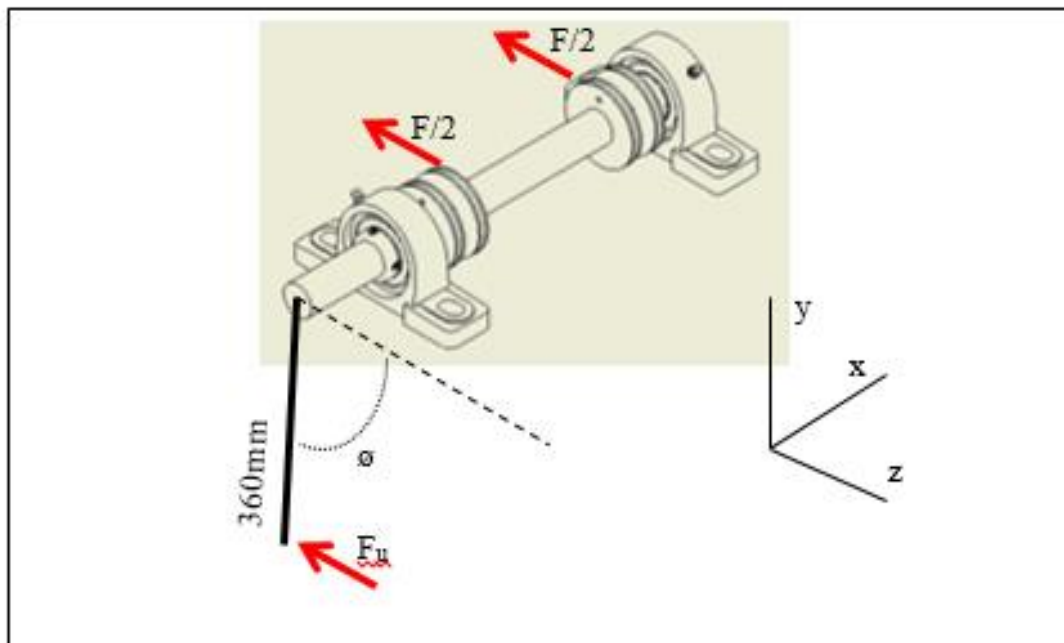
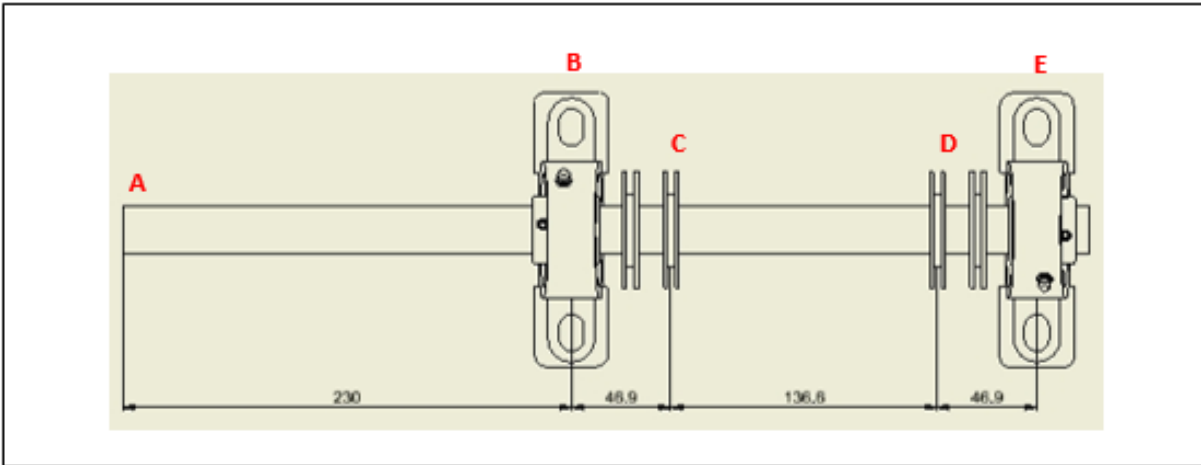


Figura 4.22: Esquema de forces de l'arbre

Tal com es pot comprovar en el dibuix de la figura..., la distància entre les seccions A i B es va considerar de 230mm. Aquest valor simula la posició en que l'operari fa la força, ja que cal tenir en compte la dimensió de la maneta.



**Figura 4.23:** Possibles seccions crítiques estudiades de l'arbre

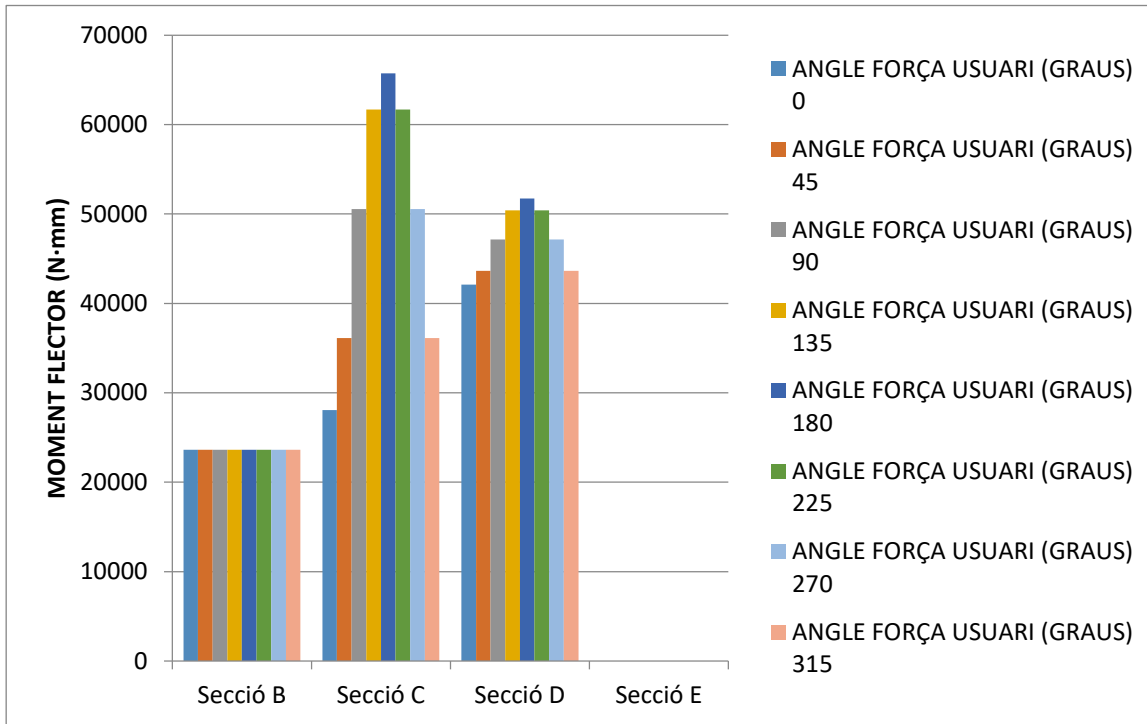
Per tal de comprovar la configuració crítica de la maneta es va realitzar un estudi iteratiu. En aquest estudi es va obtenir el valor de moment flector per cada secció singular. Es van repetir els càlculs (amb un diferencial de  $45^\circ$  en el punt d'aplicació) fins a 8 vegades, parametritzant així els esforços generats.

Es poden observar els resultats obtinguts en la taula 4.3:

<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	-102,77778 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	897,4007 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	1205,377 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	0 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	0 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	0 rad	REACCIÓ EY	0 N		23638,89	28073,02	42088,09	0
		REACCIÓ BY	0 N					
<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	-72,6748636 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	927,4513 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	1145,224 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	45 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	-72,6748636 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	0,785398 rad	REACCIÓ EY	-72,5487 N		23638,89	36129,42	43630,34	0
		REACCIÓ BY	145,2236 N					
<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	-6,2959E-15 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	1000 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	1000 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	90 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	-102,77778 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	1,570796 rad	REACCIÓ EY	-102,599 N		23638,89	50537,76	47146,2	0
		REACCIÓ BY	205,3771 N					
<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	72,67486362 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	1072,549 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	854,7764 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	135 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	-72,6748636 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	2,356194 rad	REACCIÓ EY	-72,5487 N		23638,89	61666,81	50417,48	2,91038E-11
		REACCIÓ BY	145,2236 N					
<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	102,777778 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	1102,599 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	794,6229 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	180 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	-1,2592E-14 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	3,141593 rad	REACCIÓ EY	-1,3E-14 N		23638,89	65726,98	51711,91	2,91038E-11
		REACCIÓ BY	2,52E-14 N					
<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	72,67486362 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	1072,549 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	854,7764 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	225 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	72,67486362 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	3,926991 rad	REACCIÓ EY	72,54869 N		23638,89	61666,81	50417,48	5,82077E-11
		REACCIÓ BY	-145,224 N					
<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	1,88877E-14 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	1000 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	1000 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	270 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	102,777778 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	4,712389 rad	REACCIÓ EY	102,5993 N		23638,89	50537,76	47146,2	0
		REACCIÓ BY	-205,377 N					
<b>FORÇA PREMSAR LLAUNA</b>	-2000 N	<b>PLA XZ</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XZ</b>	-72,6748636 N	<b>MOMENT TOTAL</b>			
RADI POLITJA	18,5 mm	REACCIÓ EZ	927,4513 N		Secció B	Secció C	Secció D	Secció E
RADI MANOVELLA	360 mm	REACCIÓ BZ	1145,224 N		230	276,9	413,5	460,4
FORÇA USUARI	-102,778 N				<b>POSICIÓ (mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (GRAUS)	315 °	<b>PLA XY</b>	<b>FORÇA USUARI PLA XY</b>	72,67486362 N	<b>MOMENT FLECTOR (N·mm)</b>			
ANGLE FORÇA USUARI (RADIANES)	5,497787 rad	REACCIÓ EY	72,54869 N		23638,89	36129,42	43630,34	2,99995E-11
		REACCIÓ BY	-145,224 N					

Taula 4.3: Estudi de les sol·licitacions segons secció i angle d'aplicació de la força

Cal comentar que en el disseny s'ha evitat que l'usuari hagi d'aplicar la màxima força en aquest angle crític i és que es considera més funcional i agronòmic generar l'esforç màxim quan la maneta es troba horitzontal (coincidint amb l'angle de 90º del vector). De totes maneres, s'ha realitzat el càlcul en el punt crític per poder afirmar, en qualsevol circumstància, que l'arbre no fallaria.



