



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Enginyeria mecànica

Disseny d'un utilatge per fabricació additiva

Memòria

Martí Josep Vilà Ferré
PONENT: Sergio Morales Planas

PRIMAVERA 2024



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Resum

El present document és la memòria final pel treball de final de grau d'enginyeria mecànica i enginyeria electrònica industrial i automàtica, consistent en el disseny d'un utillatge per la seva futura fabricació mitjançant tecnologies additives, la selecció del robot adequat per operar-lo i el controlador lògic programable (PLC) amb el corresponent programa per gestionar la instal·lació, a més a més de tots els components necessaris per portar a terme el procés.

Resumen

El presente documento es la memoria final por el trabajo de final de grado de ingeniería mecánica e ingeniería electrónica industrial y automática, consistente en el diseño de un utillaje para su futura fabricación mediante tecnologías aditivas, la selección del robot adecuado para operarlo y el controlador lógico programable (PLC) con el correspondiente programa para gestionar la instalación, además de todos los componentes necesarios para llevar a cabo el proceso.

Abstract

This document is the final report for the final degree project of mechanical engineering and industrial and automatic electronic engineering, consisting of the design of a tool for its future manufacture using additive technologies, the selection of the appropriate robot to operate it and the programmable logic controller (PLC) with the corresponding program to manage the installation, in addition to all the necessary components to carry out the process.

Índex

Índex de figures	V
Índex de taules	VIII
Glossari de termes	IX
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte.....	1
1.4. Abast.....	1
1.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del TecnoCampus.....	2
2. Marc teòric.....	3
2.1. Normatives	3
2.1.1. Seguretat	3
2.1.2. PLCs i robots	3
2.1.3. Fabricació additiva	3
2.2. Fabricació additiva	4
2.2.1. Característiques diferencials de la fabricació additiva	5
2.2.2. Tecnologies de FA.....	8
2.2.3. Aplicacions de la Fabricació Additiva.....	10
2.3. Criteris de falla [6].....	11
2.4. Robots.....	13
3. Treball a realitzar.....	17
3.1. Punt de partida.....	17
3.1.1. Descripció del procés.....	17
3.1.2. Diagrama del procés	20
3.1.3. Temps d'operació	21

II

3.2.	Peça a tractar.....	22
3.2.1.	Variacions de la peça:.....	23
3.2.2.	Altres observacions sobre la peça:	26
4.	Propostes de solució	31
4.1.	Proposta ENICONT.....	31
4.1.1.	Descripció procés	31
4.2.	Proposta VLD.....	32
4.2.1.	Descripció del procés:	33
4.3.	Proposta TEKNICS	34
4.3.1.	Descripció del procés:	34
4.4.	Proposta estudiant TecnoCampus.....	35
5.	Requeriments generals per l'utilatge.....	37
5.1.	Requeriments mecànics	37
5.1.1.	Dades de l'arqueta grup 1	37
5.1.2.	Dades de l'arqueta grup 2.....	37
5.1.3.	Dades tapa grup 1	37
5.1.4.	Dades tapa grup 2	37
5.2.	Actuadors a l'utilatge	38
5.2.1.	Elements de subjecció	38
5.2.2.	Elements de tall	42
5.3.	Sensors a l'utilatge	47
6.	Procés de disseny.....	49
6.1.	Conjunt inicial	50
6.2.	Estudi de materials per al disseny.....	52
6.2.1.	Tecnologia de impressió.....	53
6.3.	Disseny a partir d'anàlisi topològic	55
6.3.1.	Geometria inicial	55

6.3.2.	Iteracions	58
6.3.3.	Iteració final.....	65
7.	Validació del disseny final	69
7.1.	Tall colada	70
7.2.	Subjecció tapa.....	72
8.	Selecció d'un robot per operar l'utillatge	75
8.1.	Selecció de proveïdor	75
8.2.	Selecció del robot	76
8.2.1.	Tipus de robot.....	76
8.2.2.	Selecció del model.....	76
9.	Procés de fabricació.....	83
9.1.	Fabricació de l'utillatge	83
10.	Pressupost.....	85
10.1.	Costos de matèria primera	85
10.2.	Pressupost final.....	88
11.	Anàlisi econòmic	91
11.1.	Situació actual	91
11.1.1.	Capacitat de producció	91
11.1.2.	Anàlisi de costos actuals	92
11.2.	Anàlisi de rendibilitat:	93
12.	Patents.....	94
12.1.	Patentabilitat	94
12.2.	Infracció de patents.....	94
13.	Impacte social i ambiental	95
14.	Perspectiva de gènere:	96
15.	Organització del treball	97
15.1.	Planificació	97

IV

15.2.	Gestió de riscos.....	99
15.3.	Seguiment.....	101
16.	Resultat final.....	103
17.	Conclusions i treball a futur.....	105
18.	Referències	107

Índex de figures

Figura 2-1: Il·lustració del procés de fabricació additiva; Font: [3].....	4
Figura 2-2: Il·lustració del procés de fabricació substractiva; Font: [3].	4
Figura 2-3: Il·lustració del procés de fabricació conformativa; Font: [3].	5
Figura 2-4: Costos de fabricació segons la tecnologia i les unitats produïdes; Font: [3].	5
Figura 2-5: Optimització d'una peça per reduir el seu pes; Font: [4].....	6
Figura 2-6: Peça dissenyada amb plug-in per a impressió 3D en SolidWorks; Font: [5]	6
Figura 2-7: Exemple d'us de materials amb diferent coloració per a la FA; Font: [3]; ...	7
Figura 2-8: Tecnologies de FA; Font: [3];	8
Figura 2-9: Robot Yumi d'ABB; Font: [7].....	13
Figura 2-10: Robot cartesià; Font: [8]	14
Figura 2-11: Robot Scara IRB 910SC d'ABB; Font: [7]	15
Figura 2-12: IRB 7720 (robot antropomòrfic); Font: [7]	16
Figura 3-1: Sortida de la màquina de injecció; Font: [9].....	17
Figura 3-2: Arqueta amb els canals separats; Font: [9]	18
Figura 3-3: Arqueta amb tapa per cargolar; Font: [9]	18
Figura 3-4: Etiqueta identificativa; Font: [9].....	18
Figura 3-5: Arquetes apilades al palet; Font: [9].....	19
Figura 3-6: Diagrama de procés; Font: pròpia.....	20
Figura 3-7: Vista dels runners de l'arqueta; Font: [9]	22
Figura 3-8: Tapes de l'arqueta; Font: [9].....	22
Figura 3-9: Variants del tipus d'arqueta; Font: [9].....	23
Figura 3-10: Arqueta amb canals resultants del procés d'injecció; Font: [9].....	26
Figura 3-11: Arqueta amb canals resultants del procés d'injecció; Font: [9].....	26
Figura 3-12: Secció del canal; Font: Pròpia	27
Figura 3-13: Vista lateral de les tapes; Font: Pròpia	28
Figura 3-14: Vista interior de l'arqueta; Font: Pròpia	28
Figura 3-15: Punts d'ancoratge de les tapes; Font: Pròpia	29
Figura 4-1: Renderitzat proposta ENICONT; Font: [9]	31
Figura 4-2: Renderitzat proposta VLD; Font: [9].....	32
Figura 4-3: Diagrama proposta VLD; Font: [9]	32
Figura 4-4: Diagrama proposta TEKNICS; Font: [9].....	34
Figura 5-1: Mordaça autocentrant de FESTO ref: 1163042; Font: [10]	38

Figura 5-2: Pines per modrdaça autocentrant de Festo ref:1180956; Font [10]	39
Figura 5-3: Joc màxim pels ancoratges de la tapa; Font: Pròpia	40
Figura 5-4: Cilindre compacte de FESTO ref:8076410; Font: [10]	41
Figura 5-5: Suport de subjecció de les tapes; Font: Pròpia	41
Figura 5-6: Simplificació runner de la colada; Font: Pròpia	42
Figura 5-7: Tensions per a una força de 100N; Font: Pròpia	43
Figura 5-8: Tensions per a una força de 100N amb límit de tracció marcat; Font: Pròpia	43
Figura 5-9: Tensions per a una força de 100N; Font: Pròpia	44
Figura 5-10: Tensions per a una força de 66N; Font: Pròpia	44
Figura 5-11: Paràmetres eina de càlcul festo; Font: Pròpia.....	45
Figura 5-12: Resultat amb les prestacions exactes sol·licitades; Font: Pròpia.....	46
Figura 5-13: Variant econòmica amb prestacions lleugerament inferiors a les sol·licitades; Font: Pròpia.....	46
Figura 5-14: Sensor capacitiu SEN0381; Font: [11]	47
Figura 5-15: Propietats del sensor capacitiu SEN0381; Font: [11].....	47
Figura 6-1: Conjunt suport + actuadors inicial; Font: Pròpia.....	50
Figura 6-2: Disseny inicial del suport; Font: Pròpia.....	51
Figura 6-3: Selecció de la tecnologia d'impressió en funció dels requeriments funcionals; Font: [13]	53
Figura 6-4: Geometria inicial emplenada; Font: Pròpia	55
Figura 6-5: Secció de la geometria inicial; Font: Pròpia	55
Figura 6-6: Anàlisi topològic.....	56
Figura 6-7: Segona iteració amb esforços augmentats; Font: Pròpia	56
Figura 6-8: Vista superior anàlisi topològic; Font: Pròpia	57
Figura 6-9: Proposta de peça de l'anàlisi topològic; Font: Pròpia	57
Figura 6-10: Tercera iteració del utilatge; Font: Pròpia	58
Figura 6-11: Esforços tercera iteració disseny; Font: Pròpia	59
Figura 6-12: Deformacions totals tercera iteració disseny; Font: Pròpia	59
Figura 6-13: Quarta iteració del disseny; Font: Pròpia.....	60
Figura 6-14: Esforços quarta iteració disseny; Font: Pròpia	60
Figura 6-15: Deformacions totals quarta iteració disseny; Font: Pròpia.....	61
Figura 6-16: Esforços quarta iteració disseny amb PA12; Font: Pròpia	62
Figura 6-17: Deformacions totals quarta iteració disseny amb PA12; Font: Pròpia.....	62

Figura 6-18: Quarta iteració disseny, vista lateral; Font: Pròpia.....	63
Figura 6-19: Deformacions totals cinquena iteració disseny; Font: Pròpia.....	64
Figura 6-20: Deformacions totals cinquena iteració amb tapes només; Font: Pròpia....	64
Figura 6-21: Iteració final; Font: Pròpia.....	65
Figura 6-22: Iteració final; Font: Pròpia.....	65
Figura 6-23: Iteració final; Font: Pròpia.....	66
Figura 6-24: Iteració final; Font: Pròpia.....	66
Figura 6-25: Deformacions totals iteració final; Font: Pròpia.....	67
Figura 6-26: Factor de seguretat iteració final; Font: Pròpia.....	67
Figura 7-1: Geometria d'anclatge al robot; Font: Pròpia	69
Figura 7-2: Esforços tall colada; Font: Pròpia.....	70
Figura 7-3:Deformacions tall colada; Font: Pròpia	70
Figura 7-4: Coeficient de seguretat iteració final; Font: Pròpia	71
Figura 7-5: Esforços subjecció tapes; Font: Pròpia	72
Figura 7-6: Deformacions subjecció tapes; Font: Pròpia	72
Figura 7-7: Factor de seguretat subjecció tapes; Font: Pròpia.....	73
Figura 8-1: Instal·lacions d'ABB a Sant Quirze; Font [7].	76
Figura 8-2: Esquema robot de 6 eixos; Font: [15].....	77
Figura 8-3: Centre de massa de l'utilatge; Font: Pròpia.....	78
Figura 8-4: Distància al centre de coordenades del punt d'ancoratge; Font: Pròpia.....	78
Figura 8-5: Diagrama de càrrega IRB 2400/16; Font: [16].....	79
Figura 8-6: Diagrama amb barres marcades conjunt robot – utilatge; Font: Pròpia.	80
Figura 8-7: Diagrama amb barres marcades conjunt robot – utilatge; Font: Pròpia.	81
Figura 9-1: Dimensions cos utilatge; Font: Pròpia.....	83
Figura 9-2: Dimensions cos utilatge; Font: Pròpia.....	83
Figura 9-3: Dimensions cos utilatge; Font: Pròpia.....	84
Figura 16-1: Vista de la solució final; Font: Pròpia	103
Figura 16-2: Vista de la solució final; Font: Pròpia	103
Figura 16-3: Vista de la solució final; Font: Pròpia	104
Figura 16-4: Vista de la solució final; Font: Pròpia	104

Índex de taules

Taula 3-1: Resum de temps d'operacions; Font: Pròpia.....	21
Taula 3-2: Dimensions aproximades arqueta; Font: Pròpia	24
Taula 3-3: Pes arqueta i tapa; Font: Pròpia	25
Taula 5-1: Propietats mecàniques PVC; Font: Pròpia	42
Taula 6-1: Materials per la impressió 3D; Font: [12].....	52
Taula 6-2: Materials per la impressió 3D; Font: [12].....	52
Taula 6-3: Característiques volumètriques y de precisió de les tecnologies d'impressió; Font: [13].....	54
Taula 6-4: Propietats mecàniques Nailon 101; Font: [14];.....	54
Taula 6-5: Propietats PA12	61
Taula 8-1: Esforços màxims en la direcció de gir dels eixos crítics; Font: [16].	80
Taula 9-1: Impressores i empreses al mercat adequades per a la impressió de l'utilatge; Font: Pròpia.	84
Taula 10-1: Components pneumàtics	85
Taula 10-2: PLC-Actuadors-Sensors; Font: Pròpia.....	86
Taula 10-3: Altres materials; Font: Pròpia	87
Taula 10-4: Pressupost – Capítol 1; Font: Pròpia.....	88
Taula 10-5: Pressupost – Capítol 2; Font: Pròpia.....	88
Taula 10-6: Pressupost – Capítol 3; Font: Pròpia.....	88
Taula 10-7: Resum pressupost.....	89
Taula 11-1: Temps de cycle per model d'arquetes; Font: [9]	91
Taula 11-2: Rendibilitat a 5 anys del projecte; Font: Pròpia.....	93
Taula 15-1: Durada del projecte i activitats; Font: Pròpia.....	97
Taula 15-2:Planificació en detall; Font: Pròpia.....	99
Taula 15-3: Riscos en la fase de preparació; Font: Pròpia	99
Taula 15-4: Riscos en la fase d'implementació; Font: Pròpia.....	100

Glossari de termes

Algorisme: Conjunt d'instruccions definides per realitzar una tasca o resoldre un problema.

CAD (Computer Aided Design): Disseny assistit per ordinador.

CPU (Central Processing Unit): Unitat central de processament en un sistema informàtic.

FA (Fabricació Aditiva): Procés de fabricació que crea objectes afegint capa rere capa de material.

FDM (Fused Deposition Modeling): Tècnica de fabricació additiva que extruïx filament de plàstic fos capa per capa per formar l'objecte desitjat.

FDS: Factor de Seguretat

Feedback: Retroalimentació, procés d'ajustar la sortida d'un sistema basat en el seu rendiment.

Firmware: Programari específic del maquinari que proporciona control bàsic i funcionalitat.

HMI (Human Machine Interface): Interfície que permet la interacció entre l'operador i la màquina.

IA: Intel·ligència artificial

ISO (International Organization for Standardization): Organització internacional que desenvolupa i publica estàndards internacionals.

Memòria RAM (Random Access Memory): Memòria d'accés aleatori utilitzada per emmagatzemar dades temporals.

MJ (Material Jetting): Diposita capes de tinta fotosensible mitjançant uns capçals similars als d'una impressora 2D tradicional.

MJT (Material Jetting Technology): Diposició de tinta que facilita l'absorció de llum infraroja per fusionar el material.

X

MJT (Material Jetting Technology): Tecnologia de fusió de material on el material es fusiona capa a capa mitjançant un procés de deposició controlada.

PLC (Programmable Logic Controller): Ordinador digital utilitzat per l'automatització de processos electromecànics.

RM: Rapid Manufacturing

RP: Rapid Prototyping

RT: Rapid Tooling

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): Sistema de supervisió i adquisició de dades.

SLA (Stereolithography): Tecnologia de fabricació additiva que utilitza un làser per curar resina líquida en objectes sòlids.

SLS (Selective Laser Sintering): Tecnologia de fusió de pols que utilitza un làser per fondre selectivament àrees d'un llit de pols capa a capa fins a obtenir la peça.

1. Objectius

1.1. Propòsit

Aquest treball es centra en el disseny d'un utilatge per automatitzar el procés ja existent de tall i retirada de la colada d'una peça d'injecció, juntament amb la selecció del robot necessari per poder dur a terme la operació des d'un punt de vista mecànica. La peça fabricada per una empresa del grup Fluidra es processa de forma manual i es vol automatitzar les tasques de baix valor afegit per destinar als recursos humans en tasques més complexes.

1.2. Finalitat

La finalitat es obtenir un utilatge amb la millor relació de prestacions i pes reduït. Per poder fer-ho s'optimitzarà l'utilatge per fer servir mètodes de fabricació ideals per tirades curtes, com és la fabricació additiva, utilitzant geometries complexes i eficients.

1.3. Objecte

L'objecte del treball es l'utilatge amb tots els complements necessaris com són els elements de subjecció o els elements pneumàtics, així com el robot en que anirà subjecte aquesta peça.

1.4. Abast

El projecte contempla el disseny d'un utilatge fet amb fabricació per poder retirar la colada d'una línia de producció d'arquetes de jardí produïdes per injecció i col·locar la tapa que li correspon.

Dins d'aquestes arquetes hi ha diferents models que s'han agrupat en 2 grups dimensionals, l'utilatge dissenyat es correspon a només 1 dels grups dimensionals tenint en compte els requeriments mecànics més elevats de cada part de l'assemblatge.

L'utilatge disposa de tots els sensors i actuadors necessaris per tal de realitzar degudament les operacions, així com la selecció d'un robot adequat per poder dur a terme totes les operacions de forma satisfactòria.

Únicament s'ha contemplat la realització de la memòria tècnica amb els seus deguts annexos, però resta fora de l'abast l'entrega de cap tipus de prototip.

1.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del TecnoCampus.

Aquest treball de recerca integra coneixements de diferents àmbits. Vertebrant-se en l'assignatura de fabricació additiva per assentar la base teòrica del treball així com per enfocar degudament el procés de disseny. Pel que fa a tot el procés iteratiu i d'optimització l'assignatura de modelització i simulació té un pes molt elevat.

Per la selecció del robot han jugat un paper important les assignatures de robòtica i validació i assaig de màquines, en quan a quin és el millor model, i com es comportarà davant de les diferents càrregues aplicades.

Per últim, com a component integrador de totes les disciplines estan les assignatures de gestió de projectes 1 i 2, que han proporcionat una base metodològica durant tot el procés.

2. Marc teòric

A aquest capítol es revisarà els antecedents teòrics que son d'importància pel desenvolupament del treball.

S'iniciarà amb una revisió de les normatives a tenir en compte, seguidament es parlarà de la fabricació additiva i com encaixa al context industrial, així com un anàlisi de les diferents tecnologies i alguns exemples d'aplicacions.

2.1. Normatives

Dins d'aquest apartat, es realitzarà una revisió de la normativa necessària per tal de poder implementar el projecte amb seguretat i d'acord amb els estàndards d'una planta de producció.

2.1.1. Seguretat

- ISO 12100:2010 Seguretat de les màquines – Principis generals de disseny – Avaluació del risc i reducció del risc [1]
- ISO 13849-1:2015 - Seguretat dels sistemes de control relacionats amb la seguretat - Part 1: Principis generals de disseny: [1]
- ISO 13849-2:2012 - Seguretat dels sistemes de comandament relacionats amb la seguretat - Part 2: Validació: [1]

2.1.2. PLCs i robots

- ISO 10218-1:2011 - Robots i dispositius robòtics - Requisits de seguretat per a robots industrials - Part 1: Robots.
- ISO 10218-2:2011 - Robots i dispositius robòtics - Requisits de seguretat per a robots industrials - Part 2: Sistemes i integració.
- UNE-EN 61131-1:2004 Autòmats programables. Parte 1

2.1.3. Fabricació additiva

- UNE-CEN/TR/ISO/ASTM 52912:2020 - Fabricación aditiva. Diseño. Fabricación aditiva con gradiente funcional
- UNE-EN ISO/ASTM 52911-2:2020: Fabricación aditiva. Diseño. Parte 2: Fusión láser de lecho de polvo de polímeros. (ISO/ASTM 52911-2:2019).

2.2. Fabricació additiva

La fabricació additiva consisteix en una forma de fabricació centrada en l'addició de capes de material (Figura 2-1), en contrast de les tècniques tradicionals que es centren en la fabricació substractiva (mecanitzats i altres tècniques en que s'arranca material de la peça, tal i com es veu a la Figura 2-2) i la conformativa (generalment injecció d'un material dins d'un motlle, il·lustrat a la Figura 2-3).

Tot i que aquesta tecnologia ha agafat rellevància durant la última dècada, es un concepte que existeix des de fa gairebé 40 anys, encara que en aquell moment es coneixia per la denominació d'estereolitografia (SLA), al any 1984 Chuck Hull registra la primera patent sobre aquesta tecnologia [2].

Aquesta tecnologia ha agafat rellevància en els últims anys degut a la reducció de costos de la tecnologia i la democratització d'aquesta, combinat amb l'aparició de diferents tipus de tecnologies dins d'aquest global, sent la més coneguda dins del consumidor comú la FDM.

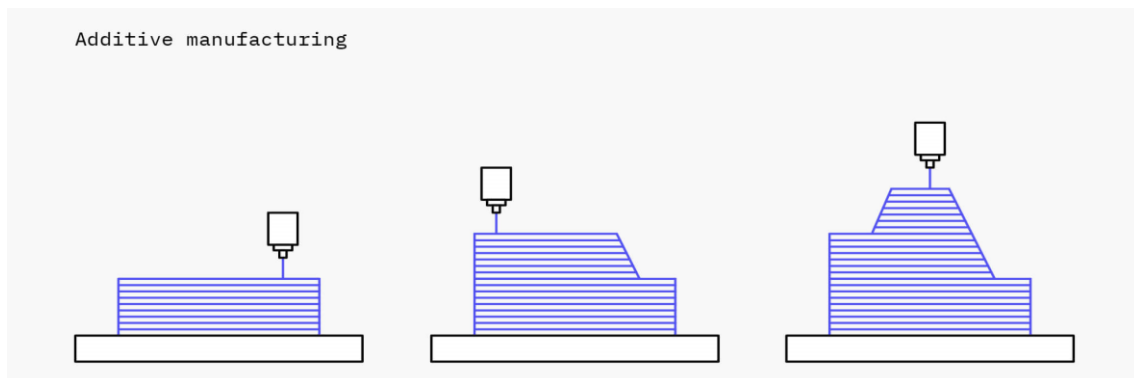


Figura 2-1: Il·lustració del procés de fabricació additiva; Font: [3].

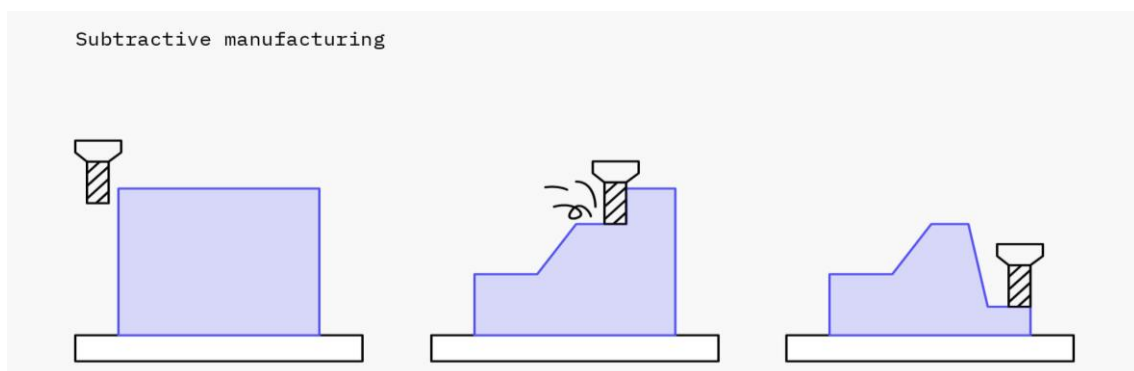


Figura 2-2: Il·lustració del procés de fabricació substractiva; Font: [3].

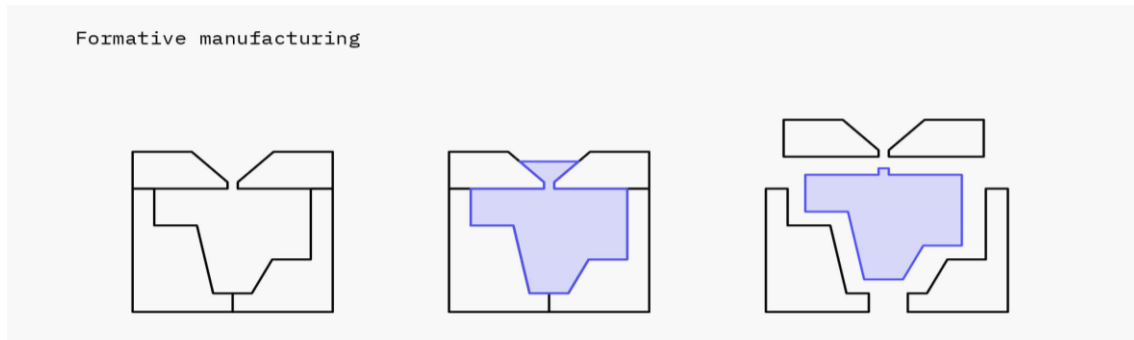


Figura 2-3: Il·lustració del procés de fabricació conformativa; Font: [3].

Aquestes tecnologies tenen diferents escalabilitats, i principalment, en funció del nombre de peces produïdes s'escollirà una o una altre, tal i com es veu a la Figura 2-4.

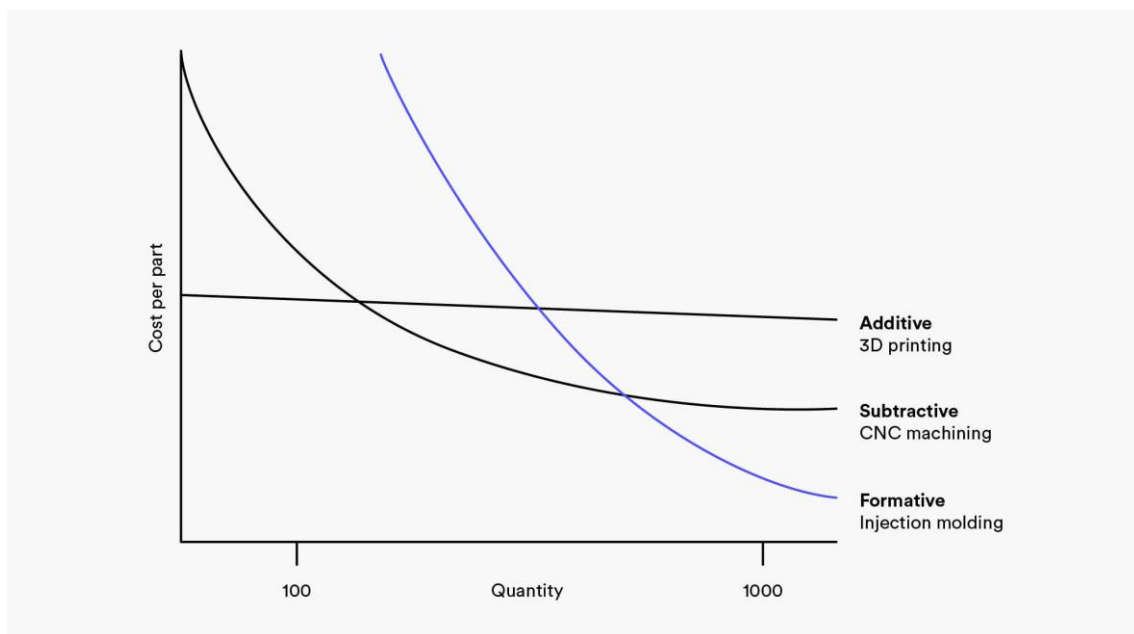


Figura 2-4: Costos de fabricació segons la tecnologia i les unitats produïdes; Font: [3].

2.2.1. Característiques diferencials de la fabricació additiva

L'element diferencial de la fabricació additiva, com ja s'ha esmentat, es que es realitza per l'addició de capes de material. Això ha suposat una revolució en quant a limitacions de disseny, ja que permet la implementació de geometries que serien gairebé impossibles amb mètodes de fabricació tradicionals, així com una reducció del temps des del disseny d'una peça fins a la seva materialització.

A nivell tècnic, la FA permet una reducció del pes de les diferents peces o conjunts gràcies a la optimització de les geometries utilitzades.



Figura 2-5: Optimització d'una peça per reduir el seu pes; Font: [4].

En la mateixa línia, permet que es puguin realitzar productes amb una millor ergonomia degut a aquesta facilitat per implementar geometries complexes (per referència, una peça tradicional es realitza traçant formes geomètriques definides, conegudes i correctament referenciades, pel contrari, si la peça té com a finalitat ser impresa en 3D, alguns programes permeten un dibuix tipus escultura o per núvols de punts).

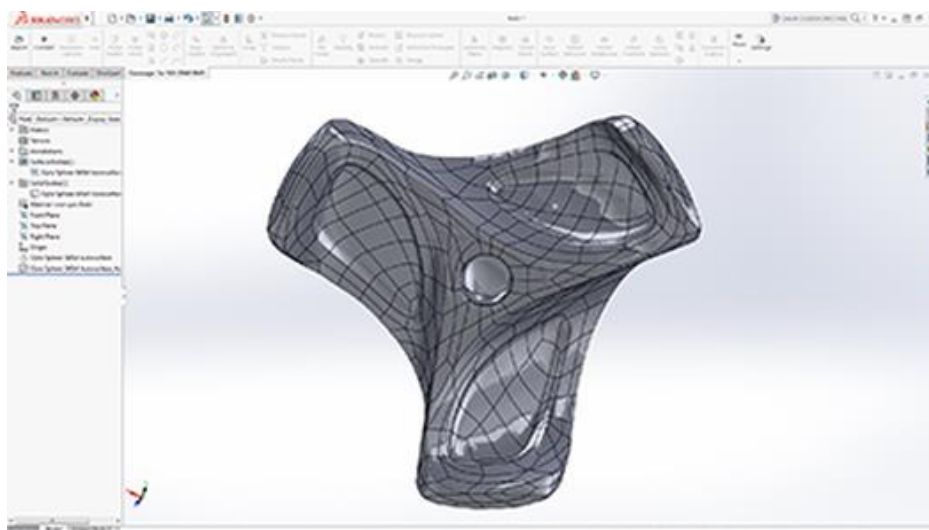


Figura 2-6: Peça dissenyada amb plug-in per a impressió 3D en SolidWorks; Font: [5]

Algunes de les tecnologies d'impressió 3D permeten utilitzar múltiples materials amb característiques i colors diferents, aquests s'utilitzen per realitzar maquetes especialment al sector mèdic.

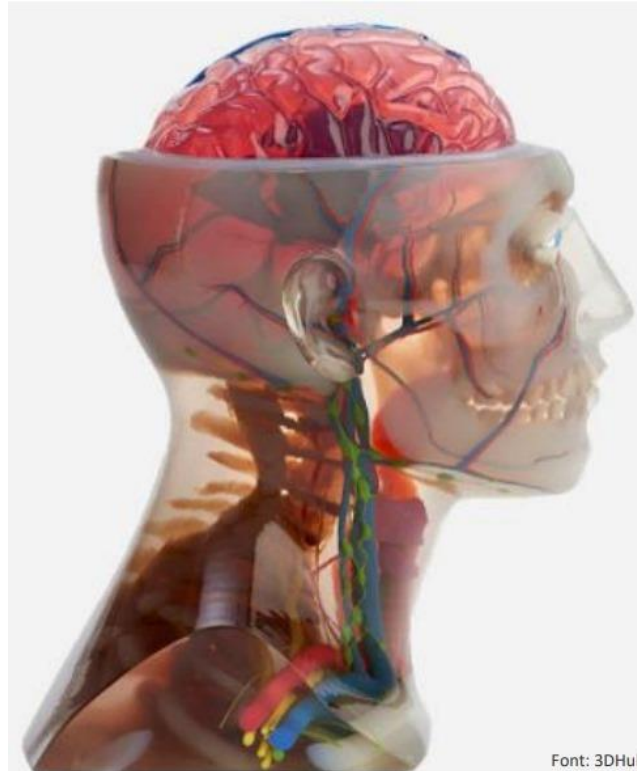


Figura 2-7: Exemple d'us de materials amb diferent coloració per a la FA; Font: [3];

2.2.2. Tecnologies de FA

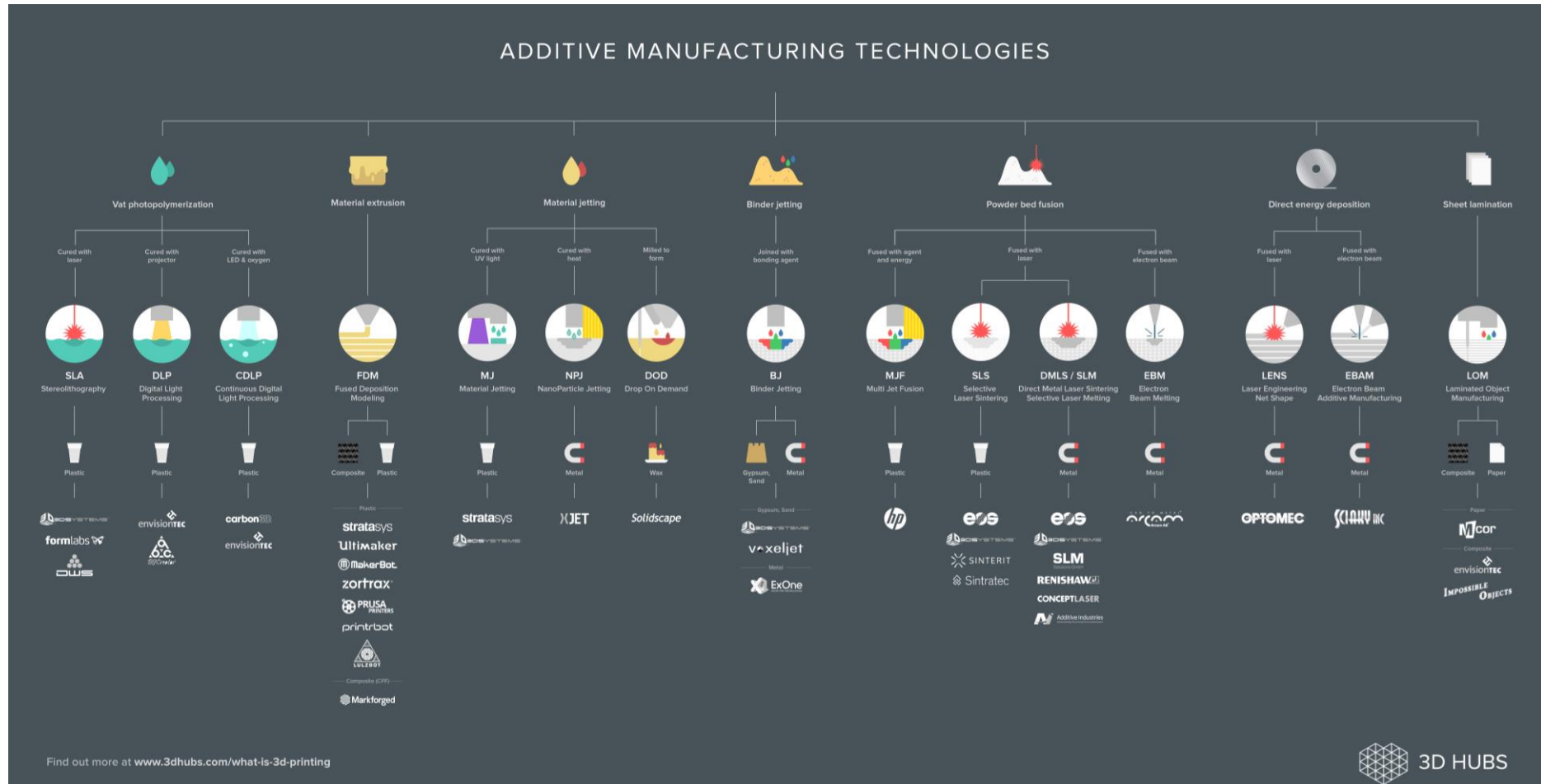


Figura 2-8: Tecnologies de FA; Font: [3];

Cada tecnologia d'impressió presenta avantatges i inconvenients, així com limitacions a l'hora de fabricar peces.