**Gràfica 4.3:** Representació del Mf en funció de secció i angle d'aplicació de la força

Es pot apreciar fàcilment com el punt d'aplicació crític apareix quan la maneta es troba en la posició vertical, i per tant, el vector  $F_u$  pren el sentit contrari a la força de tracció dels cordinos.

Així doncs, tal com es pot observar en el gràfic 4.3, la secció crítica es troba en el punt C on el moment flector és de 65726,98N·mm

En aquesta secció el tallant és de 102,63N resulta ser de 102363 tal com es pot veure en el següent càlcul:

$$Tallant\ secció\ C = F_U + F_{BZ} - \frac{F}{2} = 102,77 + 797,6 = 897,39N \quad (\text{Eq.4.6})$$

Pel que fa el torçó, aquest serà el màxim de tot l'arbre ja que es troba en el punt intermedi entre la força motriu i les dues resistents. Així doncs el parell màxim es calcula amb la següent fórmula:

$$PARELL = FORÇA RESISTENT \cdot RADI POLITJA \Rightarrow PARELL = 2000 \cdot 18,5 = 37000N \cdot mm$$

Un cop definits els valors dels esforços, cal buscar les sol·licitacions i definir els cicles de carga.

- TORÇOR, TALLANT i FLECTOR: en tots els casos, el cicle de carga és polsatori, i és que l'esforç màxim tan sols apareix de manera puntual en el recorregut final (just quan s'acaba de premsar la llauna).

A continuació es realitzarà un anàlisi per trobar el punt crític dins de la secció C. Es calcularan les tensions generades per cada tipus de sol·licitació

- **TORÇOR (37000N·m)**

$$\tau_{MAX} = \frac{Mt}{Ip} \cdot y_{MAX} \Rightarrow \tau_{MAX} = \frac{188439,45}{D^3} \quad (\text{Eq.4.7})$$

$$\text{On } Ip = \frac{\pi}{32} \cdot D^4$$

- **TALLANT (897,4 N)**

$$\tau_{MAX} = \frac{4}{3} \cdot \tau_{MEDIA} \Rightarrow \tau_{MAX} = \frac{1523,47}{D^2} \quad (\text{Eq.4.8})$$

$$\text{On } \tau_{MEDIA} = \frac{C}{A}$$

- **FLECTOR (65726,98N·m)**

$$\sigma_{MAX} = \frac{Mt}{I} \cdot y_{MAX} \Rightarrow \sigma_{MAX} = \frac{669489,52}{D^3} \quad (\text{Eq.4.9})$$

$$\text{On } Ip = \frac{\pi}{64} \cdot D^4$$

En aquest moment, cal valorar quin punt és més crític: la perifèria de la secció (amb tallant=0) o bé el centre de la secció (amb flector =0). Per tant, cal comparar quin esforç genera més sol·licitació.

Es realitzarà un estudi amb un suposat diàmetre de 20mm:

- Sol·licitació provocada pel TALLANT amb diàmetre 20:

$$\tau_{MAX} = \frac{1523,47}{D^2} = \frac{1523,47}{20^2} = 3,8N \quad (\text{Eq.4.10})$$

A continuació busquem les tensions principals mitjançant el cercle de MHOR:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (\text{Eq.4.11})$$

Substituint valors s'arriba a les següents tensions principals:

$$\sigma_1 = -\sigma_2 = 3,8N$$

Finalment tan sols falta aplicar el criteri de fallada de VON MISSES per acabar aconseguint un estat de carrega a tracció uniaxial:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2}} = 5,37N \quad \text{(Eq.4.12)}$$

- Sol·licitació provocada pel FLECTOR amb diàmetre 20:

En aquest cas, el càlcul és directe ja que l'equació de NAVIER dona com a solució una tensió de tracció normal uniaxial:

$$\sigma_{MAX} = \frac{669489,52}{20^3} = 83,68N \quad \text{(Eq.4.13)}$$

Així doncs, comparant ambdós resultats s'arriba a la conclusió que es pot depreciar el tallant. A més a més també cal tenir en compte que és en la secció exterior on el torçó pren importància. D'aquesta manera en aquest valor de sol·licitació provocat per el flector també caldria introduir-hi la sol·licitació provocada pel tallant degut al torçó. En realitat, aquesta operació es farà a continuació per tal de conèixer el valor de la sol·licitació alterna.

SOLICITACIÓ ALTERNA TOTAL:

En la perifèria de la secció apareixen sol·licitacions a causa del torçó i del flector. Tal com s'ha comentat anteriorment, en el cas del flector no cal aplicar el cercle de MOHR ni VON MISSES ja que l'estat tensional ja es troba en tracció uniaxial. De totes maneres si que cal obtenir una tracció pura a partir del torçó:

$$\tau_{MAX \text{ torçó}} = \frac{188439,45}{D^3} \quad \text{(Eq.4.14)}$$

A continuació busquem les tensions principals mitjançant el cercle de MHOR:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{(Eq.4.15)}$$



Substituint valors s'arriba a les següents tensions principals:

$$\sigma_1 = -\sigma_2 = \frac{188439,45}{D^3} \quad (\text{Eq.4.16})$$

Finalment tan sols falta aplicar el criteri de fallada de VON MISSES per acabar aconseguint un estat de carrega a tracció uniaxial:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2}} = \frac{266493,62}{D^3} \quad (\text{Eq.4.17})$$

Arribats en aquest punt cal sumar la sol·licitació provocada pel torçor i la provocada pel flector. Així doncs es realitza la suma quadràtica entre aquests valors:

$$\text{SOLICITACIÓ ALTERNA} = \sqrt{\left(\frac{266493,62}{D^3}\right)^2 + \left(\frac{669489,52}{D^3}\right)^2} = \frac{720579,67}{D^3} \quad (\text{Eq.4.18})$$

A partir d'aquest punt, cal conèixer la resistència a fatiga de la peça analitzada. Així doncs, es definiran els diferents factors k:

$$\sigma_N = \left[ k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{K_f} \right] \cdot \sigma'_N \quad (\text{Eq.4.19})$$

On

- $K_a$  (factor d'acabat superficial)= 0,9 (laminat en calent amb una resistència a ruptura de 1100 MPa)
- $K_b$  (factor de tamany)= 0,9 (HIPÒTESIS 1: peça de secció circular a flexió amb un diàmetre 20mm)
- $K_c$  (factor de tipus d'esforç)= 1 (esforç crític a flexió)
- $K_d$  (factor de temperatura)= 1 (temperatura ambient)
- $K_e$  (factor de confiabilitat)= 1 (50% confiabilitat)
- $K_f$  (factor d'entalla)= 1,2 ( es considera un radi de soldadura de 10mm)

Per tant substituint tots aquests valors a la fórmula dels factors modificadors del límit a fatiga s'obté la tensió límit per la peça real associada a una vida de  $10^6$  cicles (vida infinita):

$$\sigma_{10^6} = \left[ 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1,2} \right] \cdot \sigma'_{10^6} \Rightarrow 371,25 \text{ MPa} \quad (\text{Eq.4.20})$$

$$\text{On } \sigma'_{10^6} = \sigma_R \cdot 0,5 = 1100 \cdot 0,5 = 550 \text{ MPa}$$

Finalment, es relaciona la resistència amb la sol·licitació a partir de la següent fórmula.

$$D = \sqrt[3]{\frac{720579,67}{371,25}} = 12,74\text{mm} \quad (\text{Eq.4.21})$$

Per tant, la HIPÒTESIS 1 queda descartada i cal iterar:

Es reprenen els càlculs valorant un diàmetre de 15mm

On

- $K_a$  (factor d'acabat superficial)= 0,9 (laminat en calent amb una resistència a ruptura de 1100 MPa)
- $K_b$  (factor de tamany)= 0,93( HIPÒTESIS 2: peça de secció circular a flexió amb un diàmetre 15mm)
- $K_c$  (factor de tipus d'esforç)= 1 (esforç crític a flexió)
- $K_d$  (factor de temperatura)= 1 (temperatura ambient)
- $K_e$  (factor de confiabilitat)= 1 (50% confiabilitat)
- $K_f$  (factor d'entalla)= 1,2 ( es considera un radi de soldadura de 10mm)