- Extrusió de material:
- Fusió de llits de pols (polímers): Es una família de tecnologies de que basa en fer llits de polímers en pols que es fonen capa a capa per formar la peça. Es una bona opció per a prototipatge amb polímers i petites produccions. Degut a la forma d'impressió dona una llibertat de disseny molt alta, així com bones propietats mecàniques.
 - SLS: En aquest tecnologia concreta un làser va fonent de forma selectiva àrees d'aquest llit de pols capa a capa fins a obtenir la peça.
 - MJT: La fusió del material en aquest cas es fa mitjançant el dipòsit de tinta que facilita la absorció de llum infraroja, encarregada de fer la fusió del material.
- MJ o PJ: Funciona dipositant capes de tinta fotosensible mitjançant uns capçals similars als de una impressora 2D tradicional, que després es curen utilitzant UV.
- BJ: Es una família de procés que es centra en dipositar selectivament un aglomerant sobre un llit de pols per formar superfícies solides. Es sol utilitzar amb materials ceràmics, metalls o sorra que venen en forma granular.
- Fusió de llits de pols (metalls).

2.2.3. Aplicacions de la Fabricació Additiva

Les aplicacions de la FA son diverses, però en termes generals es pot fer un primer cribatge al número com s'ha esmentat anteriorment, totes aquelles aplicacions en que s'han de realitzar unes poques unitats fan que la tecnologia sigui molt competitiva.

Aquestes son:

- **Prototipatge:** El prototipatge sol consistir en la materialització d'una, o unes poques unitats d'un disseny per tal d'estudiar-lo des del pla físic, abans d'entrar a l'etapa de comercialització.
 - Prototips α :
 - Prototips β :
- **Sector aeroespacial:** Al sector aeroespacial, el nombre d'unitats fabricades es molt reduït (a vegades les peces són úniques), i aquestes han de ser extremadament lleugeres, per les dificultats logístiques de posar en orbita cada kg de material, i al mateix temps complir amb uns requeriments mecànics molt elevats, motiu pel qual certes peces han d'eliminar el màxim material possible sense comprometre el rendiment d'aquestes.
- **Competició:** Al món de la competició, sense haver-hi el handicap logístic, es segueix buscant el major rendiment amb el menor pes possible.
- **Sector mèdic:** La manufactura additiva ha permès la creació de pròtesis que s'adaptin a la fisiologia de cada individu de forma exacte, i actualment s'està treballant en la fabricació d'òrgans biocompatibles.
- **Manteniment:** Aquesta tecnologia permet reduir molt els costos i la dificultat d'obtenir recanvis, especialment d'equips descatalogats, ja que el propi usuari pot replicar la peça necessària per una inversió en temps i cost molt reduïts.
- **Dissenys industrials personalitzats:** Certes indústries requereixen d'utillatges o elements per aplicacions concretes dels quals s'han de fabricar unes poques unitats.

2.3. Criteris de falla [6]

Els criteris de falla mecànics són eines utilitzades per determinar si un material sotmès a esforços externs fallarà o no. Aquests criteris es basen en diferents hipòtesis i són aplicables a diferents tipus de materials i situacions. Els principals criteris de falla són:

- Criteri de falla per tensió màxima: Un material falla quan la tensió màxima en qualsevol direcció principal supera la tensió màxima admissible del material.
 - Aplicació: És adequat per a materials fràgils que fallin per trencament net, com la ceràmica o el vidre.
 - Limitacions: No és adequat per a materials dúctils perquè no considera els efectes combinats de les tensions en diferents direccions.
- Criteri de falla per deformació màxima: Un material falla quan la deformació màxima en qualsevol direcció principal supera la deformació màxima admissible del material.
 - Aplicació: Utilitzat principalment per a materials fràgils.
 - Limitacions: No té en compte la interacció entre les deformacions en diferents direccions.
- Criteri de falla de Mohr-Coulomb: El criteri de Mohr-Coulomb es basa en la hipòtesi que la falla d'un material es produeix quan la tensió de tall en un pla qualsevol dins del material arriba a una combinació crítica de tensió normal i tensió de tall.
 - Aplicació: Especialment en estudis geotècnics
 - Limitacions: Assumpció lineal, la qual pot ser poc precisa en condicions extremes, no adequat per a materials dúctils i comportament simplificat del material.
- Criteri de falla per esforç tallant màxim (Tresca): Un material falla quan l'esforç de tall màxim en qualsevol punt del material supera la resistència a l'esforç de tall màxim del material.
 - Aplicació: Utilitzat per a materials dúctils.
 - Limitacions: Encara que és més adequat que els criteris anteriors per a materials dúctils, no sempre prediu amb precisió la falla sota combinacions complexes d'esforços.

- Criteri de falla de von Mises: Hipòtesi: Un material falla quan l'energia de deformació de distorsió (energia acumulada a causa de les deformacions en diverses direccions) supera un límit crític característic del material.
 - Aplicació: És especialment adequat per a materials dúctils.
 - Avantatges: Aquest criteri considera les tensions en totes les direccions i proporciona una predicció més precisa de la falla en materials dúctils sota càrregues combinades. És molt utilitzat en l'anàlisi d'estructures metàl·liques i components mecànics on les càrregues complexes són comunes.

El criteri de von Mises es basa en la hipòtesi que la falla d'un material està relacionada amb l'energia de deformació de distorsió. Això implica que té en compte l'efecte combinat de les tensions en totes les direccions principals, oferint una predicció més completa i precisa de la resistència del material. A diferència d'altres criteris que només consideren tensions màximes en una sola direcció, von Mises pot gestionar situacions on els esforços són complexos i multidireccionals, com és possible que es doni en l'aplicació concreta d'aquesta memòria.

També és molt útil per la seva precisió i la seva capacitat de proporcionar una anàlisi robusta sota condicions de càrrega complexes, el criteri de von Mises és àmpliament acceptat i utilitzat en el disseny i anàlisi d'estructures i components mecànics en diverses indústries, incloent l'aeroespacial, automoció i construcció.

2.4. Robots

- Robots Col·laboratius (Cobots): Els robots col·laboratius, o cobots, estan dissenyats per treballar al costat dels humans en entorns compartits. Aquests robots són equipats amb sensors avançats i tecnologies de seguretat per evitar accidents i facilitar la interacció segura amb els operadors humans.
 - Avantatges:
 - Seguretat: Els cobots tenen sensors i programari de seguretat que els permeten detectar la presència humana i reduir la seva velocitat o aturar-se si és necessari.
 - Flexibilitat: Són fàcils de programar i reprogramar, la qual cosa els permet ser utilitzats per a diverses tasques sense necessitar grans canvis en la configuració.
 - Cost: Sovint tenen un cost inicial més baix (en especial per la falta de una infraestructura de seguretat en el seu entorn) i costos de manteniment reduïts en comparació amb robots industrials tradicionals.
 - Espai: Els cobots solen ser més compactes i poden ser instal·lats en espais reduïts.
 - Inconvenients:
 - Capacitat de Càrrega: Generalment tenen una capacitat de càrrega limitada, el que els fa menys adequats per a tasques que requereixen aixecar objectes pesants.
 - Velocitat: La velocitat de treball és menor per garantir la seguretat, la qual cosa pot disminuir la productivitat en tasques de gran volum.



Figura 2-9: Robot Yumi d'ABB; Font: [7]

- Robots Cartesians: Els robots cartesians, també coneguts com a robots de coordenades rectangulars o robots de coordenades lineals, es mouen en eixos lineals X, Y i Z. Són molt utilitzats en aplicacions que requereixen moviments precisos i repetitius.
 - Avantatges:
 - Precisió: Proporcionen una alta precisió i repetibilitat, ideals per a tasques com el mecanitzat, la soldadura i el tall.
 - Facilitat de Programació: La seva estructura lineal simplifica la programació i el control.
 - Cost: Sovint són més econòmics que altres robots més complexos.
 - Inconvenients:
 - Flexibilitat: Estan limitats a moviments lineals i no poden realitzar tasques que requereixen moviments més complexos.
 - Espai: La seva estructura requereix un espai considerable, ja que les guies lineals ocupen molt lloc.

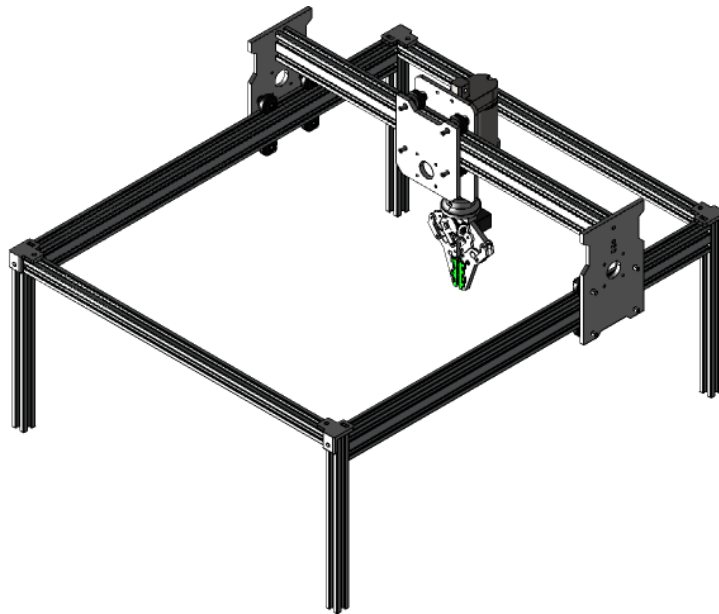


Figura 2-10: Robot cartesià; Font: [8]

- Robots SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm): Els robots SCARA són robots articulats que es mouen en un pla horitzontal, amb un grau de flexibilitat vertical limitada. Són ideals per a tasques de muntatge, embalatge i manipulació de materials petits.
 - Avantatges:
 - Velocitat: Molt ràpids i eficients per a tasques de muntatge d'alta velocitat.
 - Precisió: Ofereixen una alta precisió i repetibilitat en moviments en el pla horitzontal.
 - Estabilitat: Dissenyats per ser rígids en el pla vertical però complaents en el pla horitzontal, ideals per a inserció de components.
 - Inconvenients:
 - Limitació de Moviments: No són adequats per a tasques que requereixen moviments complexos en múltiples plans.
 - Aplicacions Específiques: Són més especialitzats i poden no ser tan versàtils com altres robots industrials.



Figura 2-11: Robot Scara IRB 910SC d'ABB; Font: [7]

- Robots Antropomòrfics (Braços Robòtics): Els robots antropomòrfics, o braços robòtics, imiten l'estructura i els moviments d'un braç humà, amb diversos graus de llibertat que els permeten realitzar moviments complexos en múltiples direccions.
 - Avantatges:
 - Flexibilitat: Extremadament versàtils, poden ser programats per a una àmplia gamma de tasques des de soldadura fins a pintura i manipulació de materials.
 - Capacitat de Càrrega: Disponibles en diverses capacitats de càrrega, des de tasques lleugeres fins a aixecament de components pesants.
 - Moviments Complexos: Poden realitzar moviments complexos gràcies als seus múltiples eixos de moviment.
 - Inconvenients:
 - Cost: Pot ser molt costós, especialment els models d'alta capacitat i precisió, a més a més per la necessitat d'una infraestructura de seguretat al seu entorn
 - Programació: Requereixen una programació sofisticada i manteniment especialitzat.



Figura 2-12: IRB 7720 (robot antropomòrfic); Font: [7]

3. Treball a realitzar

3.1. Punt de partida

Per poder realitzar la proposta d'implementació, l'empresa ha facilitat contingut audiovisual per poder analitzar el procés, així com els dissenys CAD de les peces a tractar.

3.1.1. Descripció del procés

L'àrea de treball a millorar comença a la sortida de la màquina de injecció, quan un robot retira l'arqueta amb la colada i la deposita sobre una cinta transportadora, tal i com s'aprecia a la Figura 3-1.



Figura 3-1: Sortida de la màquina de injecció; Font: [9]

Nota important, es que la operació de deixar l'arqueta sobre la cinta està totalment automatitzada, amb la qual cosa, es coneix la orientació de l'objecte al inici del procés.

A partir d'aquest punt, surt de la cinta i un treballador realitza una inspecció visual, si aquesta és satisfactòria, es procedeix a retirar tots els canals resultants de la injecció.



Figura 3-2: Arqueta amb els canals separats; Font: [9]

Seguidament es col·loca una tapa sobre aquesta arqueta amb una orientació específica, es col·loca un cargol a la única ranura que hi ha i es cargola mitjançant un tornavís elèctric.



Figura 3-3: Arqueta amb tapa per cargolar; Font: [9]

Seguidament es posa una etiqueta identificativa al lateral i s'apila a un palet.



Figura 3-4: Etiqueta identificativa; Font: [9]



Figura 3-5: Arquetes apilades al palet; Font: [9]

3.1.2. Diagrama del procés

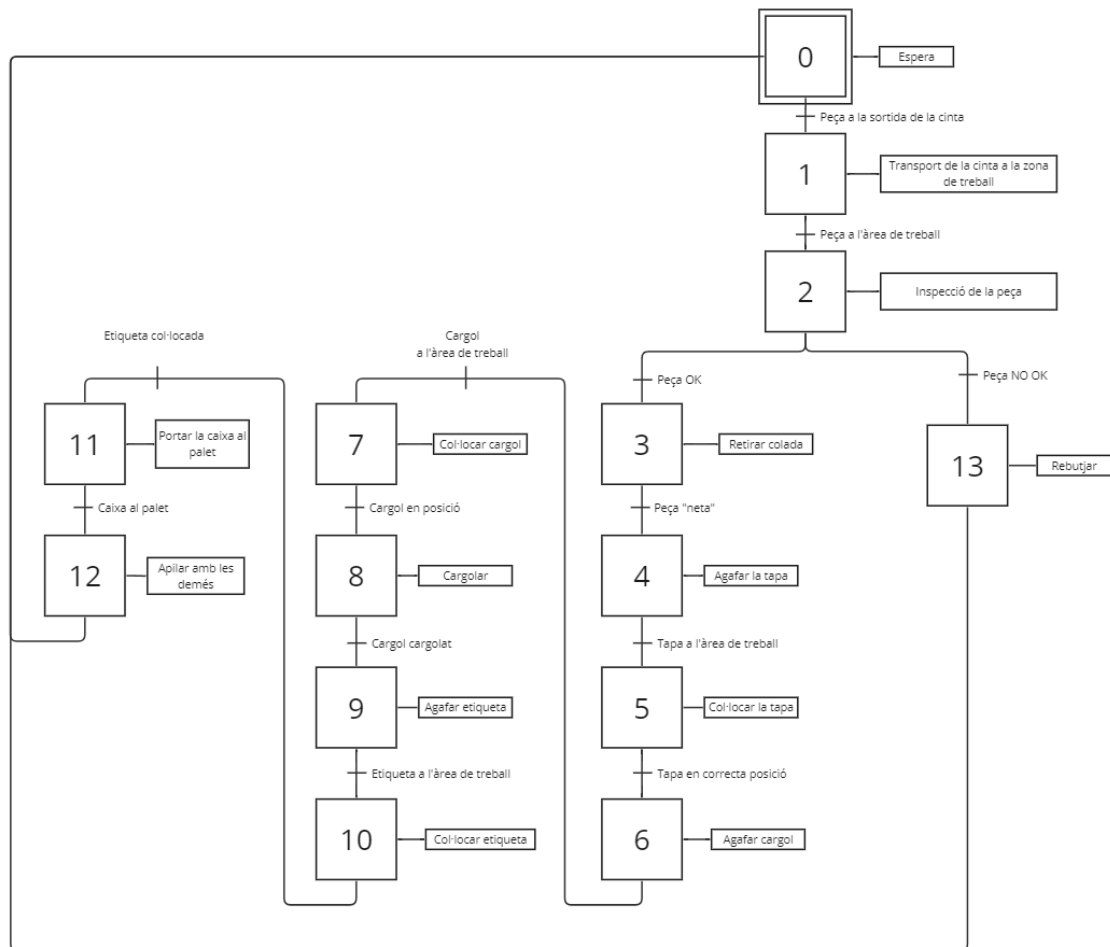


Figura 3-6: Diagrama de procés; Font: pròpia

3.1.3. Temps d'operació

Nº de operació	Nom de la operació	Temps (s)	Anotacions
1	Transport de la cinta a la zona de treball	3	
2	Inspecció	15	
3	Retira colada	7	
4	Agafar la tapa	4	
5	Col·locar la tapa	3	Possibilitat de col·locar malament la orientació de la tapa
6	Agafar cargol	3	
7	Col·locar cargol	2	
8	Cargolar	4	
9	Agafar etiqueta	3	
10	Col·locar etiqueta	2	Possibilitat de col·locar l'etiqueta del revés
11	Portar la caixa al palet	3	
12	Apilar amb les demés	2	Depenent quant gran sigui la pila, possibilitat d'incident
TOTAL:		60	Si la peça està bé
13	Rebutjar	5	
TOTAL:		23	Si la peça no està bé

Taula 3-1: Resum de temps d'operacions; Font: Pròpia

Hi ha operacions de les quals no es disposa informació detallada, amb la qual cosa s'ha realitzat un exercici pràctic de repetició per estimar els possibles temps.

Les cel·les de la Taula 3-1 destacades en groc són les operacions sobre les quals s'implementa la automatització del procés.

3.2. Peça a tractar

La peça a tractar en qüestió és el resultat d'un procés d'injecció de plàstic d'una única peça. Degut a les dimensions de la peça a fabricar, s'injecten d'una en una i obtenim la peça amb diversos runners (8) amb la zona d'unió amb la peça més fina per tal de facilitar la seva retirada, tal i com s'observa a la Figura 3-7



Figura 3-7: Vista dels runners de l'arqueta; Font: [9]

Un cop retirats, resta una arqueta que no és simètrica, amb un punt per cargolar-hi un cargol i així subjectar una de les tapes que s'observen a la Figura 3-8.



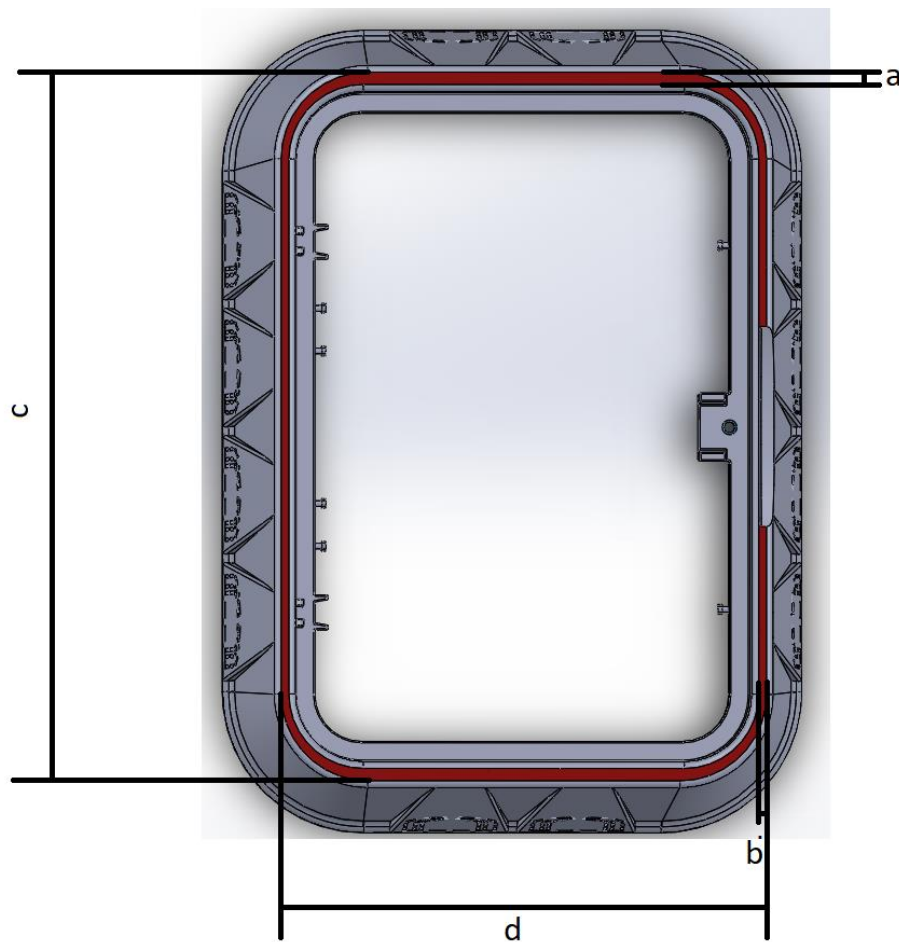
Figura 3-8: Tapes de l'arqueta; Font: [9]

3.2.1. Variacions de la peça:

Dins del tipus de peça, es presenten diferents variants (en l'aspecte dimensional), que suposen una condició al disseny.



Figura 3-9: Variants del tipus d'arqueta; Font: [9]



Model	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)
02674	1,51	1,55	391,46	263,54
02675	9,26	5,76	529,78	362,78
07777	9,26	5,76	529,78	362,75
33002A	6	6	390	264
33003A	16,26	16,26	537,42	375,42
34583	10,64	10,76	540,58	368,82
112603RB	3,38	3,38	393,23	265,23
116204RB	16,26	16,26	537,42	375,42

Taula 3-2: Dimensions aproximades arqueta; Font: Pròpia

Pes de cadascuna de les parts del conjunt de l'arqueta i la tapa:

Model	Massa (kg)		Grup
	Arqueta	Tapa	
02674	3,891	1,777	1
02675	4,759	2,827	2
07777	3,710	-	2
33002A	4,465	1,774	1
33003A	6,440	-	2
34583	2,595		2
112603RB	4,046	1,801	1
116204RB	6,483	2,551	2

Taula 3-3: Pes arqueta i tapa; Font: Pròpia

3.2.2. Altres observacions sobre la peça:

Material sobrant del procés d'injecció:

Com als arxius CAD proporcionats no hi ha els canals resultants del procés d'injecció tal i com s'observa a la Figura 3-10; es farà un modelat CAD sobre l'arqueta



Figura 3-10: Arqueta amb canals resultants del procés d'injecció; Font: [9]



Figura 3-11: Arqueta amb canals resultants del procés d'injecció; Font: [9]

Per tant, es realitzarà una estimació en base als recursos audiovisuals obtinguts per poder definir el gruix de la d'unió marcada a la Figura 3-11. La imatge correspon al model d'arqueta 02674.



Figura 3-12: Secció del canal; Font: Pròpia

Com s'observa a la comparativa visual, la secció lateral del canal es correspon a 1/3 de la part interna de la zona de subjecció. I aquesta, mesurada sobre el model CAD té una longitud de 23mm.

Per tant podríem estimar l'amplada en 7mm, però per assegurar que l'eina serà capaç de trencar la secció es tindrà en consideració l'amplada de la secció com a 8mm.

Pel que fa l'espessor, ningun dels mitjans proporcionats dona una perspectiva precisa d'aquest, tot i així, s'estima en aproximadament 2mm pel observat en diferents mitjans audiovisuals.

Col·locació de les tapes

Les tapes a col·locar s'han d'entrar angulades per poder inserir les pestanyes al cos de l'arqueta

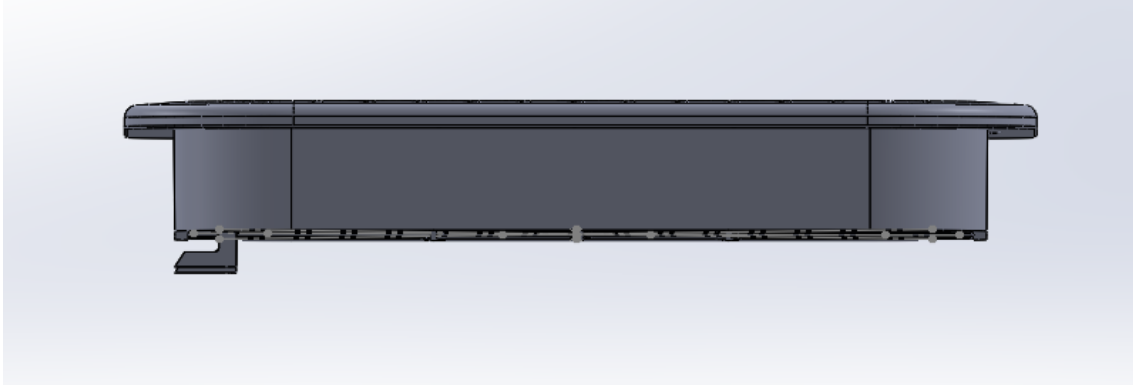


Figura 3-13: Vista lateral de les tapes; Font: Pròpia

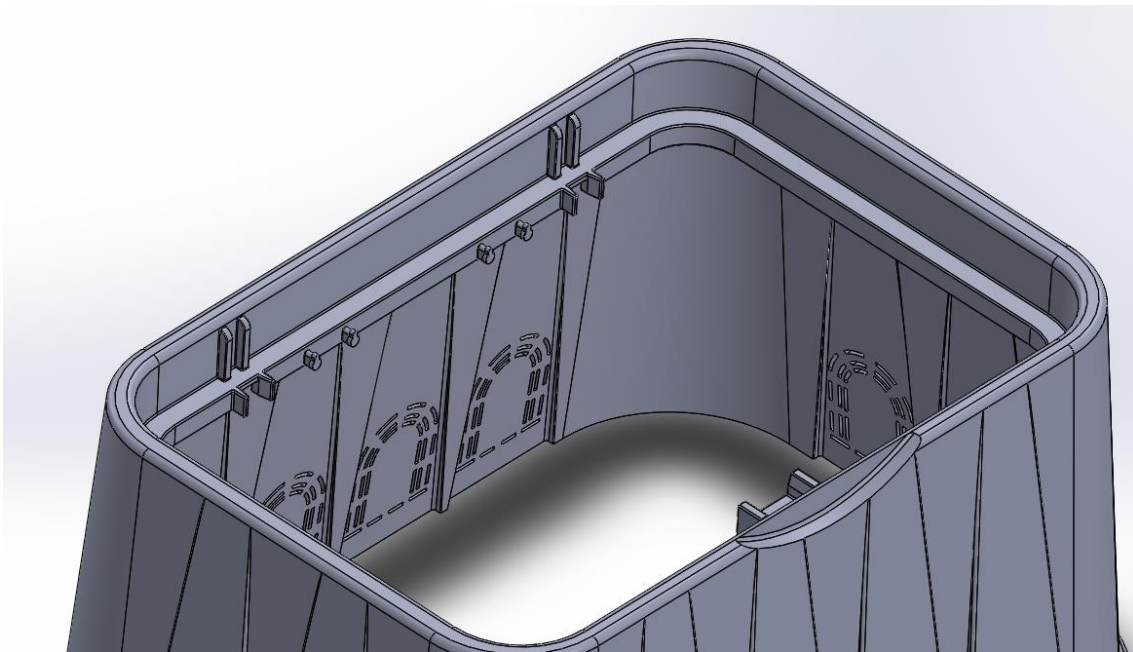


Figura 3-14: Vista interior de l'arqueta; Font: Pròpia

Un cop cargolada la tapa, queda subjectada per 3 punts:

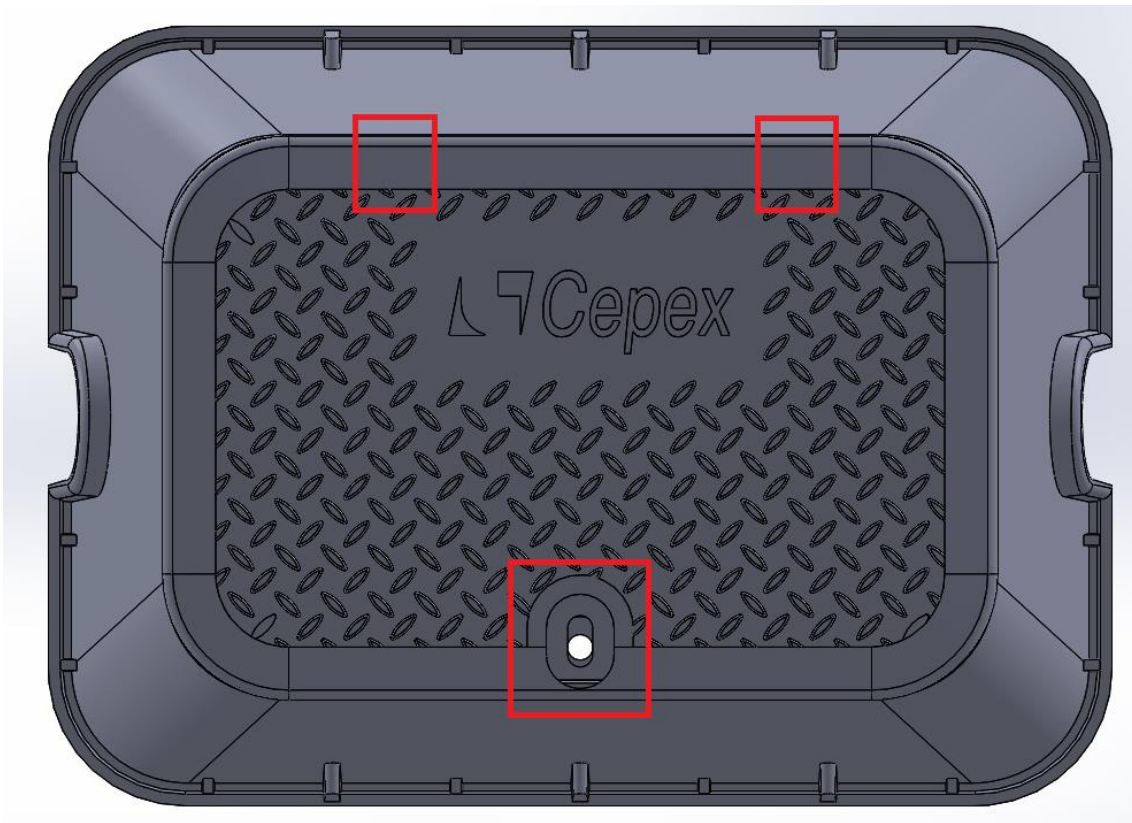


Figura 3-15: Punts d'ancoratge de les tapes; Font: Pròpia

4. Propostes de solució

Per desenvolupar la solució final, s'han realitzat varies propostes inicials de les quals algunes venen des de la pròpia empresa. D'aquestes darreres, s'exploraran en major detall del que s'ha proporcionat.

4.1. Proposta ENICONT

La primera de les propostes es centra en les operacions mecàniques del procés, utilitzant un robot de 6 eixos per tal de fer totes les operacions.

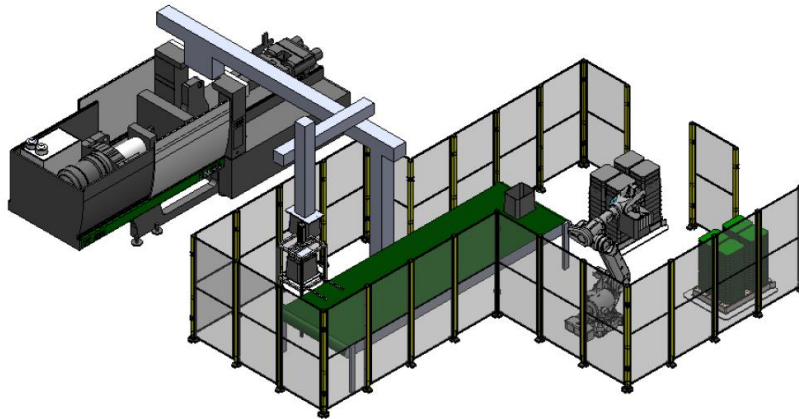


Figura 4-1: Renderitzat proposta ENICONT; Font: [9]

4.1.1. Descripció procés

- El robot cartesià ja existent a les instal·lacions descarrega la peça de la màquina d'injecció a la cinta transportadora
- El robot de 6 eixos disposa l'arqueta a la zona de muntatge
- El robot de 6 eixos realitza el tall de la colada
- El robot de 6 eixos insereix la tapa a l'arqueta
- El robot de 6 eixos extreu un cargol d'un buffer i el col·loca i cargola per subjectar la tapa a l'arqueta
- El robot de 6 eixos apila l'arqueta al palet.