Per tant substituint tots aquests valors a la fórmula dels factors modificadors del límit a fatiga s'obté la tensió límit per la peça real associada a una vida de  $10^6$  cicles (vida infinita):

$$\sigma_{10^6} = \left[ 0,9 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1,2} \right] \cdot \sigma'_{10^6} \Rightarrow 383,63\text{MPa} \quad (\text{Eq.4.22})$$

$$\text{On } \sigma'_{10^6} = \sigma_R \cdot 0,5 = 1100 \cdot 0,5 = 550$$

Finalment, es relaciona la resistència amb la sol·licitació a partir de la següent fórmula.

$$D = \sqrt[3]{\frac{720579,67}{383,625}} = 12,34\text{mm} \quad (\text{Eq.4.23})$$

Per temes de disponibilitat de material, coixinets i eix calibrat, s'ha escollit un eix de 25 mm. Així doncs, es disposa d'un factor de seguretat de 2,03

$$FS = \frac{25}{12,34} = 2,03 \quad (\text{Eq.4.24})$$

### Càlcul passador fre

Un dels punts de la màquina que ha d'aguantar una sol·licitació més gran és el fre. Aquest element ha de suportar tota la força que faci l'usuari tenint en compte la relació de transmissió. Es va considerar que el valor màxim de força que es generaria en aquest punt seria de 2000N. Aquesta xifra equival a l'esforç màxim que ha d'aguantar el limitador de parell abans de desacoblar el mecanisme. Tal com s'ha comentat, aquest limitador no s'ha integrat en el prototip per motius econòmics però s'ha tingut en compte la seva futura aplicació en aquest càlcul.

Així doncs el punt crític és clarament en la meitat de la longitud del rodó on el tallant és de 1000N i el flector de 4000N·mm.

Per tant, aplicant la fórmula de NAVIER, es calcula la tensió normal causada per el flector:

$$\sigma_{MAX} = \frac{Mf}{I} \cdot y_{MAX} \Rightarrow \sigma_{MAX} = \frac{40743,67}{D^3} \quad (\text{Eq.4.25})$$

$$\text{On } I_p = \frac{\pi}{64} \cdot D^4$$

Pel que fa el tallant, es calcula l'esforç de cisalla de la següent manera:

$$\tau_{MAX} = \frac{4}{3} \cdot \tau_{MEDIA} \Rightarrow \tau_{MAX} = \frac{1697,66}{D^2} \quad (\text{Eq.4.26})$$

$$\text{On } \tau_{MEDIA} = \frac{C}{A}$$

A continuació busquem les tensions principals mitjançant el cercle de MHOR:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (\text{Eq.4.27})$$

Substituint valors s'arriba a les següents tensions principals:

$$\sigma_1 = -\sigma_2 = \frac{1697,66}{D^2} \quad (\text{Eq.4.28})$$

Finalment tan sols falta aplicar el criteri de fallada de VON MISSES per acabar aconseguint un estat de carrega a tracció uniaxial:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2}} = \frac{2400,85}{D^3} \quad (\text{Eq.4.29})$$

Es realitza el mateix procediment utilitzat a l'apartat anterior per comprovar que el tallant es pot menystenir.

A partir d'aquest punt, cal conèixer la resistència a fatiga de la peça analitzada. Així doncs, es definiran els diferents factors k:

$$\sigma_N = \left[ k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{K_f} \right] \cdot \sigma'_N$$

On

- $K_a$  (factor d'acabat superficial)= 0.45 (laminat en calent amb una resistència a rotura de 1100 MPa)
- $K_b$  (factor de tamany)= 1 (peça de secció circular a flexió amb un diàmetre inferior a 10mm)
- $K_c$  (factor de tipus d'esforç)= 1 (esforç crític a flexió)
- $K_d$  (factor de temperatura)= 1 (temperatura ambient)
- $K_e$  (factor d'entalla)= 1 (no hi ha entalla)

Per tant substituint tots aquests valors a la fórmula dels factors modificadors del límit a fatiga s'obté la tensió límit per la peça real associada a una vida de  $10^6$  cicles (vida infinita):

$$\sigma_{10^6} = \left[ 0,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1} \right] \cdot \sigma'_{10^6} = 247,5 \text{ MPa} \quad (\text{Eq.4.30})$$

On  $\sigma'_{10^6} = \sigma_R \cdot 0,5 = 1100 \cdot 0,5 = 550 \text{ MPa}$

$$D = \sqrt[3]{\frac{40743,67}{247,5}} = 5,48 \text{ mm} \quad (\text{Eq.4.31})$$

### 4.5.3. Càlcul de molles

RC consta d'un total de 5 molles, 3 a compressió, 1 a tracció i 1 a torsió. Per escollir el tipus de molla més adequada per cada aplicació, s'ha valorat la constant que es volia, l'allargament, el parell a transmetre (en el cas de la molla a torsió) i les restriccions de dimensions que teníem per tal d'encabir-la dintre el disseny de la màquina.

Pel que fa les molles a compressió i tracció s'ha utilitzat la llei de Hooke per determinar quina era la molla més adequada:

$$F = k \cdot \Delta x \quad (\text{Eq.4.32})$$

A continuació es mostra com s'han definit tots els valors per tal d'obtenir cada una de les molles:

- Molla a compressió del mecanisme reconeixedor:
  - El diàmetre exterior de la molla ha de ser inferior a 11mm, ja que, el tub que la conté té com a diàmetre interior aquest valor.
  - Es considera que la molla ha de tenir un recorregut de uns 30mm per tal de poder activar la bandera i dimensionar el fre amb garanties.
  - Es limita com a força màxima a aplicar sobre els pernns ha d'estar al voltant de 45N, és a dir, un cop s'apliqui aquesta força la molla ha d'estar suficientment comprimida per haver activat el mecanisme de bandera i fre.

$$45 = k * 30 \quad (\text{Eq.4.33})$$

$$k = \frac{45}{30} = 1.5 \text{ N/mm}$$

- A partir de tots aquests valors restrictius es busca al catàleg de MUELLES SODEMANN la molla amb les característiques adjents per adaptar-se a l'aplicació
  - Molla amb Ref.<sup>a</sup>: C03600473250S. I característiques:
    - Diàmetre exterior: 9,14mm.
    - Recorregut màxim: 32,56mm.
    - Força màxima: 48.21N.
    - Constant de la molla: 1,47N/mm.
- Molla a compressió del mecanisme disparador de bandera:
  - El diàmetre exterior de la molla ha de ser inferior a 11mm, ja que, el tub que la conté té com a diàmetre interior aquest valor.
  - Es considera que la molla ha de tenir un recorregut d'aproximadament 15mm. Per tal que la bandera es pugui disparar quan és activada, pugui tornar-se a carregar, i a la vegada garantir un petit desplaçament extra després de que el sistema d'advertència es dispari per tal que el fre es posicioni correctament.
  - La força màxima a aplicar ha de ser inferior a 10N. Aquest fet permetrà carregar la bandera amb facilitat i vèncer la fricció entre el tub i el rodó. Cal tenir en compte que aquesta molla crearà una oposició extra que suportaran els pernns, es per això, que la suma de la força creada per aquesta molla i l'estudiada anteriorment ha de ser inferior als 45N determinats prèviament.

$$10 = k * 15 \quad (\text{Eq.4.34})$$

$$k = \frac{10}{15} = \mathbf{0.67 \text{ N/mm}}$$

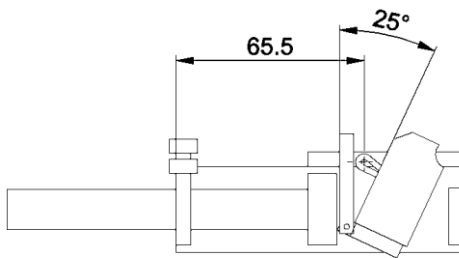
- A partir de tots aquests valors restrictius, i prioritant si és possible una constant una mica menor, es busca al catàleg de MUELLES SODEMANN la molla amb les característiques adients per adaptar-se a l'aplicació.
  - Molla amb Ref.<sup>a</sup>: C03000221250M. I característiques:
    - Diàmetre exterior: 7,62mm.
    - Recorregut màxim: 18,72mm.
    - Força màxima: 8,59N.
    - Constant de la molla: 0,44N/mm.
- Molla a compressió del mecanisme d'estampació:
  - El diàmetre exterior de la molla ha de ser inferior a 11mm, ja que, el tub que la conté té com a diàmetre interior aquest valor.
  - Es considera que la molla ha de tenir un recorregut d'aproximadament 30mm, i que la seva longitud inicial sigui d'un mínim de 50mm.
  - La força màxima que ha de fer la molla ha de ser per vèncer la fricció entre el rodó i el tub per tal que el mecanisme pugui avançar. Es considera una força de 5N suficient.

$$5 = k * 30$$

$$k = \frac{5}{30} = \mathbf{0.17 \text{ N/mm}} \quad \text{(Eq.4.35)}$$

- A partir de tots aquests valors restrictius, es busca al catàleg de MUELLES SODEMANN la molla amb les característiques adients per adaptar-se a l'aplicació.
  - Molla amb Ref.<sup>a</sup>: C02400182000M. I característiques:
    - Diàmetre exterior: 6,10 mm.
    - Recorregut màxim: 31,57mm.
    - Força màxima: 5,69N.
    - Constant de la molla: 0,18N/mm.