El principal inconvenient amb aquesta solució és que la operació d'inspecció s'omet per complet, així com la col·locació de l'etiqueta d'identificació a l'arqueta.

4.2. Proposta VLD

La segona proposta consta també d'un robot de 6 eixos per la realització de totes les operacions.



Figura 4-2: Renderitzat proposta VLD; Font: [9]

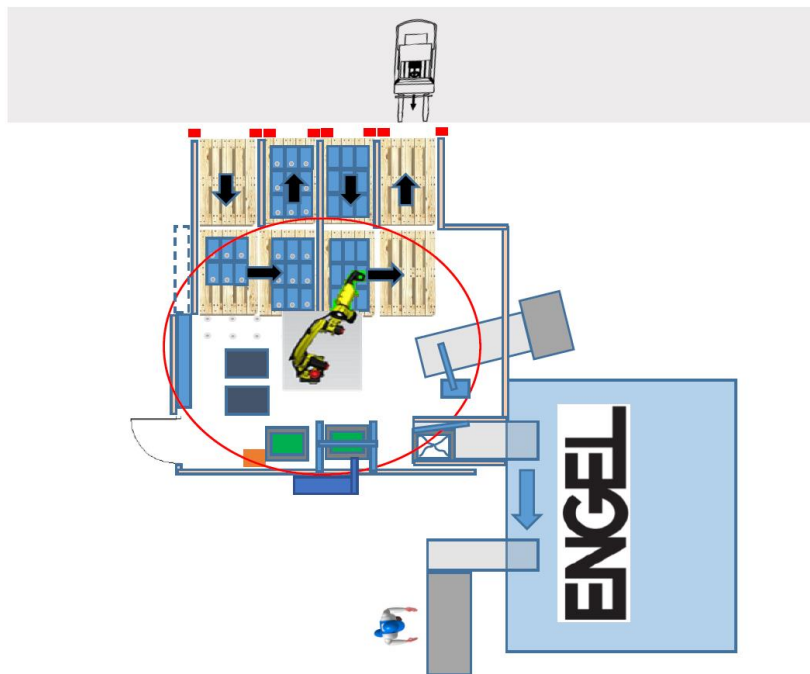


Figura 4-3: Diagrama proposta VLD; Font: [9]

4.2.1. Descripció del procés:

- El personal realitza la càrrega dels palets buits i palets de tapes.
- El robot cartesià descarrega a la cinta, al final de la cinta hi ha un sistema de preposicionament de l'arqueta.
- El robot diposita l'arqueta a la taula de tall.
- Control de defectes d'injecció i posicionament del cargol.
- Si el control és correcte, es talla la colada mitjançant un sistema de tall estacionari, i a través d'una cinta s'evacua la colada fora de la instal·lació.
- Un cop tallat el colat, el robot diposita l'arqueta a la zona d'assemblatge.
- El robot es situa sobre el palet per detectar la posició i orientació de les tapes.
- En cas que la tapa s'hagi de voltejar, el robot la descarrega en la posició de volteig en forma de U; si no és necessari voltejar-la, el robot la descarrega directament al producte.
- Un cop posicionada la tapa, un tornavís pneumàtic col·locarà el cargol.
- El conjunt muntat serà traslladat mitjançant un sistema de transport i es col·locarà l'etiqueta a un costat.
- Paletització de l'arqueta.

4.3. Proposta TECNICS

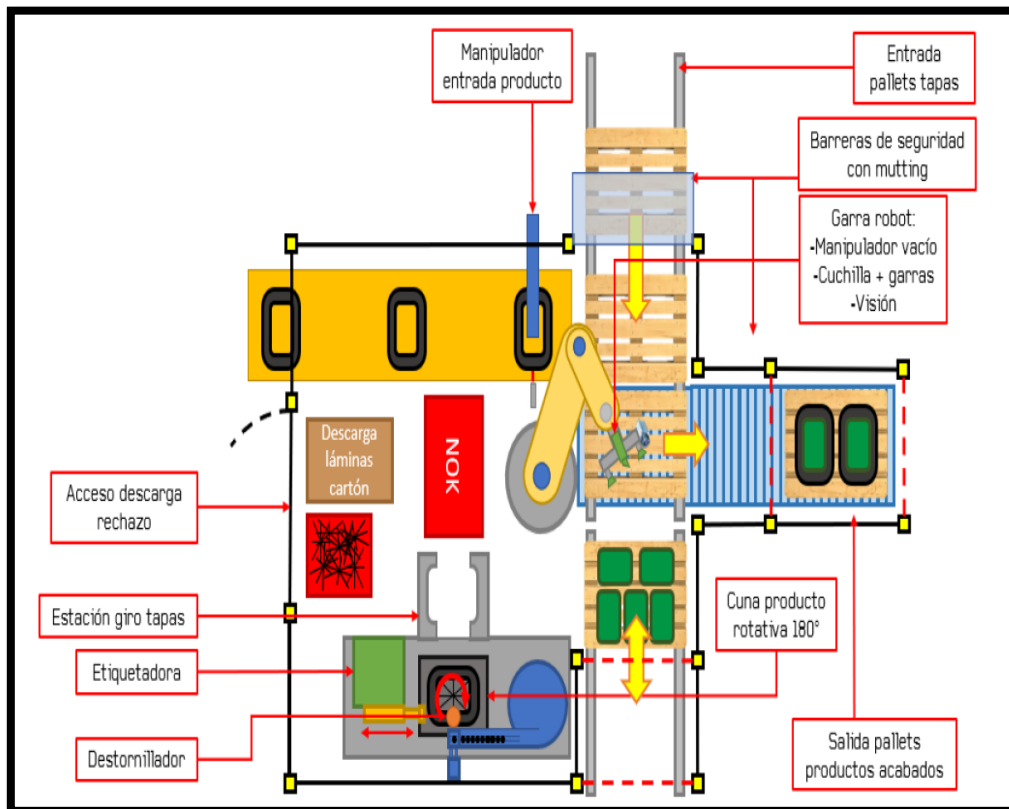


Figura 4-4: Diagrama proposta TECNICS; Font: [9]

4.3.1. Descripció del procés:

- El personal realitza la càrrega dels palets buits i palets de tapes.
- El sistema cartesià descarrega a la cinta.
- El robot diposita l'arqueta a la bressol d'assemblatge.
- Control de defectes d'injecció i posició del cargol.
- Si el control és correcte, el robot realitza el tall de la colada.
- El robot es situa sobre el palet per detectar la posició i orientació de les tapes.
- En cas que la tapa hagi de voltejar-se, el robot la descarrega en la posició de volteig; si no és necessari voltejar-la, el robot la descarrega directament al producte.
- El tornavís realitza la inserció del cargol.
- Etiquetatge del producte.
- Paletització de l'arqueta.
- Entre capa i capa de tapes, el robot sosté les làmines de cartró i les descarrega a la zona de rebuig.

4.4. Proposta estudiant TecnoCampus

La proposta es basa automatitzar les operacions de la 1 a la 8 enumerades a la Taula 3-1. Aquestes són el processament de l'arqueta un cop realitzat el control de qualitat, i el propi control de qualitat.

La solució completa consta d'una càmera de visió artificial que identifica errors de fabricació a l'arqueta, si aquesta és correcta, avança fins a l'àrea de processat, on un utilitatge realitzat mitjançant manufactura additiva, aquest es munta sobre un robot i permet la subjecció i tall els runners produïts pel procés de fabricació de l'arqueta. Seguidament col·loca la tapa si es necessària i procedeix cap a l'àrea de cargolat, on un segon robot cargola la tapa.

5. Requeriments generals per l'utilatge.

A aquest apartat es tractarà tot el necessari per poder realitzar les diferents operacions en termes d'actuadors, sensòrica i altres mecanismes per poder manipular i processar correctament el producte.

5.1. Requeriments mecànics

Tal i com s'ha analitzat a la secció 3.2 relativa a la peça, veiem que hi ha varies peces amb diferents propietats cadascuna, per tant, s'agafarà el cas més desfavorable pel utilatge a dissenyar dins de cada conjunt per realitzar l'anàlisi.

5.1.1. Dades de l'arqueta grup 1

Dins del grup dimensional 1, tenim que l'arqueta amb un cos de major massa és la 33002A tal i com es pot veure a la Taula 3-3, amb una massa de 4,465 kg.

Per tant, a l'hora de realitzar la simulació es considerarà un pes de 45N.

5.1.2. Dades de l'arqueta grup 2

Dins del grup dimensional 2, tenim que l'arqueta amb un cos de major massa és la 112604RB tal i com es pot veure a la Taula 3-3, amb una massa de 6,483 kg.

Per tant, a l'hora de realitzar la simulació es considerarà un pes de 65N

5.1.3. Dades tapa grup 1

Pel que fa a la tapa amb més massa dins del grup 1, el model corresponent és el 112603RB amb 1,801 kg, que de cara a les simulacions es considerarà com a 18N

5.1.4. Dades tapa grup 2

Pel que fa a la tapa amb més massa dins del grup 2, el model corresponent és el 02675 amb 2,827 kg, que de cara a les simulacions es considerarà com a 28N

5.2. Actuadors a l'utilatge

Analitzant la peça i les operacions a realitzar, podem definir quins tipus actuadors es requeriran per poder realitzar el procés.

5.2.1. Elements de subjecció

Per poder manipular degudament el conjunt, es requeriran diferents elements de subjecció, els elements a subjectar seran els següents:

- Canal d'entrada o d'alimentació: És el canal pel qual es decanta el material per realitzar la peça, és 1 de sol en el cas de l'arqueta. La funció de l'element de subjecció serà evitar els desplaçaments laterals del canal vertical.
- Tapa: La tapa de l'arqueta que es col·locarà posteriorment d'haver retirat els canals, el mecanisme de subjecció ha de permetre inclinar la tapa per poder encaixar-la i ha de ser capaç de suportar el pes d'aquesta.

Subjecció del canal d'entrada o d'alimentació:

L'element encarregat de subjectar el canal d'alimentació ha de tenir la capacitat de resistir esforços elevats, ja que a més a més del pes del pes dels canals, haurà de ser capaç de resistir l'impacte que provoquen els pistons sobre els runners per tal de realitzar el tall.



Figura 5-1: Mordaça autocentrant de FESTO ref:1163042; Font: [10]

L'element proposat es una pinça de tipus mordaça de FESTO amb capacitat de resistir sobre l'eix z de 700N (inferior als 520N de força de tall necessaris) i una carrera de 6mm per element mòbil, permetent subjectar elements amb un diàmetre inferior als 12mm.



Figura 5-2: Pinces per modrdaça autocentrant de Festo ref:1180956; Font [10]

Per tal de poder subjectar un objecte, es requereix també col·locar unes pinces adaptades a la geometria d'aquest, que en el cas de l'utilatge seran les pinces de la Figura 5-2.

Subjecció tapes

Per subjectar les tapes s'utilitzaran actuadors lineals que col·locaran uns perfils sota les aletes de la tapa per tal de subjectar-la i posar-la en posició. Els perfils estan acabats amb un material antilliscant per assegurar que quan aquestes s'inclinin per encaixar-les no cauen.

L'únic requeriment en quan a dimensions del disseny es que l'espessor serà màxim de 3mm degut a que és l'espai màxim que ens permet la tapa a la zona de l'encaix. A la resta de la secció lateral l'espai anirà augmentant ja que la tapa s'introdueix inclinada.

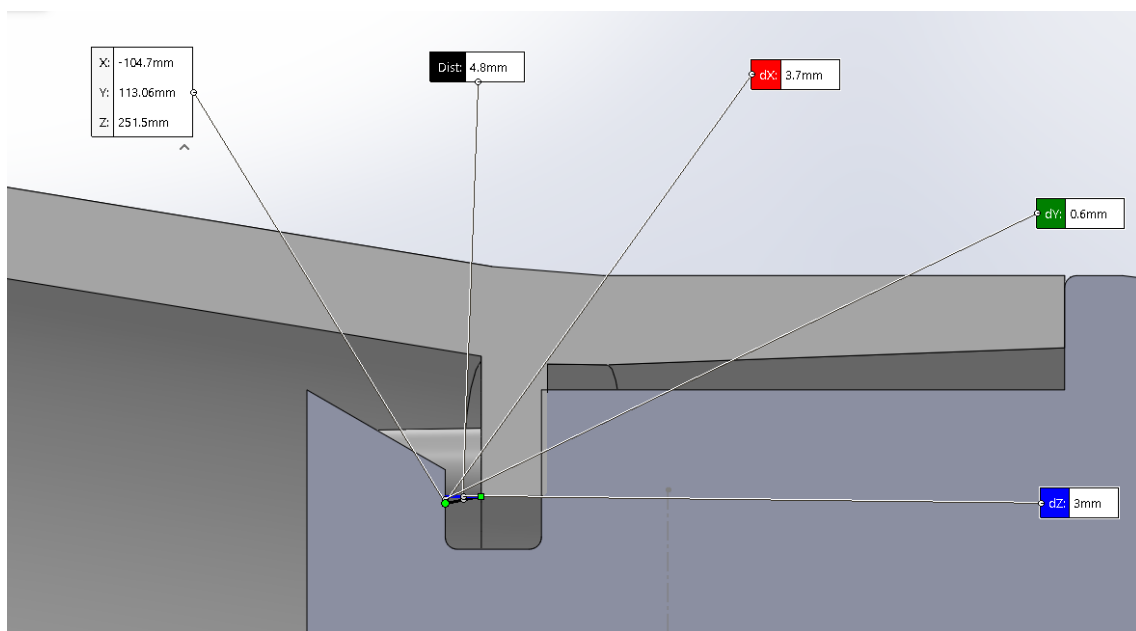


Figura 5-3: Joc màxim pels ancoratges de la tapa; Font: Pròpia.

L'actuador encarregat de moure el mecanisme de subjecció de les tapes serà el cilindre de la Figura 5-4.



Figura 5-4: Cilindre compacte de FESTO ref:8076410; Font: [10]

Que degut a les seves dimensions reduïdes, per evitar que es pugui doblegar i al mateix temps impedir la rotació del mecanisme, treballarà en conjunt amb uns “traversers” que portarà la pròpia peça, tal i com s’observa a la Figura 5-5.

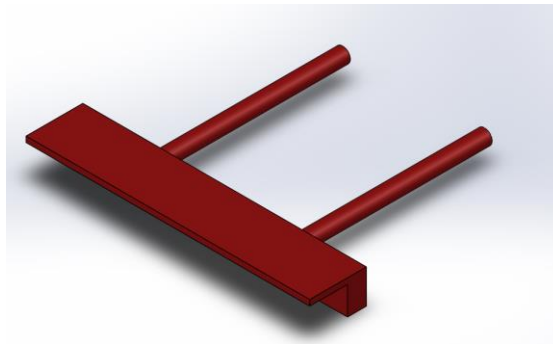


Figura 5-5: Suport de subjecció de les tapes; Font: Pròpia

5.2.2. Elements de tall

Per realitzar el tall es subjectarà la pel canal d'alimentació la colada, i mitjançant dos cilindres de simple efecte s'aplicarà una força vertical sobre una superfície que generarà un esforç tallant al runners que van fins la peça. Com els runners estan fets de PVC rígid, tenen un límit a tracció de $40.700.000 \text{ N/m}^2$ segons les dades donades per SolidWorks.

Propietat	Valor	Unitats
Mòdul elàstic	2.410.000.000	N/m^2
Coefficient de Poisson	0.3825	N/D
Mòdul de tall	866.700.000	N/m^2
Densitat	1300	Kg/m^3
Límit de tracció	40700	N/m^2
Límit de compressió	N/D	N/m^2
Límit elàstic	N/D	N/m^2

Taula 5-1: Propietats mecàniques PVC; Font: Pròpia

Degut a la geometria de la zona de tall d'aquests, es fa un model aproximat amb Solidworks amb les càrregues posicionades com s'espera que quedin en el cas més desfavorable, amb l'objectiu de comprovar quina és la càrrega necessària per tal de que es trenqui per la unió amb l'arqueta.