- Molla a tracció del mecanisme reconeixedor:
  - El diàmetre exterior de la molla ha de ser tan petit com sigui possible, a causa de la restricció d'espai de la zona on anirà situada (veure figura 4.22) sempre i quan garanteixi els altres valors definits.
  - Es considera que la molla ha de tenir una llargada de 52mm quan ja estigui carregada per tal de mantenir el reconeixedor a la seva posició. Tanmateix ha de garantir uns 15mm més de recorregut, per tal que el reconeixedor pugui rotar 25 graus i aconseguir així passar els pernès durant el moviment de retrocés.



**Figura 4.22:** Esquema d'allargament necessari de la molla a tracció

- La força mínima que ha de realitzar la molla a tracció ha de ser suficient com per mantenir i retornar el reconeixedor al seu lloc, aquest rota amb una frontissa (i per tant està sotmès a poc fregament) és per això que la força és un valor poc restrictiu.
- A partir de tots aquests valors restrictius, es busca al catàleg de MUELLES SODEMANN la molla amb les característiques adients per adaptar-se a l'aplicació.
  - Molla amb Ref.<sup>a</sup>: E01800181250M. I característiques:
    - Diàmetre exterior: 4.57mm.
    - Longitud lliure: 31,75mm.
    - Recorregut màxim: 51,05mm.
    - Força màxima: 6.89N.
    - Constant de la molla: 0,12N/mm.
- Molla a torsió mecanisme de bandera:
  - La molla ha de permetre un gir major a 90°.
  - La molla ha de tenir un diàmetre interior pel qual hi pugui passar un eix de 6mm ja que aquesta és la mida del cargol que permetrà el moviment a la bandera. Cal comentar que si el diàmetre intern de la molla és superior a aquest es preveu col·locar-hi un element per millorar-ne l'ajust.

- La molla ha de transmetre el parell necessari per poder elevar la bandera amb facilitat i una certa velocitat. És per això que es realitzen els càlculs següents:

- Càlcul de volums:

- Rodó superior:

$$V_{RS} = \pi * r^2 * L = \pi * 4^2 * 135 = 6785,844mm^3 \quad (\text{Eq.4.36})$$

- Passamà bandera:

$$V_{Pb} = A * e = 4600,922 * 5 = 23004,61mm^3 \quad (\text{Eq.4.37})$$

- Xapa enclavament:

$$V_{Xe} = A * e = 16171,673 * 3 = 5015,02mm^3 \quad (\text{Eq.4.38})$$

\*Les àrees del passamà bandera i de la xapa enclavament s'han extret a partir del programa de CAD INVENTOR.

- Càlcul de massa:

$$m = d * V \quad (\text{Eq.4.39})$$

\*S'utilitza com a densitat de l'acer  $d = 7850 \text{kg/m}^3$ . Ja que tots els elements són d'aquest material es sumen volums per calcular-ne la massa total.

$$V_T = V_{RS} + V_{Pb} + V_{Xe} = 6785,84 + 23004,61 + 5015,02 = 34805,47mm^3 \quad (\text{Eq.4.40})$$

$$m_T = \frac{7850 \text{kg}}{m^3} * 34805,47mm^3 * \frac{1m^3}{10^9mm} = 0,273 \text{kg} \quad (\text{Eq.4.41})$$

- Càlcul de pes:

$$F = m * g \quad (\text{Eq.4.42})$$

$$P = 0,273 * 9,81 = 2,68 \text{N}$$

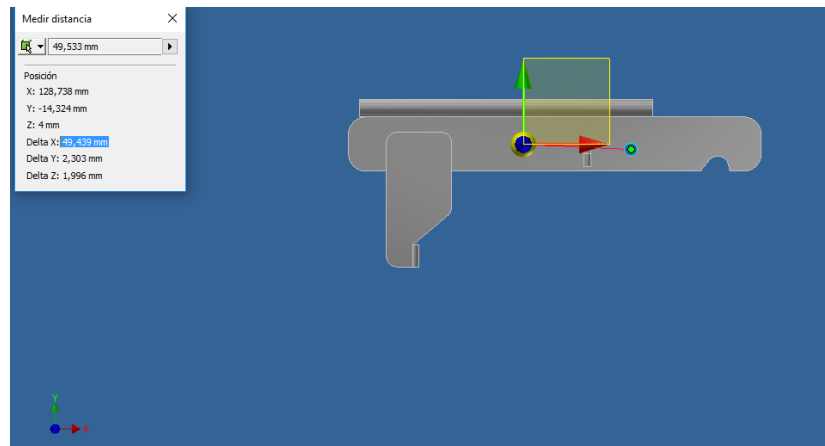
- Càlcul del parell:

$$Pn = F * d_{CG} = 2,68 * 49,439 = 132,51 \text{N/mm}. \quad (\text{Eq.4.43})$$

Cal tenir en compte, que aquest parell és el necessari per tal que el sistema estigui en equilibri. Es vol aconseguir un moviment ràpid de manera que cal superar aquest valor per vèncer la inèrcia i generar acceleració angular. Així doncs, es considera com a necessari un parell mínim de 250 N/mm

\*La distància al centre de gravetat  $d_{CG}$  s'ha obtingut a partir del programa de CAD INVENTOR tal i com es pot veure a la figura 4.24.





**Figura 4.24:** Distància al centre de gravetat

- A partir d'aquest punt busca una molla al catàleg de MUELLES SODEMAN que pugui complir amb totes aquestes restriccions.
  - Molla amb Ref.<sup>a</sup>: T049-300-375L. I característiques:
    - Diàmetre interior: 11,69mm.
    - Giro màxim: 300°.
    - Parell màxim: 287 N/mm.

#### 4.5.4. Càlcul de relacions de transmissió

El càlcul de les relacions de transmissió és el més important per tal de facilitar el procés a l'usuari. A partir d'aquest càlcul s'aconsegueix obtenir la relació òptima entre la força que s'ha d'aplicar al moment de premsar la llauna i les voltes necessàries per realitzar tot el procés.

Es defineixen com a paràmetres restrictius un màxim de 3 voltes per tal d'agilitzar el procés a l'usuari i fer-lo el més ràpid possible. Tanmateix es delimita que la força mitjana hauria d'estar per sota els 4.5kg. Ja per últim i perquè l'usuari pugui utilitzar la màquina de manera funcional es restringeix un valor màxim de longitud de la manovella de 400mm.

Tanmateix, tal com s'exposa a l'apartat 4.8.3., es decideix realitzar, a partir del prototip, una enquesta per aconseguir determinar si l'usuari preferiria una manovella més gran i fer menys voltes o una més petita i fer-ne més. De la mateixa manera, es valorarà si l'usuari creu que aplicar més força no és un inconvenient o al contrari, pensa que la força actual s'hauria de reduir.

Tenint en compte tots aquests valors i que a partir de la segona volta el cordino es posiciona a sobre sí mateix, afegint un gruix diametral de 7mm, ja que quan esta en tensió té un diàmetre de 3,5mm, s'ha decidit realitzar un procés iteratiu per aconseguir trobar la combinació més adient.

Primer es determina quin hauria de ser el diàmetre de la politja per poder saber quantes serien les voltes a realitzar per part de l'usuari. S'ha donat un rang de diàmetre de 25, fins a 50 tal i com es mostra a la taula 4.4.

Diàmetre de la politja (mm)	Voltes despreciant cordino	Voltes tenint en compte cordino
25	4,46	3,25
30	3,71	2,94
32	3,48	2,82
35	3,18	2,66
37	3,01	2,55
40	2,79	2,42
45	2,48	2,22
50	2,23	2,05

**Taula 4.4:** Voltes necessàries a realitzar (Font: elaboració pròpia)

Un cop es té determinat el número de voltes es necessari calcular quina serà la força a aplicar per l'usuari per tal de trobar la combinació òptima. És per això que es fa una valoració tant de la força mitjana com la màxima per els diferents diàmetres de politja i longitud de manovella.

En la taula 4.5 es mostra els resultats obtinguts valorant la  $F_{m\grave{a}x}$  extreta de l'apartat 4.5.1.2.

Diàmetre politja (mm)	Parell (N/mm)	Fu (N)	Fu (N)	Fu (N)	Fu (N)	Fu (N)
		M-(200mm)	M-(250mm)	M-(300mm)	M-(350mm)	M-(400mm)
25	22472	112,36	89,89	74,91	64,20	56,18
30	23421	117,11	93,64	78,07	66,92	58,55
32	24687	123,44	98,75	82,29	70,53	61,72
35	26586	132,93	106,34	88,62	75,96	66,47
37	27852	139,26	111,41	92,84	79,57	69,63
40	29751	148,76	119,00	99,17	85,00	74,38
45	32916	164,58	131,66	109,72	94,04	82,29
50	36081	180,41	144,32	120,27	103,09	90,20

**Taula 4.5:** Força màxima a aplicar per l'usuari en funció de la manovella (Font: elaboració pròpia)

\*el parell és el corresponent a la última volta, ja que s'hi suma el gruix del cordino i per tant aquest parell és superior que si no el consideréssim

Pel que fa el mateix càlcul però utilitzant la  $F_m$  per valorar quina seria la que realitzaria l'usuari de manera habitual, s'han obtingut els resultats de la taula 4.6.