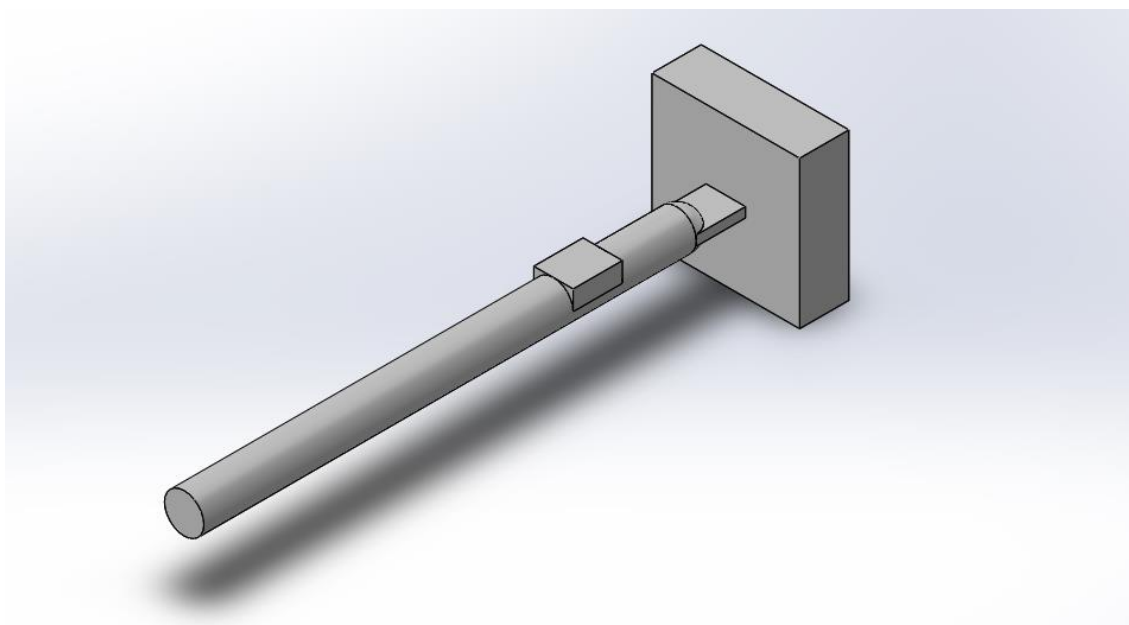


Figura 5-6: Simplificació runner de la colada; Font: Pròpia

Amb la peça de mostra executem una simulació per un esforç de 100N i veiem que la màxima concentració d'esforços és a la zona de tall amb l'arqueta i que és aproximadament un 50% superior al límit de tracció, tal i com veiem a la figura Figura 5-7.

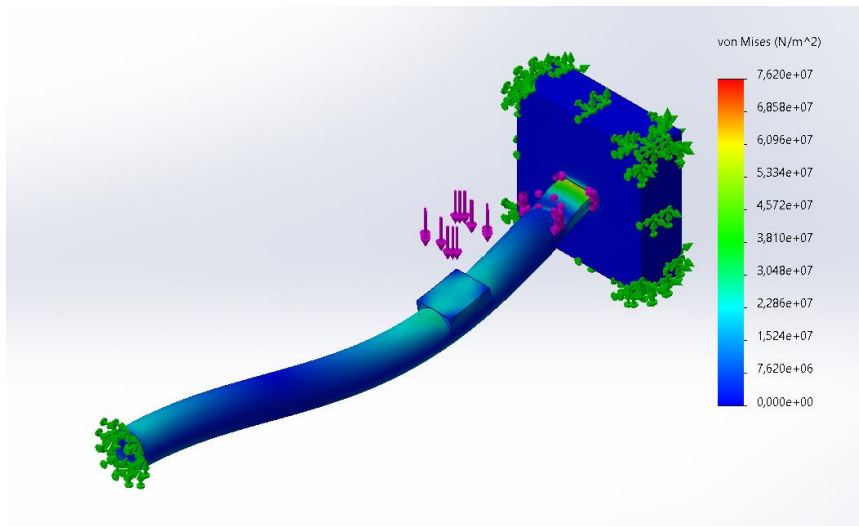


Figura 5-7: Tensions per a una força de 100N; Font: Pròpia

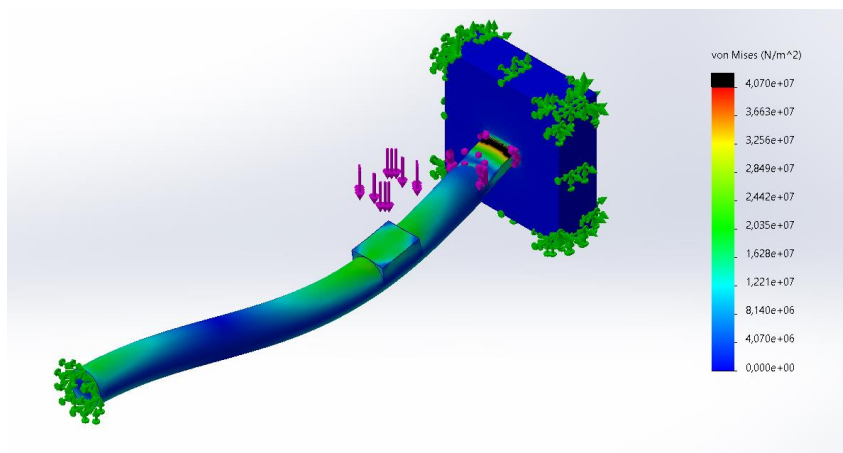


Figura 5-8: Tensions per a una força de 100N amb límit de tracció marcat; Font: Pròpia

Si apropem més la zona d'aplicació de la càrrega obtenim una major concentració d'esforços sobre la secció a tallar, tal i com podem veure a la Figura 5-9 .

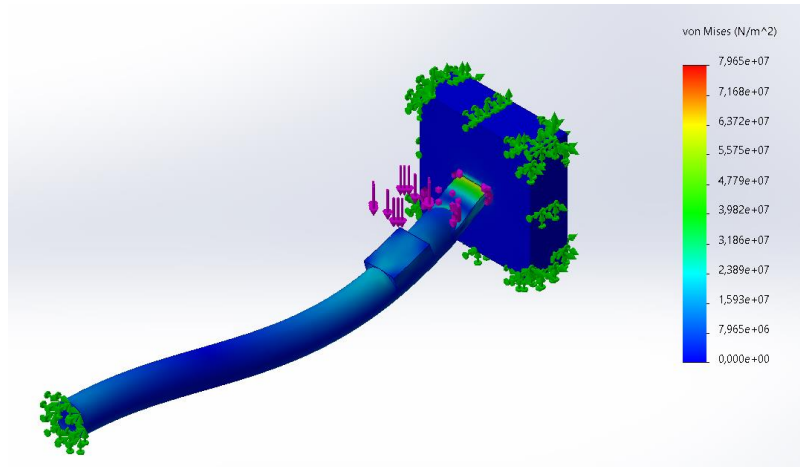


Figura 5-9: Tensions per a una força de 100N; Font: Pròpia

Si li treiem aquest 50% de força aplicada, obtenim que la força mínima per obtenir una fallada es de 66N. A la Figura 5-10 veiem que el valor de la tensió de vonMises es troba proper al límit de tracció del material.

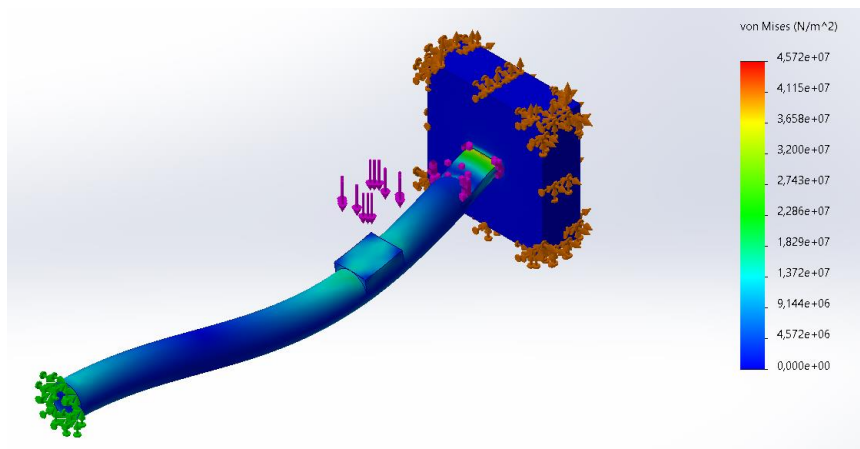


Figura 5-10: Tensions per a una força de 66N; Font: Pròpia

Per tant, entre els dos actuadors de simple efecte hauran de desenvolupar una força mínima de 520 N, però se li aplicarà un coeficient de seguretat mínim del 50% per garantir la durabilitat dels actuadors, amb la qual cosa resulta en 780N o 78kg aproximadament (39kg per actuator).

En base aquestes dades, seleccionarem els actuadors amb l'eina de càlcul de FESTO. En primer lloc s'introdueixen els paràmetres coneguts (càrrega útil, direcció del moviment, posició de muntatge) i seguidament s'ajusten els demés per tal d'obtenir els components més petits possibles que al mateix temps compleixen amb els requeriments de força necessaris.

The image shows a screenshot of the FESTO calculation tool interface, divided into two main panels. The left panel contains the following parameters:

- Recorrido:** 80 mm (with a slider bar)
- Carga útil:** 40 kg (with a slider bar)
- Tiempo de posicionamiento requerido:** 280 ms (with a slider bar)
- Presión:** 4 bar, 6 bar, 8 bar (with radio buttons, 8 bar is selected)
- Posición de montaje:** -90°, 0°, 90° (with radio buttons, -90° is selected)
- Tipo de Amortiguación:** elástica, autoajustable, ajustable (with radio buttons, elástica is selected)

The right panel contains the following parameters:

- Longitud del tubo:** 0,2 m (with a slider bar)
- Dirección del movimiento:** avance (selected), retroceso
- Tipo de actuador:** Guiado, estilo de varilla (with radio buttons, estilo de varilla is selected)
- Ciclos:** 1 /min, 8 h/day, 200 day/year (with input fields)
- Compressed air factor:** 0,136 kWh/m³ (with an input field)

Figura 5-11: Paràmetres eina de càlcul festo; Font: Pròpia




L'eina ens dona dues propostes, una basada estrictament en els criteris proposats per l'usuari, i una segona enfocada a un menor cost amb un petit detriment de les prestacions (principalment el temps de posicionament).

Resultado exacto

 <p>Cilindro DSNU-63-80-P-A 196013</p>	<p>Diámetro del pistón 63 mm</p>	<p>Tiempo de posicionamiento 280 ms</p>	<p>Emisión de CO₂ / Ciclo 0,11 g</p>
 <p>Válvula VUVS-LK30-M52-AD-G38-1B2-S 8049881</p>	<p>Caudal 1 600 l/min</p>	<p>Consumo de aire/ Ciclo 4,09 l</p>	
 <p>Mostrar todos los componentes de las soluciones</p>			

Figura 5-12: Resultat amb les prestacions exactes sol·licitades; Font: Pròpia

Variante Eco

 <p>Cilindro DSNU-50-80-P-A 196003</p>	<p>Diámetro del pistón 50 mm</p>	<p>Tiempo de posicionamiento 306 ms</p>	<p>Emisión de CO₂ / Ciclo 0,07 g</p>
 <p>Válvula VUVS-LK25-M52-AD-G14-1B2-S 8043218</p>	<p>Caudal 1 000 l/min</p>	<p>Consumo de aire/ Ciclo 2,5 l</p>	
 <p>Mostrar todos los componentes de las soluciones</p> <p>Mostrar energía y CO₂</p>			

Comprar ahora

Figura 5-13: Variant econòmica amb prestacions lleugerament inferiors a les sol·licitades; Font: Pròpia

Degut a que algunes dades s'han ajustat de forma iterativa i d'altres com la força es troben amb coeficients de seguretat elevats, seleccionarem la variant econòmica, que també resulta en unes dimensions més compactes.

5.3. Sensors a l'utilatge

Pel correcte funcionament de l'utilatge en qüestió, només s'estima la necessitat de detectar la presència de la tapa per tal de saber si ha caigut o no, motiu que suposaria la parada del procés. Per detectar la presència de la tapa es farà mitjançant un sensor capacitatiu, concretament el model SEN0381 del fabricant DFRobot, el qual ofereix unes prestacions elevades a un preu contingut.



Figura 5-14: Sensor capacitatiu SEN0381; Font: [11]

Atribut	Valor del atribut
Fabricant	DFRobot
Mètode de detecció	Capacitiu
Distància de detecció	0 a 200 cm
Estil de muntatge	Cable
Configuració de sortida	Digital
Temperatura operativa màxima	60°C
Temperatura operativa mínima	-10°C
Voltatge operatiu	5V

Figura 5-15: Propietats del sensor capacitatiu SEN0381; Font: [11]

6. Procés de disseny

Les forces i suports aplicades a les simulacions seran les següents:

- Subjeccions:
 - Subjecció fixe a la part superior
- Forces:
 - Força repartida entre les 4 subjeccions verticals dels pistons de 1000N
 - Força vertical centrada en les coordenades x i y de l'origen i desplaçada 130mm en l'eix z per presentar el pes de les tapes de 20N carregada sobre els 8 ancoratges dels 2 pistons horitzontals.
 - Força vertical de 1000N sobre l'ancoratge central per contrarestar la força provocada pels pistons.

De cara a la simulació es farà amb tot el conjunt de les forces especialment per comprovar que les deformacions no afectin a la cinemàtica de l'utilatge. La deformació màxima que es tolerarà a les zones més allunyades de l'eix central serà de 10mm, mentre que a als suports dels cilindres verticals es buscarà un màxim de 3mm degut a que al muntatge final, els propis cilindres donaran una major rigidesa estructural.

6.1. Conjunt inicial

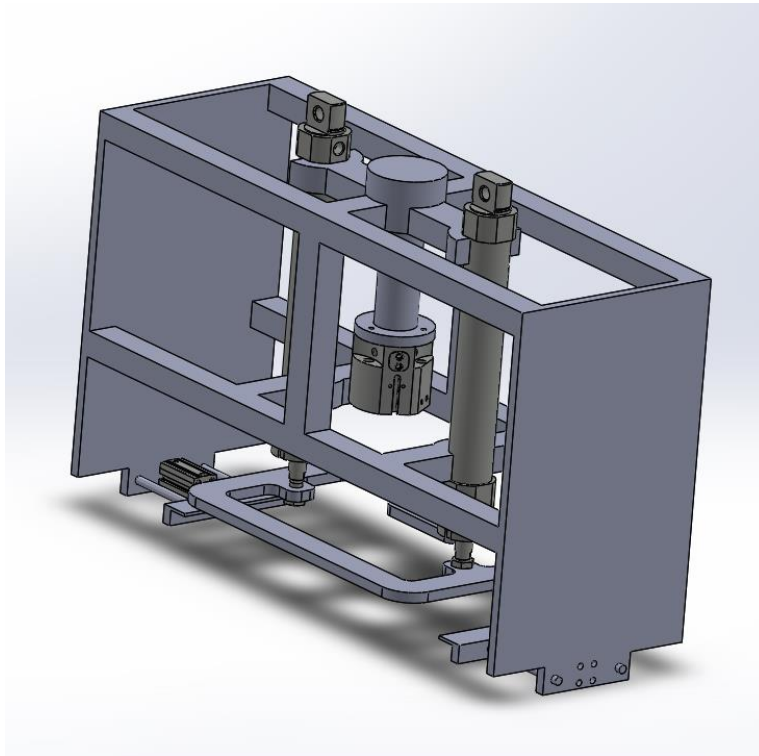


Figura 6-1: Conjunt suport + actuadors inicial; Font: Pròpia

Per començar a generar la solució, primerament es posicionen totes les càrregues i es genera una estructura al seu entorn que cinemàticament sigui capaç de suportar els esforços a la qual es troba sotmesa.

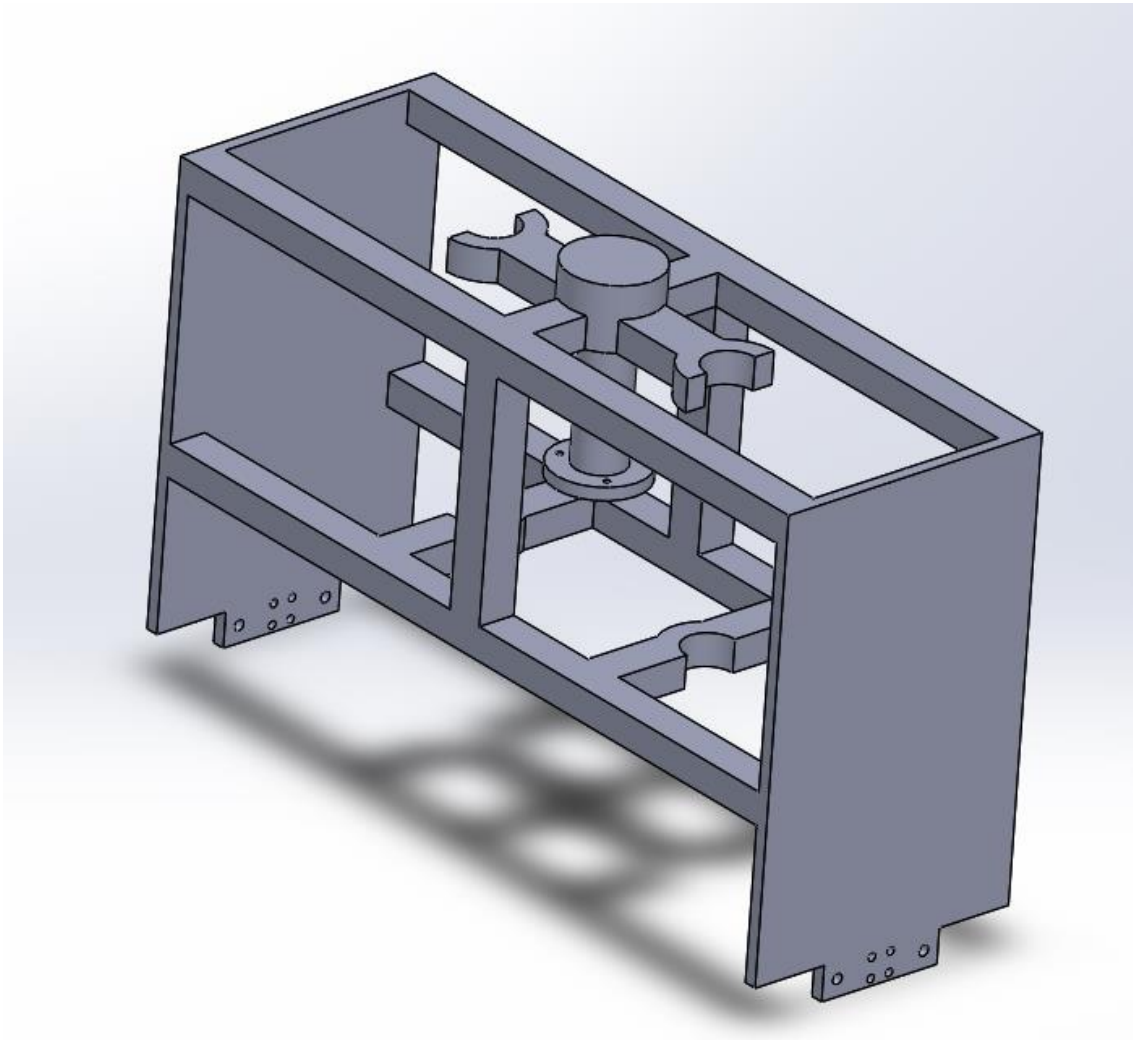


Figura 6-2: Disseny inicial del suport; Font: Pròpia

Seguidament buidem l'estructura d'aquets elements restant únicament les zones de suport. Aleshores aquesta estructura es prepara, emplenant totes les zones disponibles que no es troben ocupades per cap component, per tal de poder realitzar un estudi topològic en que s'optimitza la geometria i la quantitat de material.