Diàmetre politja (mm)	Parell (N/mm)	F <sub>um</sub> (N) M-(200mm)	F <sub>um</sub> (N) M-(250mm)	F <sub>um</sub> (N) M-(300mm)	F <sub>um</sub> (N) M-(350mm)	F <sub>um</sub> (N) M-(400mm)
25	12691	63,46	50,77	42,30	36,26	31,73
30	13228	66,14	52,91	44,09	37,79	33,07
32	13943	69,71	55,77	46,48	39,83	34,85
35	15015	75,06	60,06	50,05	42,90	37,54
37	15730	78,65	62,92	52,43	44,94	39,33
40	16803	84,01	67,21	56,01	48,01	42,01
45	18590	92,95	74,36	61,97	53,11	46,48
50	20378	101,89	81,51	67,93	58,22	50,94

**Taula 4.6:** Força mitja a aplicar per l'usuari en funció de la manovella (Font: elaboració pròpia)

Després de valorar totes les opcions obtingudes a partir dels càlculs, es considera que una bona opció podria ser utilitzar unes politges de diàmetre 37mm. Amb aquestes aconseguiríem realitzar el procés amb unes dues voltes i mitja aproximadament.

Un cop delimitat el nombre de voltes es considera que la manovella de 350mm de distància entre eix i maneta és la més adient per l'aplicació ja que obtenim que l'usuari haurà d'aplicar una força mitjana de 45N en el punt final, i un màxim de 80N que assoleixen molt poques llunes.

Tanmateix es considera un punt a valorar per part dels usuaris ja que és un tema objectiu i el perfil de persona que utilitza la màquina fa que pugui variar molt la funcionalitat de cada un dels usuaris de RC.

#### 4.5.5. Càlcul de tracció dels cordinos

Els cordinos són els elements que serveixen per realitzar la tracció de mecanismes a través de politges. La màquina consta de diferents sistemes estirats per cordinos, tanmateix el sistema més sol·licitat és el que mou la part posterior de la premsa ja que fa la força per premsar i desplaçar la gran majoria dels altres mecanismes. És per això que es considera utilitzar un cordino capaç d'aguantar aquesta sol·licitació.

Per moure tots els mecanismes de manera òptima s'estira per les dues bandes de la part posterior de la premsa. D'aquesta manera força de tracció que hauran de suportar els cordinos serà com a mínim la meitat del valor per el qual s'ha dimensionat la màquina.

$$F_{\text{cordinos}} = \frac{F_{\text{màx}}}{2} = \frac{2000}{2} = 1000N \quad (\text{Eq.4.44})$$

Per tant els cordinos hauran d'aguantar un mínim de 1000N. Es considerarà un factor de seguretat de 1,56, valor obtingut a partir dels assajos destructius de llaunes.

#### 4.5.6. Càlcul de desplaçaments

Quan s'inicia un cicle de premsat cal desplaçar el sistema reconeixedor fins a la posició posterior de la màquina. Quan s'executa aquest moviment, el reconeixedor empeny un mecanisme solidari a dos cordinos. Un d'aquests cordinos subjectarà la porta i l'altre un dels elevadors de perns. Així doncs, amb un mateix moviment s'elevaran aquests dos elements. En aquest punt, però, apareix una dificultat i és que la porta ha de realitzar un recorregut major. Per aquest motiu, s'ha optat per establir diferents angles de cordino respecte la guia. D'aquesta manera s'aconsegueixen dos moviments, amb recorreguts diferents, a partir d'una mateixa translació.

*Angle de cordino porta:* s'ha considerat que aquest angle seria 0, és a dir, que el cordino es trobaria alineat amb la guia. D'aquesta manera s'aconsegueix maximitzar l'eficiència d'aquest desplaçament. Per tant els 75mm de desplaçament serà directament el valor que s'elevà la porta.

*Angle de cordino de l'elevador de perns:* En aquest cas l'objectiu era aconseguir un moviment final de 40 mm a partir del moviment horitzontal de 75 mm.

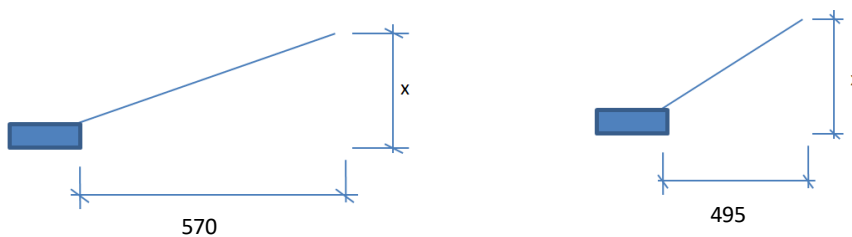


Figura 4.25: Croquis de desplaçaments

Tal com es pot observar en els croquis de la figura 4.25, la variable a controlar era la distància vertical de la guia a la politja. Cal recordar que la distància horitzontal era una constant ja que venia definida per el recorregut de la porta. Així doncs, calia aconseguir una variació de la hipotenusa de 40mm entre els dos casos:

Partim del teorema de Pitàgores:

$$h^2 = c_1^2 + c_2^2 \quad (\text{Eq.4.45})$$

Apliquem aquest teorema en ambdós casos:

$$\text{cas 1} \Rightarrow h^2 = c_1^2 + 570^2 \quad (\text{Eq.4.46})$$

$$\text{cas 2} \Rightarrow (h - 3)^2 = c_1^2 + 495^2 \quad (\text{Eq.4.47})$$

Igualant les dues equacions s'obté:

(Eq.4.48)

$$\begin{aligned} (\sqrt{c_1^2 + 570^2} - 40)^2 &= c_1^2 + 495^2 \Rightarrow 570^2 + 1600 - 80\sqrt{c_1^2 + 570^2} = 495^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow 1600 - 495^2 + 570^2 &= 80\sqrt{c_1^2 + 570^2} \Rightarrow \sqrt{\left(\frac{1600 - 495^2 + 570^2}{80}\right)^2} - 570^2 = c_1 \\ c_1 &= 843,98mm \end{aligned}$$

Ja que el valor d'alçada es considera inacceptable per les mesures de RC, es decideix fer la unió de dos cordinos a través d'una molla, d'aquesta manera, s'aconseguirà el recorregut extra necessari per elevar la porta.

#### 4.5.7. Càlcul del limitador de parell

En aquest cas, es va fer un càlcul per tal de conèixer les característiques de les molles posicionadores necessàries.

Es va buscar a NORELEM i es va observar que la molla més potent generava una força de 125N abans de cedir. Amb el mateix proveïdor també es van trobar els casquillos que fan de topall. En aquest cas eren de 90°. Aquesta geometria fa que la força tangencial sigui igual que la normal, de manera que, cada unitat de molla pot aguantar 125N (força tangencial a la superfície cilíndrica del limitador de parell).

Pel que fa el radi del limitador, cal buscar l'equilibri entre realitzar un disseny compacte i utilitzar el mínim d'elements mòbils possibles (a menys radi, menys parell resistent i per tant major quantitat de molles). Així doncs, es va considerar que un valor apropiat seria 200mm de diàmetre. Amb aquesta geometria i coneixent que el parell màxim que es vol suportar és de 37000N·m ja es pot calcular el nombre de molles necessari:

(Eq.4.49)

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{molles necessari} &= \frac{\text{parell necessari}}{\text{radi limitador} \cdot \text{força tangencial molla}} = \frac{37000}{12500} = 2.96 \\ &\approx 3 \text{ unitats} \end{aligned}$$

Així doncs, amb 3 molles en paral·lel s'assegura el bon funcionament del limitador.

#### 4.5.8. Rendibilitat empresarial

Per tal de valorar si les alternatives presentades inicialment són viables, pel que fa la basant econòmica, es considera necessari fer un petit estudi per escollir quin és el mercat i opció més rentable dins la societat actual.

En primer lloc, es valora fer un sistema com el SDDR, aportant una remuneració econòmica per cada llauna premada. L'alumini com tot material té un preu en borsa que oscil·la al voltant dels 1600 euros la tona, és per això que les empreses que el reciclen el compren entre 600-700 euros la tona.

Contant que una llauna pesa 15 grams, es necessitaran les següents llaunes per aconseguir una tona:

$$\text{nombre de llaunes} = \frac{1000}{0,015} = 66.667 \text{ llaunes} \quad (\text{Eq.4.50})$$

Per tant el valor que es podria donar a cada llauna, agafant un valor mig de venda de tona de 650€, seria el següent:

$$\text{remuneració econòmica} = \frac{\text{preu tona d'alumini}}{n^{\circ} \text{llaunes}} = \frac{650}{66.667} = 0,0097\text{€} \quad (\text{Eq.4.51})$$

És a dir, no es podria aportar ni un cèntim per llauna si es volés aconseguir una rendibilitat econòmica, per tant, es descarta aquesta opció per la seva viabilitat econòmica.

En segon lloc, es valora enfocar-ho a l'educació infantil, tanmateix, un caramel o la contractació d'algun monitor per activitats de monitoratge superaria amb molta diferència el preu per llauna que es pot donar. És per això que es considera una opció a valorar, si algú decidís invertir en Recycan com a projecte pedagògic.

Per últim, es considera que la proposta de destinar-ho a comerços locals, els quals ofereixen productes de qualitat és el més adient. Pel que fa els mercats, estan normalment gestionats per organismes públics, aquests solen invertir per fer promocions de comerç i reciclatge, és per això que es considera interessant enfocar-ho en aquest àmbit. Simplement venent la màquina a aquests organismes i que es gestioni el reciclatge des del propi municipi o ciutat.

## 4.6. Normatives aplicables

El prototip de RC és una màquina totalment tancada. Tots els mecanismes es troben dins de la bancada general protegits per una xapa inferior, una porta posterior i dos trams de metacrilat. D'aquesta manera, queda totalment impossibilitat l'accés de l'usuari a les parts mòbils.

Tanmateix, existeix un punt que podria ser conflictiu: l'entrada de les llaunes. Per garantir la seguretat de l'usuari s'ha dissenyat i fabricat una porta automàtica, la qual impossibilita l'accés a la cambra de premsat quan els mecanismes interns es troben en moviment. Amb aquest element, s'assegura el compliment de la Directiva de Màquines 2006/42/CE.

## 4.7. Alternatives de millora

### 4.7.1. Limitador de parell

Durant el disseny de RC es va projectar un sistema d'alerta consistent en un avís visual (la bandera), l'actuació automàtica del fre i la desconexió de potència gràcies al limitador de parell. Tot i així, aquest últim element té un cost molt elevat, és per això, que se'n va projectar un de més senzill. Aquest limitador està format per dues parts, una femella exterior unida a l'arbre i un mascle interior unit a la manovella. Per tal de transmetre parell, es col·len unes boles amb molla a la femella que s'introdueixen a unes regates del mascle. D'aquesta manera quan l'usuari activa la manovella fa girar el mascle i a partir de les boles es transmet el parell a la femella i l'arbre.

En el prototip no s'ha fabricat aquest mecanisme ja que suposava un cost elevat. La precisió que el sistema requereix per tal que treballi bé era impossible d'aconseguir en el taller que s'ha treballat, i el tema pressupostari no va permetre encarregar-ho a un centre de mecanitzat.

Tanmateix, es creu que és un element totalment necessari per evitar que l'usuari pogués danyar de manera important la màquina. Per això, aquest està projectat perquè quan l'usuari apliqués una força major a 2000N sobre la manovella aquesta girés 360° sense transmetre parell, d'aquesta manera mai es sobrepassaria la força màxima per la qual s'ha dimensionat tota la màquina.

### 4.7.2. Reconeixement de varis tipus de llaunes

Actualment RC tan sols és capaç de reconèixer un sol tipus de llauna, les llaunes de refrescos amb diàmetre gran. De totes maneres, realitzant unes petites modificacions, al mecanisme de clau i de premsat, s'aconseguiria poder reciclar tot tipus de llaunes de 33cl. Aquests canvis consisteixen en realitzar una segona ranura en els pernys per tal de poder disposar de dues posicions de reconeixement: una de superior per les llaunes de diàmetre petit i una d'inferior per les llaunes de diàmetre gran. Tanmateix, caldria reduir el gruix del reconeixedor per tal de poder guanyar sensibilitat.

### 4.7.3. Participació de l'usuari

És creu molt necessari aconseguir una interacció amb l'usuari. Actualment, es disposa un prototip de RC per tal de mostrar la idea i comprovar el bon funcionament de tots els mecanismes. Aquest

prototip, però, té la missió bàsica d'esdevenir un sistema d'assaig per comprovar si RC s'adapta a tots els usuaris. Així doncs, s'ha dissenyat una check-list, tal i com es mostra a l'annex B, per tal de poder ajustar els següents paràmetres al públic en general:

- Mides de la manovella
- Nombre de voltes per cicle
- Força màxima aplicada
- Forma de rebre la recompensa
- Valorar quin és el tipus d'usuari que utilitza més RC



## 5. Anàlisi de l'impacte ambiental

En la situació actual del planeta terra, un dels elements més importants de qualsevol projecte de nova aplicació, hauria de ser que fos particip, en la mesura del possible, en la preservació o fins i tot millora del medi ambient.

És clar, que dins el marc industrial actual és difícil aconseguir una màquina que preservi el medi en tots els aspectes. La gran majoria de projectes necessiten un procés de fabricació on normalment hi intervenen una sèrie de materials que per ser produïts produeixen contaminació i unes màquines que requereixen d'una font d'energia considerable.

A banda del procés de fabricació, una màquina òptima dins el marc medi ambiental es podria considerar aquella que funciona a partir d'una font d'energia renovable i a la vegada busca millorar la situació actual del medi.

### 5.1. Fabricació

Per la fabricació de RC s'ha utilitzat majoritàriament acer. Com gairebé tots els materials, l'acer requereix d'uns processos previs per tal de conformar-ne els diferents materials en brut que es poden obtenir de les grans empreses metal·lúrgiques.

L'acer produït a alts forns es refinat per tal d'eliminar gran part del carbó. En aquest procés es produeixen grans quantitats de gasos que contenen monòxid de carboni i pols. Aquests gasos són altament contaminants per l'aire. Un cop l'acer ha estat refinat, es necessari donar-li forma a partir d'un procés de laminació. Perquè aquest procés sigui òptim s'utilitzen grans quantitats d'olis hidràulics i lubricants. Finalment s'utilitzen productes per eliminar òxids i fer una neteja del material en brut, això genera grans quantitats de residus àcids i alcalins.

L'avantatge d'utilització d'acer és que és un material fàcilment reciclable. Per cada tona d'acer reciclat s'estalvia una tona i mitja de ferro mineral i 500 quilograms de carbó, emprats per fer el coc siderúrgic, combustible utilitzat per fabricar aquest metall. Tanmateix, es redueix el consum d'energia en un 70% i d'aigua en un 40%.

L'altre material que s'ha utilitzat ha estat el polietilè. Aquest material és 100% reciclable i un cop triturat en grànuls i netejat per eliminar les impureses té exactament les mateixes propietats que el material original.

Els processos de fabricació utilitzats per aconseguir el prototip són poc contaminants. Per una banda, molts processos de serratge i polit s'han realitzat de manera tradicional, sense utilitzar maquinaria que requereixi d'una font d'energia. Per altra banda, els processos de trepanat i de tall amb disc requereixen d'una mínima energia. Per últim, el procés de soldadura sí que produeix uns gasos contaminants.

## 5.2. Font d'energia

El fet que RC sigui una màquina exclusivament mecànica fa que no requereixi d'una font d'energia contaminant.

Totes les màquines elèctriques necessiten d'una energia, a l'estat espanyol prové en un 21,7% d'energia nuclear, en un 14,5% del carbó, en un 12,5% de gasoil, gas i cogeneració i en un 11,4% de cicle combinat de gas. Amb aquestes dades, extretes de la R.E.E. es pot apreciar que un 60,1% de l'energia de l'estat espanyol s'obté a partir d'energies no renovables que generen contaminació.

D'aquesta forma RC s'assegura la no utilització de qualsevol d'aquestes energies ja que és accionada pel propi usuari.

## 5.3. Funcionalitat

RC és una màquina pensada per millorar les condicions del medi actual. La seva funció principal de promoure el reciclatge de llaunes, fa que esdevingui una màquina que busca eliminar processos innecessaris on hi ha una gran despesa d'energia. Tanmateix, es pretén reduir el nombre de llaunes als carrers i a la natura en general.

Amb el reciclatge de llaunes es busca augmentar la reutilització de l'alumini. L'alumini és un dels elements més abundant de la terra però extreure'l del mineral és molt costós. Les llaunes d'alumini tarden 500 anys a desintegrar-se. Tanmateix, el reciclatge de llaunes redueix en un 95% la contaminació atmosfèrica i requereix un 90% menys d'energia que aconseguir alumini a partir del mineral original. Amb una separació de l'alumini, prèvia a la que ara, es realitza amb el contenidor groc, s'evitarien transports i processos innecessaris a la planta de triatge on es consumeix energia i per tant es crea contaminació.

## 6. Pressupost

Tal com es pot observar, s'han realitzat dos pressuposts diferents. En primer lloc, el pressupost del prototip de RECYCAN fa referència al cost econòmic total d'aquest TFG. En aquest cas, s'han tingut en compte totes les hores de disseny així com totes les hores de fabricació en el taller casolà. Per altre banda, es va considerar que era necessari realitzar un pressupost orientatiu del que valdria fabricar 10 màquines. Tal com es pot observar, en aquest segon, cas s'han considerat descomptes per compra a l'engròs. Pel que fa les hores treballades de taller, també es pot apreciar una reducció notable i és que s'ha considerat que fabricant 10 peces es podrien establir procediments en sèrie. Tampoc cal deixar de banda, que en un taller professional, amb totes les eines adequades, s'agilitzaria notablement la fabricació.