6.2. Estudi de materials per al disseny

El material a escollir va enfocat a l'utilatge, el qual té la funció, com ja s'ha esmentat anteriorment, de subjectar la peça de PVC que acaba de sortir del motlle d'injecció.

A la Taula 6-1 s'ha fet un recull dels materials per a impressió 3D més típics en aplicacions semblants.

Material	Preu \$/kg	Densitat (g/cm ³)	Tensió màxima (MPa)	Temperatura màxima de treball. (°C)
ABS	10-40	1.04	40	98
FLEX	30-70	1.23	43	74
PLA	10-40	1.24	65	52
PETG	20-60	1.23	53	73
NYLON	25-65	1.14	60	95
PETG - CARBON	50-60	1.40	80	125

Taula 6-1: Materials per la impressió 3D; Font: [12].

A priori la peça ha d'estar freda, però per raons de seguretat, considerarem que la temperatura màxima de treball serà de 80°C, que sol ser la temperatura de desemmotllament de les peces fetes de Clorur de Polivinil.

Amb el primer condicionant resten els següents materials:

Material	Preu \$/kg	Densitat (g/cm ³)	Tensió màxima (MPa)	Temperatura màxima de treball. (°C)
ABS	10-40	1.04	40	98
NYLON	25-65	1.14	60	95
PETG - CARBON	50-60	1.40	80	125

Taula 6-2: Materials per la impressió 3D; Font: [12].

Dels 3 materials restants, el Nylon es el que presenta una millor relació densitat/prestacions amb un preu força assequible, sent al mateix temps un material d'impressió altament provat.

6.2.1. Tecnologia de impressió

Per seleccionar la tecnologia d'impressió, si ja s'han descartat els materials que no compleixen amb les condicions químiques y mecàniques necessàries, resten els paràmetres del volum d'impressió i la tolerància dimensional.

El cas de l'utilatge dissenyat, les primeres versions no superen el volum de 450 x 250 x 300 mm, i requereix una baixa tolerància dimensional ja que no es tracta d'una aplicació de precisió.

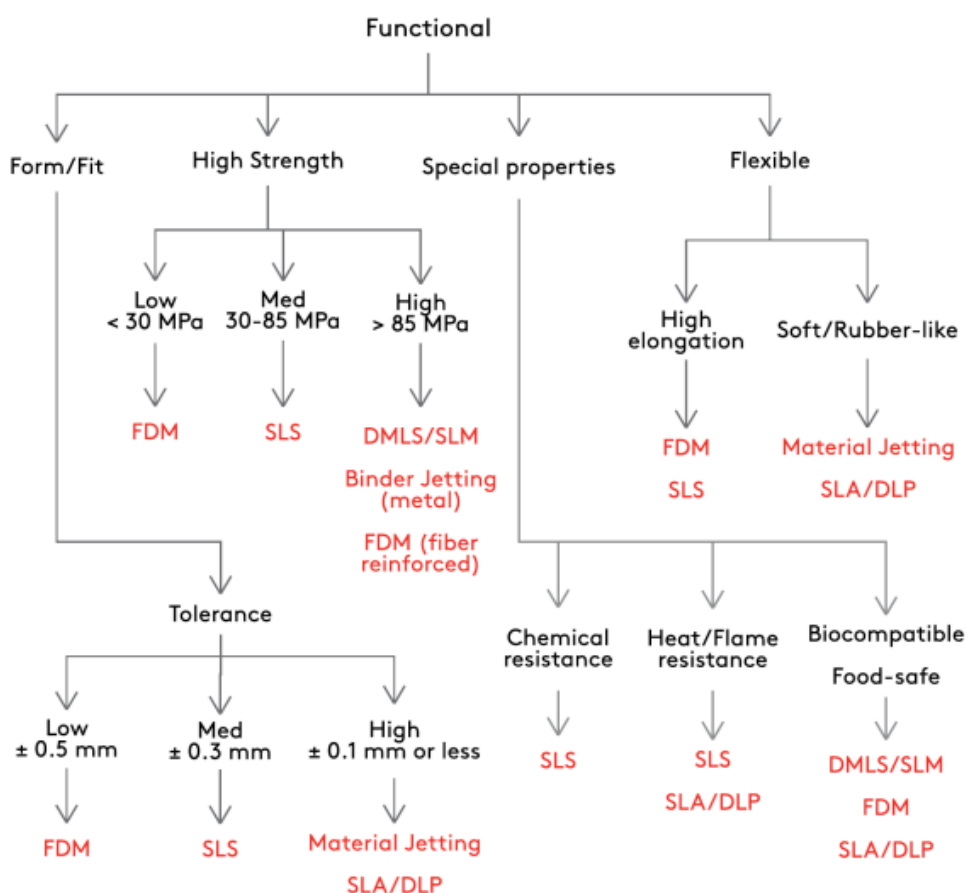


Figura 6-3: Selecció de la tecnologia d'impressió en funció dels requeriments funcionals; Font: [13]

	Precisió dimensional	Volum d'impressió	Suport
FDM	± 0.5% (límit inferior: ± 0.5 mm) - escriptori ± 0.15% (límit inferior: ± 0.2 mm) - industrial	200 x 200 x 200 mm per a impressores de sobretaula. Fins a 900 x 600 x 900 mm per a impressores industrials	No sempre és necessari (material soluble)
SLA/DLP	± 0,5% (límit inferior: ± 0,10 mm) - escriptori ± 0,15% (límit inferior: ± 0,05 mm) - industrial	145 x 145 x 175 mm per a impressores de sobretaula. Fins a 1500 x 750 x 500 mm per a impressores industrials	Sempre necessari
SLS	± 0.3% (límit inferior: ± 0.3 mm)	300 x 300 x 300 mm (fins a 750 x 550 x 550 mm)	No és necessari
Material Jetting	± 0,1% (límit inferior de ± 0,05 mm)	380 x 250 x 200 mm (fins a 1000 x 800 x 500 mm)	Sempre necessari
Binder Jetting	± 0,2 mm (± 0,3 mm per a la impressió de sorra)	400 x 250 x 250 mm (fins a 1800 x 1000 x 700 mm)	No és necessari
DMLS/SLM	± 0.1 mm	250 x 150 x 150 mm (fins a 500 x 280 x 360 mm)	Sempre necessari

Taula 6-3: Característiques volumètriques y de precisió de les tecnologies d'impressió;

Font: [13].

En base a la Figura 6-3 i la Taula 6-3 tant la tecnologia SLS com FDM poden ser opcions compatibles amb l'aplicació necessària, tot i que segons la geometria final del conjunt pot resultar més convenient l'SLS front l'FDM.

Pels motius anteriors, resta comparar costos i temps d'impressió, en que la tecnologia FDM, al ser àmpliament utilitzada i tenir una menor complexitat, es més ràpida i al mateix temps més econòmica, és una opció molt vàlida tot i la petita pèrdua en quant a toleràncies. Per tant les simulacions s'iniciaran amb Nailon 101, i si es convenient, segons l'evolució de la geometria es modificarà cap a la tecnologia SLS amb PA12.

Propietat	Valor	Unitats
Mòdul elàstic	1.000.000.000	N/m ²
Coefficient de Poisson	0.3	N/D
Mòdul de tall	N/D	N/m ²
Densitat	1150	Kg/m ³
Límit de tracció	79.289.709	N/m ²
Límit de compressió	N/D	N/m ²
Límit elàstic	60.000.000	N/m ²

Taula 6-4: Propietats mecàniques Nailon 101; Font: [14];

6.3. Disseny a partir d'anàlisi topològic

Tot i la peça mostrada a la Figura 6-2, per fer l'anàlisi topològic es partirà d'una versió modificada amb major volum de material que permeti als esforços agafar un camí més directe per tal de poder optimitzar la quantitat de material utilitzat.

6.3.1. Geometria inicial

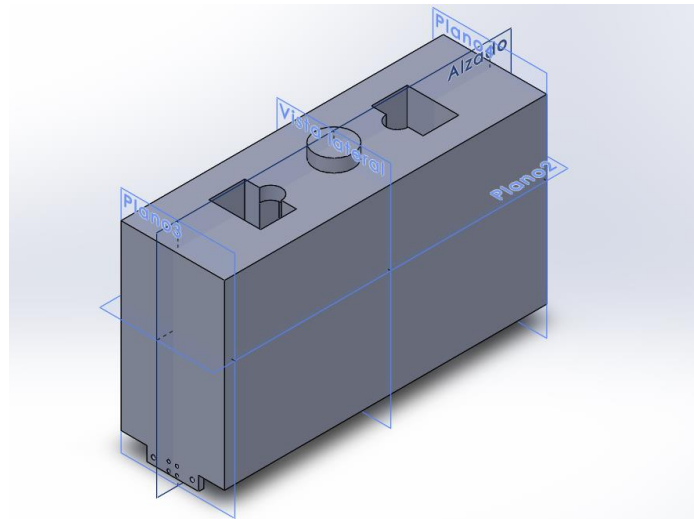


Figura 6-4: Geometria inicial emplenada; Font: Pròpia

En la peça de la Figura 6-4 s'han emplenat els volums on es poden esperar esforços, ja que d'aquesta forma el programa d'anàlisi topològic pot decidir eliminar o conservar material, a diferència de la primera peça dissenyada, en que es buscava posicionar dins l'espai els principals actuadors.

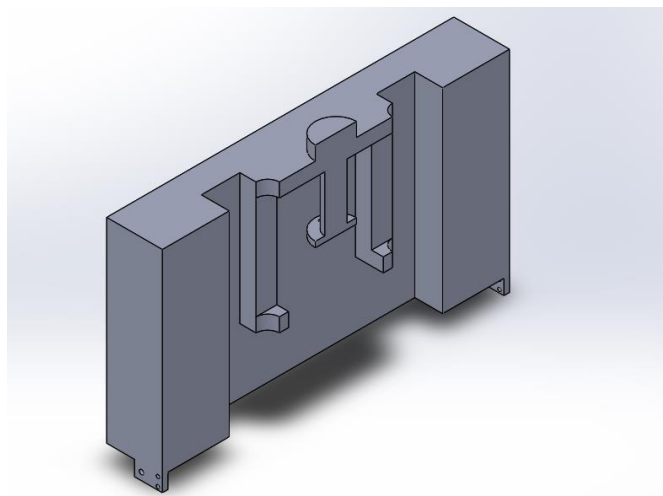


Figura 6-5: Secció de la geometria inicial; Font: Pròpia

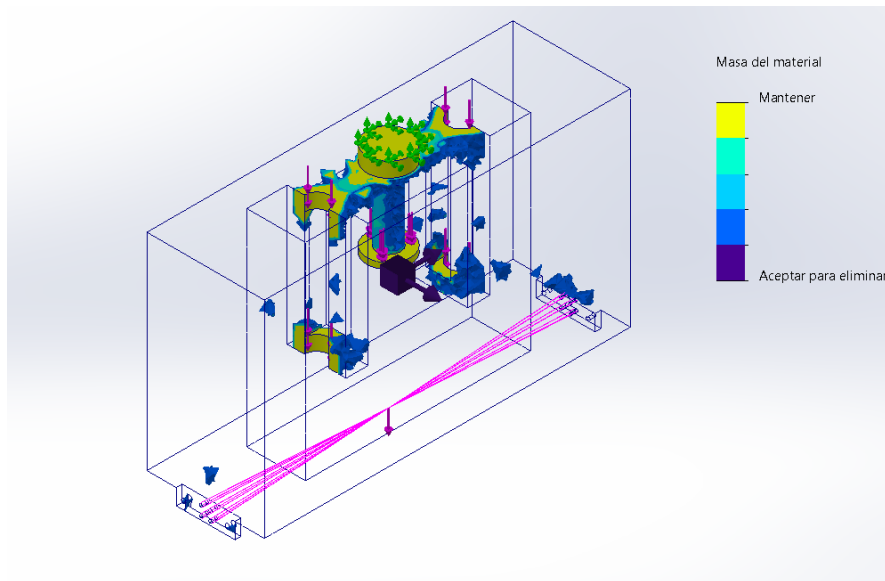


Figura 6-6: Anàlisi topològica

A la primera iteració de l'anàlisi topològic els resultats no han estat conclouents ja que els esforços aplicats son molt petits en comparació a les capacitats mecàniques de la peça, aleshores com l'objectiu es veure la propagació d'aquests esforços dins del bloc de massa, s'augmentaran en 20 vegades per tal de que el programa els tingui en consideració.

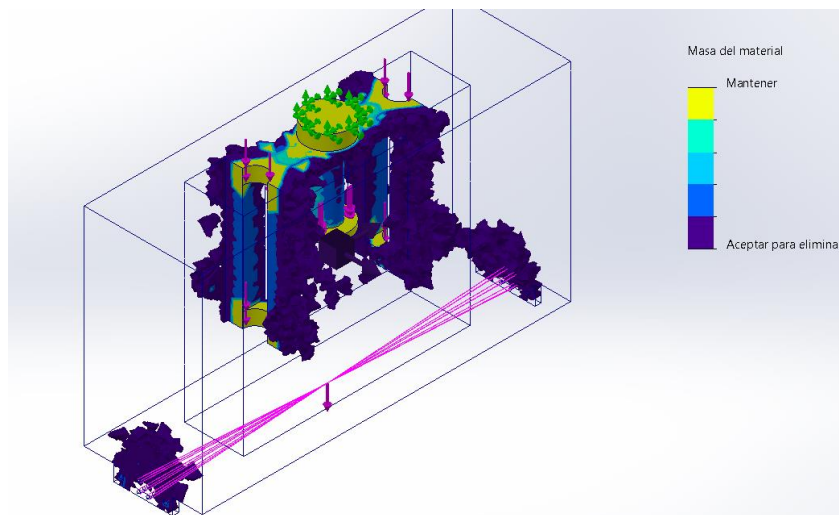


Figura 6-7: Segona iteració amb esforços augmentats; Font: Pròpia

Amb l'augment dels esforços, el programa ens suggereix més volums a mantenir, amb la qual cosa es poden dibuixar les línies mestres de l'utillatge.

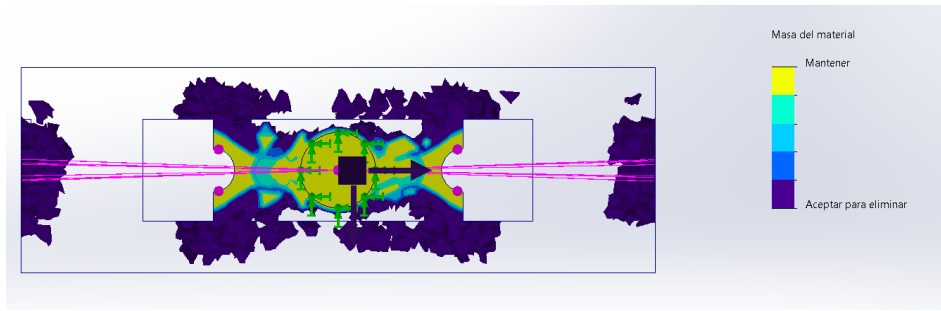


Figura 6-8: Vista superior anàlisi topològic; Font: Pròpia

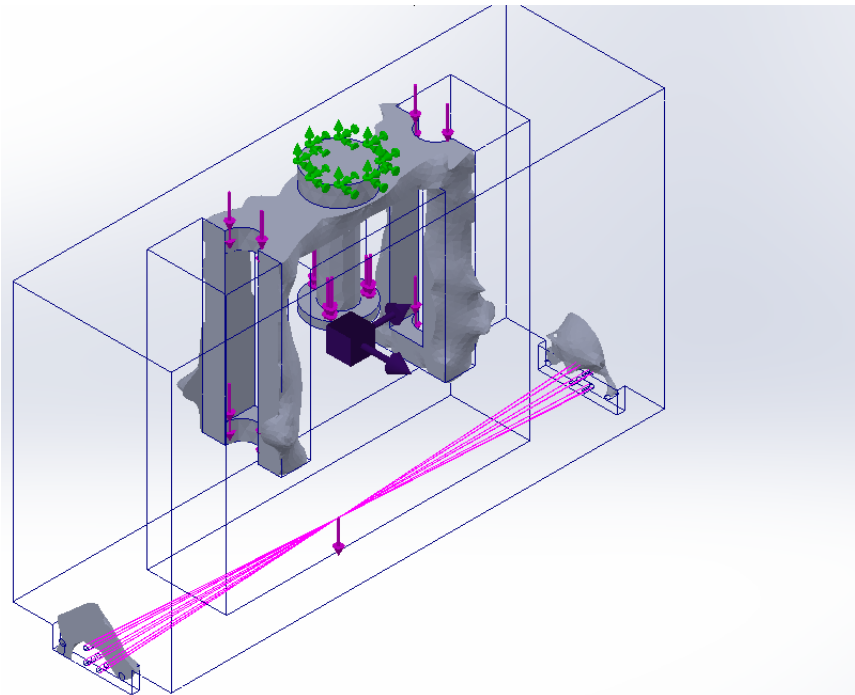


Figura 6-9: Proposta de peça de l'anàlisi topològic; Font: Pròpia

Amb la proposta donada pel programa, es veu la tendència d'estendre suports des de la part inferior de la subjecció dels cilindres verticals per subjectar la càrrega provocada per les tapes, mentre que descarta el generar masses des de la part superior.