PRESSUPOST DEL PROTOTIP DE RECYCAN			
	UNITATS (metres o hores)	COST UNITAT	PREU TOTAL
<b>DISSENY</b>			
HORES DE DISSENY	210	30,00 €	6.300,00 €
<b>MATERIAL</b>			
<b>MATERIAL EN BRUT</b>			
PERFILS COMERCIALS			
PASSAMANS			
EN 10058 - 20 x 5 - 6000	5,8	1,05 €	6,07 €
EN 10058 - 25 x 5 - 6000	5,9	1,23 €	7,27 €
EN 10058 - 25 x 10 - 6000	5,7	2,27 €	12,93 €
EN 10058 - 30 x 3 - 6000	0,5	1,39 €	0,70 €
RODÓ			
RODÓ CALIBRAT 25X350	0,35	13,20 €	4,62 €
EN 10025 - 10 - 6000	0,4	0,67 €	0,27 €
ANGULAR DE COSTATS IGUALS			
EN 10025 - 20 x 20 x 3 - 6000	4	1,67 €	6,67 €
TUBS			
RODÓ			
EN 10305 - 14 x 1,5 - 6000	0,4	0,67 €	0,27 €
RECTANGULAR			
EN 10305 - 30 x 15 x 1,5 - 6000	1	1,41 €	1,41 €
XAPES			
NEGRA			
EN 10025 - 2000 x 1000 - 2	500x600	/	5,29 €
POLIETILÈ			
Peça de 120 x 120 x 150	120 x 120 x 120	/	16,50 €
METRACRILAT			
Panel vid plast 1X0,5X2mm clar liso	1	21,45 €	21,45 €
Cost total material en brut			83,43 €

<b>ELEMENTS VARIS</b>			
<b>RODAMENTS</b>			
Suport UCP-205 ECO	2	3,50 €	7,00 €
<b>IMANTS</b>			
IMAN NEODIMIO 35 REDONDO D 20X3mm	3	3,99 €	11,97 €
IMAN NEODIMIO 35 REDONDO D 12X3mm	2	1,84 €	3,68 €
<b>MOLLES</b>			
<b>MOLLA TRACCIÓ</b>			
E01800181250M	1	4,69 €	4,69 €
<b>MOLLA COMPRESIÓ</b>			
C03600473250S	1	6,34 €	6,34 €
C03000221250M	1	2,98 €	2,98 €
<b>MOLLA TORSIÓ</b>			
T049-300-375L	1	4,69 €	4,69 €
COST ENVIAMENT	1	6,13 €	6,13 €
<b>CARGOLARIA</b>			
<b>M5</b>			
TORNILLO ALLEN CILIN A2 DIN 912	10	0,38 €	3,76 €
TUERCA AUTOBLOCANTE A2 DIN 985 M-5	10	0,04 €	0,40 €
ARANDELA ESPECIAL A2 DIN 9021 M-5	40	0,03 €	1,20 €
<b>M6</b>			
TORNILLO ALLEN CILIN. A2 DIN	4	0,38 €	1,52 €
TUERCA AUTOBLOCANTE A2 DIN 985 M-6	4	0,06 €	0,24 €
ARANDELA ESPECIAL A2 DIN 9021 M-6	20	0,04 €	0,80 €
<b>POLITGES</b>			
POLEA NYLON 046 NYLV 86-236	4	0,58 €	2,32 €
POLEA NYLON 035 NYLV	5	1,13 €	5,65 €
2 POLEAS ROLD. PLASTICO+TIRAF. DIAM 40mm	2	2,45 €	4,90 €
<b>CORDINO</b>			
CUERDA TRENZ PES/PAM NG/NJ 3mm 25m std	1	5,75 €	5,75 €
TAMPÓ AUTOTINTABLE	1	17,00 €	17,00 €
<b>VISOS</b>			
	4	0,05 €	0,20 €
Cost total elements varis			91,22 €
Cost total materials			174,65 €
<b>FABRICACIÓ</b>			
<b>TALL PER LASER</b>			
<b>TALL</b>			
CAIXERA ENTRADA	1	4,80 €	4,80 €
CAMBRA DE PREMSAT	1	5,36 €	5,36 €
PART EXTERIOR POLITJA	8	1,26 €	10,08 €
SUPORT FRONTAL	1	4,24 €	4,24 €
SUPORT POSTERIOR	1	4,38 €	4,38 €
<b>TALL + MATERIAL</b>			
PART INTERIOR POLITJA	4	2,82 €	11,28 €
PLANXA FRONTAL	1	16,66 €	16,66 €
PLANXA POSTERIOR	1	16,92 €	16,92 €
Cost total tall per làser			73,72 €
<b>MECANITZACIÓ</b>			
Hores de mecanitzat eix	0,1	30,00 €	3,00 €
Hores de mecanitzat peces polietilè	4	35,00 €	140,00 €
Cost total mecanització			143,00 €
<b>FABRICACIÓ TALLER PROPI</b>			
Hores de fabricació	120	30,00 €	3.600,00 €
Cost total fabricació taller propi			3.600,00 €
<b>MUNTATGE + CALIBRACIÓ</b>			
<b>HORES DE TALLER</b>	4	30,00 €	120,00 €

COST DE RECYCAN	10.411,37 €
-----------------	-------------

10% BENEFICI	1.041,14 €
--------------	------------

<b>COST TOTAL</b>	<b>11.452,50 €</b>
-------------------	--------------------



PRESSUPOST DE FABRICACIÓ DE 10 UNITATS DE RECYCAN			
	UNITATS (metres o hores)	COST UNITAT	PREU TOTAL
<b>MATERIAL</b>			
<b>MATERIAL EN BRUT</b>			
PERFILS COMERCIALS			
PASSAMANS			
EN 10058 - 20 x 5 - 6000	5,8	1,05 €	6,07 €
EN 10058 - 25 x 5 - 6000	5,9	1,23 €	7,27 €
EN 10058 - 25 x 10 - 6000	5,7	2,27 €	12,93 €
EN 10058 - 30 x 3 - 6000	0,5	1,39 €	0,70 €
RODÓ			
RODÓ CALIBRAT 25X350	0,35	13,20 €	4,62 €
EN 10025 - 10 - 6000	0,4	0,67 €	0,27 €
ANGULAR DE COSTATS IGUALS			
EN 10025 - 20 x 20 x 3 - 6000	4	1,67 €	6,67 €
TUBS			
RODÓ			
EN 10305 - 14 x 1,5 - 6000	0,4	0,67 €	0,27 €
RECTANGULAR			
EN 10305 - 30 x 15 x 1,5 - 6000	1	1,41 €	1,41 €
XAPES			
NEGRA			
EN 10025 - 2000 x 1000 - 2	500x600	/	5,29 €
POLIETILÈ			
Peça de 120 x 120 x 150	120 x 120 x 120	/	16,50 €
METRACRILAT			
Panel vid plast 1X0,5X2mm clar liso	1	21,45 €	21,45 €
Cost total material en brut			83,43 €
<b>ELEMENTS VARIS</b>			
RODAMENTS			
Suport UCP-205 ECO	2	3,50 €	7,00 €
IMANTS			
IMAN NEODIMIO 35 REDONDO D 20X3mm	3	3,99 €	11,97 €
IMAN NEODIMIO 35 REDONDO D 12X3mm	2	1,84 €	3,68 €
MOLLES			
MOLLA TRACCIÓ			
E01800181250M	1	4,69 €	4,69 €
MOLLA COMPRESIÓ			
C03600473250S	1	6,34 €	6,34 €
C03000221250M	1	2,98 €	2,98 €
MOLLA TORSIÓ			
T049-300-375L	1	4,69 €	4,69 €
COST ENVIAMENT	1	6,13 €	6,13 €
CARGOLARIA			
M5			
TORNILLO ALLEN CILIN A2 DIN 912	10	0,38 €	3,76 €
TUERCA AUTOBLOCANTE A2 DIN 985 M-5	10	0,04 €	0,40 €
ARANDELA ESPECIAL A2 DIN 9021 M-5	40	0,03 €	1,20 €
M6			
TORNILLO ALLEN CILIN. A2 DIN	4	0,38 €	1,52 €
TUERCA AUTOBLOCANTE A2 DIN 985 M-6	4	0,06 €	0,24 €
ARANDELA ESPECIAL A2 DIN 9021 M-6	20	0,04 €	0,80 €
POLITGES			
POLEA NYLON 046 NYLV 86-236	4	0,58 €	2,32 €
POLEA NYLON 035 NYLV	5	1,13 €	5,65 €
2 POLEAS ROLD. PLASTICO+TIRAF. DIAM 40mm	2	2,45 €	4,90 €
CORDINO			
CUERDA TRENZ PES/PAM NG/NJ 3mm 25m std	1	5,75 €	5,75 €
TAMPÓ AUTOTINTABLE			
	1	17,00 €	17,00 €
VISOS			
	4	0,05 €	0,20 €
Cost total elements varis			91,22 €
Cost total materials			174,65 €
Reducció del 10% en cost total de material (descomptes alhora de comprar més unitats)			157,18 €

FABRICACIÓ			
<b>TALL PER LASER</b>			
TALL			
CAIXERA ENTRADA	1	4,80 €	4,80 €
CAMBRA DE PREMSAT	1	5,36 €	5,36 €
PART EXTERIOR POLITJA	8	1,26 €	10,08 €
SUPPORT FRONTAL	1	4,24 €	4,24 €
SUPPORT POSTERIOR	1	4,38 €	4,38 €
TALL + MATERIAL			
PART INTERIOR POLITJA	4	2,82 €	11,28 €
PLANXA FRONTAL	1	16,66 €	16,66 €
PLANXA POSTERIOR	1	16,92 €	16,92 €
Cost total tall per laser			73,72 €
<b>MECANITZACIÓ</b>			
Hores de mecanitzat eix	0,1	30,00 €	3,00 €
Hores de mecanitzat peces polietilè	4	35,00 €	140,00 €
Cost total mecanització			143,00 €
<b>FABRICACIÓ TALLER</b>			
Hores de fabricació	120	30,00 €	3.600,00 €
Cost total fabricació taller propi			3.600,00 €
Reducció d'un 50% del temps de fabricació (taller professional i possibilitat de treballar en serie)			1.800,00 €
<b>MUNTATGE + CALIBRACIÓ</b>			
<b>HORES DE TALLER</b>	4	30,00 €	120,00 €

COST TOTAL DE FABRICACIÓ DE 10 UNITATS DE RECYCAN	2.173,90 €
---	------------

## Projecte d'empresa

El projecte Recycan no es vol quedar només en un TFG, sinó que vol aconseguir un canvi en el reciclatge. És per això, que com a última part del projecte era interessant saber l'acceptació de la idea en la societat actual i al món empresarial. Per tal d'aconseguir opinions, s'han establert diferents contactes amb empreses i institucions públiques on la màquina actual pogués tenir cabuda.

Fins al moment, la institució que ha acceptat més bé la idea ha estat l'Ajuntament d'Olot, des de l'organisme DYNAMIC, on es gestionen tots els temes d'emprenedoria i comerç de la ciutat, s'ha buscat un vincle amb l'empresa SIGMA, encarregada del reciclatge, i s'han dut a terme reunions amb l'associació de placers d'Olot. Des d'aquesta institució se'ns ha fet arribar l'interès per la nostra idea. S'ha plantejat també, no només implantar-ho per productes alimentaris, sinó en general a tot el petit comerç d'Olot, per tal de donar una empenta a aquest gremi, que cada dia es veu més perjudicat per les grans superfícies.

Tanmateix, es considera que RC s'ha d'adaptar a diferents mercats, és per això que es defineix la possibilitat de crear varies opcions segons l'usuari, és a dir, la persona que utilitza poques llaunes al llarg de la setmana utilitzaria la màquina actual, d'altra banda, per exemple els bars, se'ls aportaria un altre model, que de manera molt funcional, premes les llaunes reduint l'espai d'emmagatzematge d'aquest residu. Des de l'empresa RC, es plantejaria que l'usuari que consumeix un gran nombre de llaunes, pagués aquesta màquina. Sempre i quan complís les directrius establertes per l'empresa, cobraria una xifra de diners a canvi de les llaunes, donant un segon ús a aquestes i estalviant un procés de transport i triatge innecessari.





## Conclusions i treballs futurs

### CONCLUSIONS PERSONALS

Com a enginyers mecànics, és un plaer tenir la possibilitat de treballar en un projecte interdisciplinari com aquest. Inicialment no teníem límits, pensàvem amb tota mena de mecanismes per aconseguir el nostre objectiu específic: realitzar tot el cicle preestablert amb un sol moviment rotatiu. Tot i així, calia tenir molt present que disposàvem d'unes eines i un pressupost limitat de manera que en tot moment ens havíem d'adaptar a les nostres circumstàncies. Amb dedicació s'ha aconseguit una màquina capaç de transformar un sol moviment d'entrada en totes les translacions lineals o angulars, necessàries per processar una llauna adequadament.

El principal objectiu personal ha estat realitzar un projecte que transmetés la nostre passió per la simplicitat d'una politja, l'eficàcia d'una molla, l'eficiència d'una manovella, en definitiva, la nostra passió per la mecànica. A més a més, volíem aportar una eina per intentar solucionar un dels problemes més importants que afronta la nostre societat: la contaminació. Creiem que l'elaboració d'aquest treball ens ha permès assolir aquests dos grans reptes.

Ja per últim, aquest treball ens ha donat una visió d'un projecte des d'inici fins a fi, desconeguda per molts, però a la vegada molt necessària. Normalment, quan es forma part de qualsevol projecte, cadascú és el responsable de desenvolupar una part d'aquest. Tanmateix, amb Recycan hem estat capaços d'apreciar la complexitat de totes les etapes que suposa la creació de qualsevol nou aparell. El procés seguit al llarg d'aquest treball ha estat: identificar una necessitat, estudiar alternatives per suplir-la, fer el disseny d'una màquina capaç de millorar la situació, contactar amb proveïdors per aconseguir el material necessari, fabricar i muntar la màquina i realitzar el contacte amb empreses per aconseguir-ne la posterior comercialització.

### CONCLUSIONS GENERALS:

Dissenyar una màquina completament mecànica intentant recuperar mètodes de fabricació i conceptes que actualment estan en desús, genera reptes difícils d'assolir. Cal comentar que projectar un equip capaç de reconèixer, premsar, i donar una recompensa utilitzant elements elèctrics o electrònics hauria estat molt més senzill. Es creu, que la societat actual s'està refugiant en accés en aquets tipus d'aparells, els quals requereixen d'una font d'energia elèctrica, tenen un manteniment elevat i presenten una vida útil limitada. Amb el projecte de RC no només s'ha aconseguit una màquina

capaç d'ajudar el medi ambient promovent el reciclatge de llaunes, sinó que també s'ha demostrat i reivindicat l'eficàcia dels sistemes únicament mecànics.

L'Enciclopèdia.cat defineix l'enginyeria com "*l'aplicació pràctica de la ciència i la tecnologia*". Així doncs, no n'hi havia prou en realitzar un disseny en 3 dimensions, calia plasmar les idees i els mecanismes a la realitat. Durant aquest TFG, s'han destinat moltes hores i esforços en l'elaboració d'un prototip. Tot i això, aquest primera aproximació no només neix amb un afany de mostrar aquesta idea innovadora, sinó que també vol ser un objecte d'estudi, en definitiva, un banc de proves en continu.

Ja com a conclusions finals, es vol comentar l'acceptació positiva que ha tingut RC per entrar al mercat de recollida selectiva. Actualment, tal com s'ha explicat a l'apartat projecte d'empresa, s'està negociant amb diferents institucions per fer arribar RC al públic. Cal dir, que el fet de tractar-se d'un projecte totalment mecànic en cap cas ha suposat un impediment per els organismes interessats, ans el contrari, han valorat el prototip de manera molt positiva. Així doncs, s'ha pogut constatar que en algunes aplicacions concretes, fóra bo seguir el model d'enginyers de generacions passades, dissenyant màquines amb una vida útil llarga, poca freqüència de manteniment, i baixa despesa d'energia no renovable. En alguns casos, les respostes de les preguntes que ens planteja el futur les tenim en el passat.

#### TREBALLS FUTURS:

En treballs futurs, tal com s'ha comentat al llarg d'aquesta memòria, caldrà optimitzar diferents mecanismes per millorar el funcionament general i aconseguir una interacció idònia amb usuaris de diferents característiques. Sense cap dubte, el prototip construït jugarà un paper vital per aconseguir aquests objectius.

## Bibliografia

1. Retorna. *Cadaqués es el primer municipio del Mediterráneo con un Sistema de Retorno de envases* [en línia]. Cadaqués. [Consulta: 3 març 2017]. Disponible a: <<http://www.retorna.org/es/cadaquesretorna.html>>
2. Forbes México. *En 2017 podrás pagar en el transporte público con basura* [en línia]. Méxic. [Consulta: 3 març 2017]. Disponible a: <<https://www.forbes.com.mx/en-2017-podras-pagar-en-el-transporte-publico-con-basura/>>
3. El Periódico. *Retirados del espigón de la playa de Llevant 100 kilos de residus* [en línia]. Barcelona. [Consulta: 8 maig 2017]. Disponible a: <<http://www.elperiodico.com/es/noticias/barcelona/retirados-espigon-playa-llevant-barcelona-100--kilos-residuos-5113572>>
4. Vista print. *Sellos autoentintables*. [en línia]. [Consulta: 15 maig 2017]. Disponible a: <<http://www.vistaprint.es/sellos-de-caucho.aspx?couponAutoload=1&GP=06%2f04%2f2017+10%3a17%3a08&GPS=4415868907&GNF=1>>
5. Bar code. *Genere códigos de barras gratis online* [en línia]. [Consulta: 15 maig 2017]. Disponible a: <<http://barcode.tec-it.com/es>>
6. Arboricultura y Medioambiente. *La Importancia de Reciclar las LATAS y envoltorios de Aluminio* [en línia]. [Consulta: 4 febrer 2017]. Disponible a: <<http://www.arbolesymedioambiente.es/latas.html>>
7. Mas a tierra ecológico. *Latas de aluminio* [en línia]. [Consulta: 4 febrer 2017]. Disponible a: <<https://masatierraecologico.wordpress.com/2012/08/09/latas-de-aluminio/>>
8. Vida sostenible. *Sistemas de devolución, depósito y retorno de envases* [en línia]. [Consulta: 4 febrer 2017]. Disponible a: <<http://www.vidasostenible.org/informes/sistemas-de-devolucion-deposito-y-retorno-de-envases/>>
9. BOE. *Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados* [en línia]. [Consulta: 4 febrer 2017]. Disponible a: <<https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-13046-consolidado.pdf>>
10. Change. *Fomento del transporte público mediante el reciclaje* [en línia]. La Laguna [Consulta: 3 març 2017]. Disponible a: <<https://www.change.org/p/sociedad-fomento-del-transporte-p%C3%BAblico-mediante-el-reciclaje>>
11. Wikilibros. *Impactos ambientales/Fabricación de hierro y acero* [en línia]. [Consulta: 20 maig 2017]. Disponible a: <[https://es.wikibooks.org/wiki/Impactos\\_ambientales/Fabricaci%C3%B3n\\_de\\_hierro\\_y\\_acero](https://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Fabricaci%C3%B3n_de_hierro_y_acero)>

12. Universitat de girona. *Generalitats: l'impacte ambiental dels materials* [en línia]. [Consulta: 20 maig 2017]. Disponible a: <[http://www3.udg.edu/publicacions/vell/electroniques/Seminaris\\_de\\_Reciclatge/doc/01.pdf](http://www3.udg.edu/publicacions/vell/electroniques/Seminaris_de_Reciclatge/doc/01.pdf)>
13. Veoverde. *Reciclaje de acero* [en línia]. [Consulta: 20 maig 2017]. Disponible a: <<https://www.veoverde.com/2013/11/reciclaje-de-acero/>>