6.3.2. Iteracions

En base als resultats de la primera iteració, realitzem una segona iteració prolongant els punts sobre els quals es concentren els esforços (principalment al voltant dels suports inferiors dels pistons verticals en direcció al punt de subjecció dels pistons horitzontals que suporten les tapes. Al realitzar un anàlisi d'esforços es veu que, tot i que la peça proposada resisteix a nivell d'esforços mecànics, es deforma extremadament, amb la qual cosa s'afegeix a la part superior un suport per compensar les elevades deformacions, resultant en la iteració de la Figura 6-10.

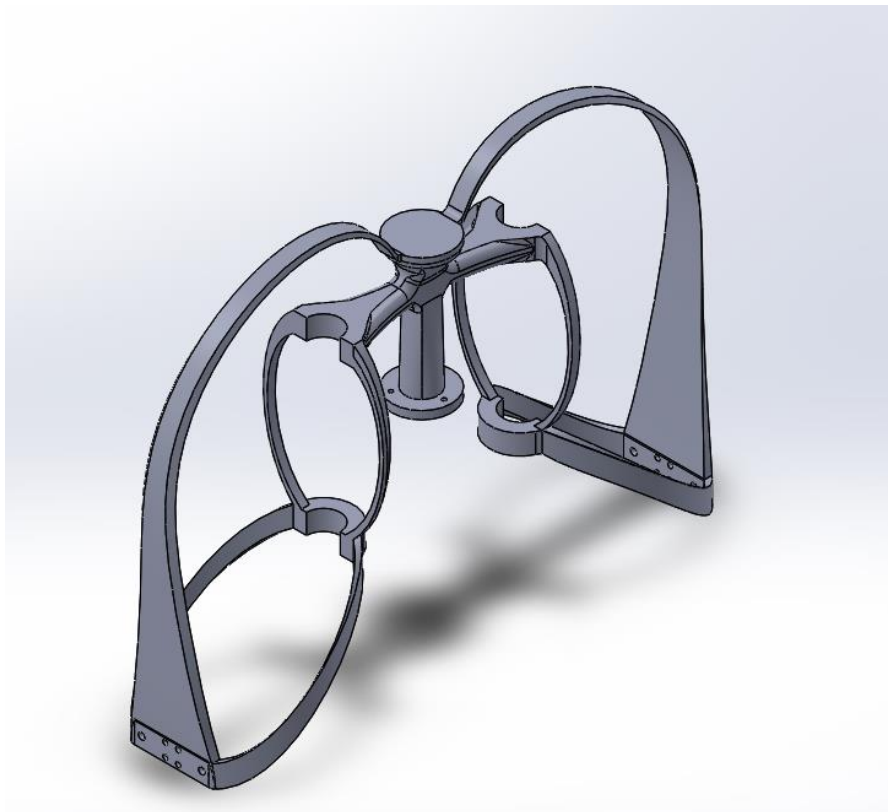


Figura 6-10: Tercera iteració del utillatge; Font: Pròpia

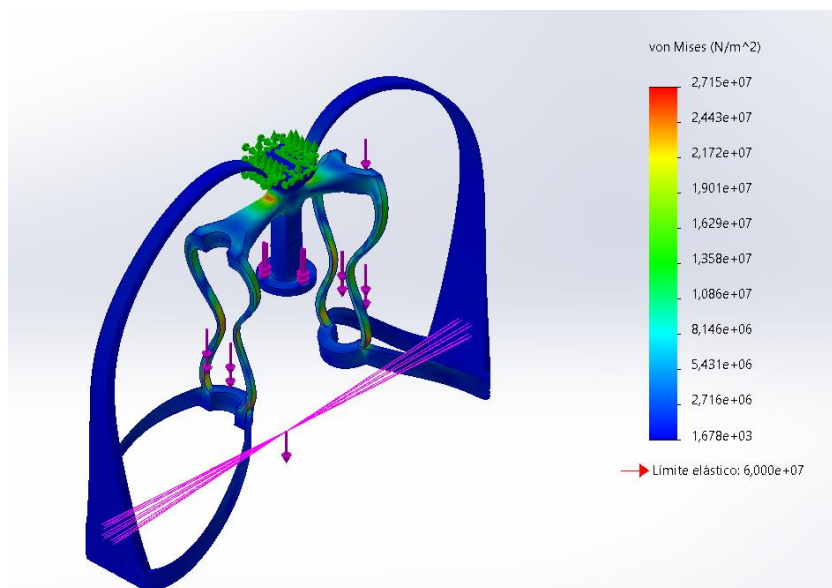


Figura 6-11: Esforços tercera iteració disseny; Font: Pròpia

Amb una primera mirada als resultats, veiem que en cap zona s'arriben a tensions crítiques (les zones amb més exigència no baixen de un coeficient de seguretat de 2), amb la qual cosa des d'un punt de vista merament mecànic la tendència de disseny funciona.

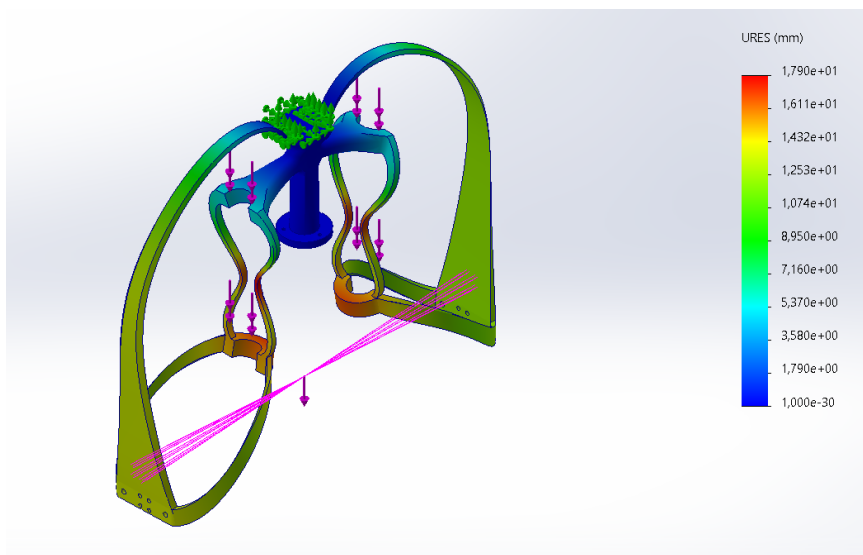


Figura 6-12: Deformacions totals tercera iteració disseny; Font: Pròpia

Si s'observen les deformacions però es veu que hi ha zones en que hi ha deformacions totals que són extremadament elevades, especialment com més distància de l'eix central, i també als canals que baixen cap a la part inferior dels suports dels pistons verticals.

Tot i que s'espera que aquesta deformació es compensi per la pròpia rigidesa del pistó a la vida real, es fa difícil preveure si això provocarà que els pistons tinguin una forma convergent degut al col·lapse pel pes, per tant; la principal millora proposada es reforçar els canals que van fins als suports inferiors dels pistons verticals per tal de reduir la deformació en les condicions de la simulació, tal i com es veu a la Figura 6-13.

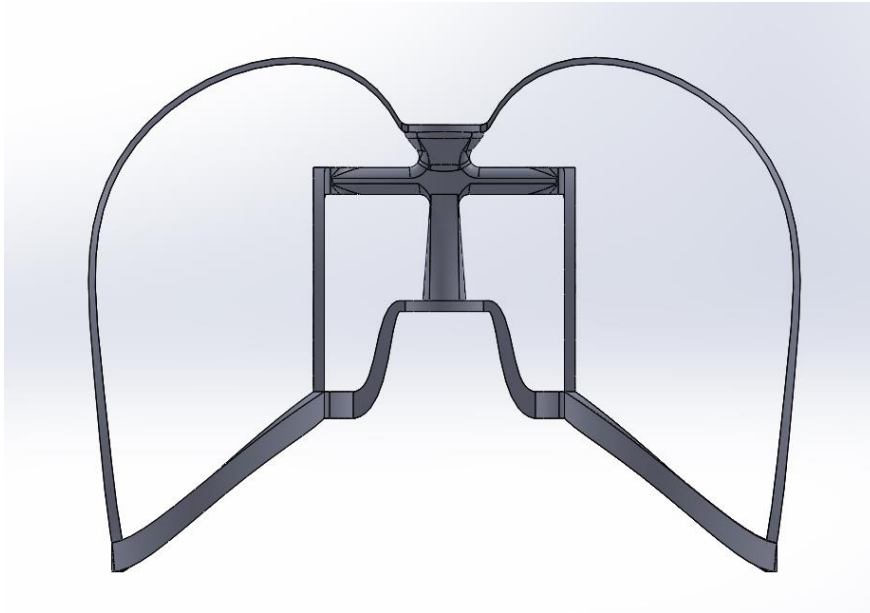


Figura 6-13: Quarta iteració del disseny; Font: Pròpia

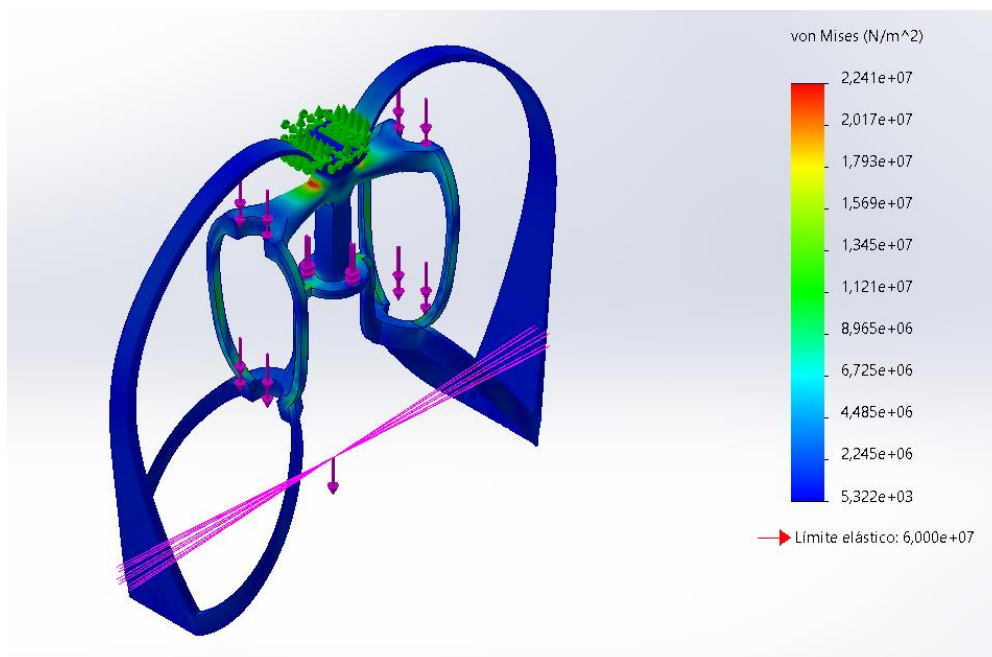


Figura 6-14: Esforços quarta iteració disseny; Font: Pròpia

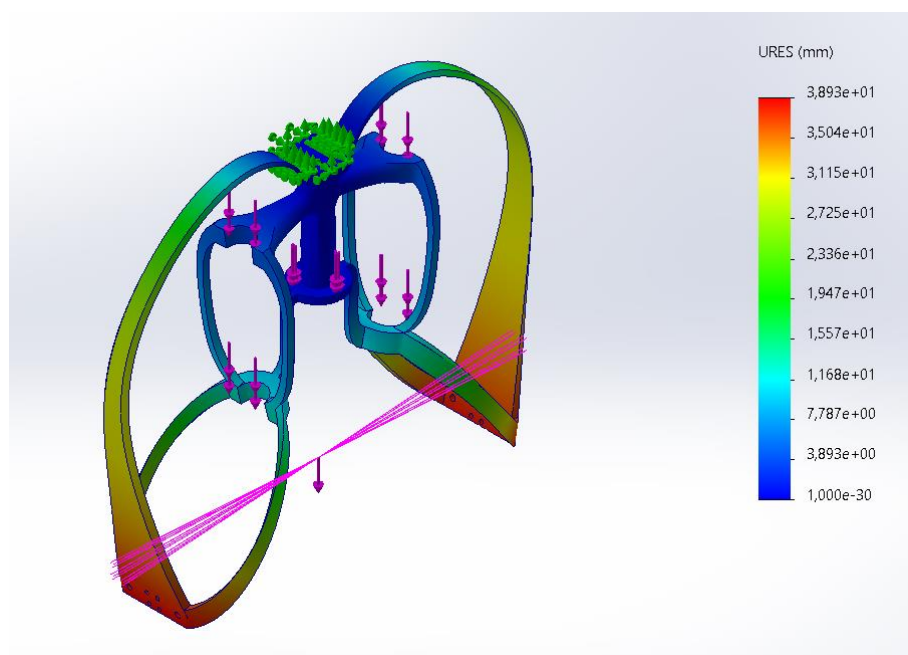


Figura 6-15: Deformacions totals quarta iteració disseny; Font: Pròpia

Observant els resultats, veiem que les grans deformacions al eix central segueixen apareixent al mateix temps que s'han augmentat sobre les zones més allunyades de l'eix central, però s'han reduït els esforços màxims, per tant s'haurà de seguir iterant reforçant la zona exterior, però, abans de modificar més la peça, en motiu de la evolució de la geometria es realitza un canvi de tecnologia d'impressió a SLS, i s'adapta a un nou material (Poliamida també) de denominació tècnica PA12. Relatiu a les característiques mecàniques, proporciona una menor deformació davant d'esforços en detriment d'un límit elàstic inferior.

Propietat	Valor	Unitats
Mòdul elàstic	1.700.000.000	N/m ²
Coefficient de Poisson	0.39	N/D
Mòdul de tall	N/D	N/m ²
Densitat	930	Kg/m ³
Límit de tracció	N/D	N/m ²
Límit de compressió	N/D	N/m ²
Límit elàstic	48.000.000	N/m ²

Taula 6-5: Propietats PA12

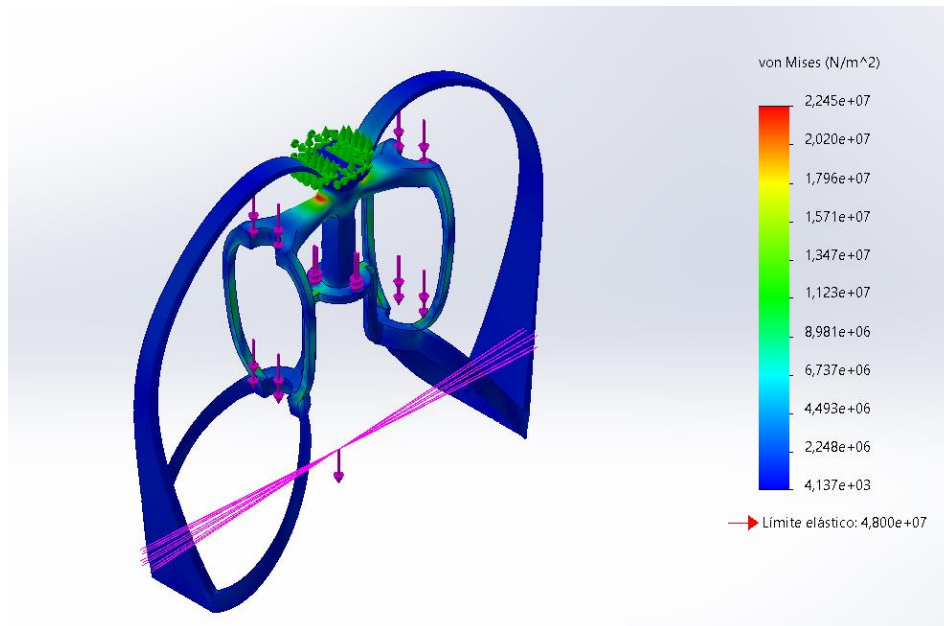


Figura 6-16: Esforços quarta iteració disseny amb PA12; Font: Pròpia

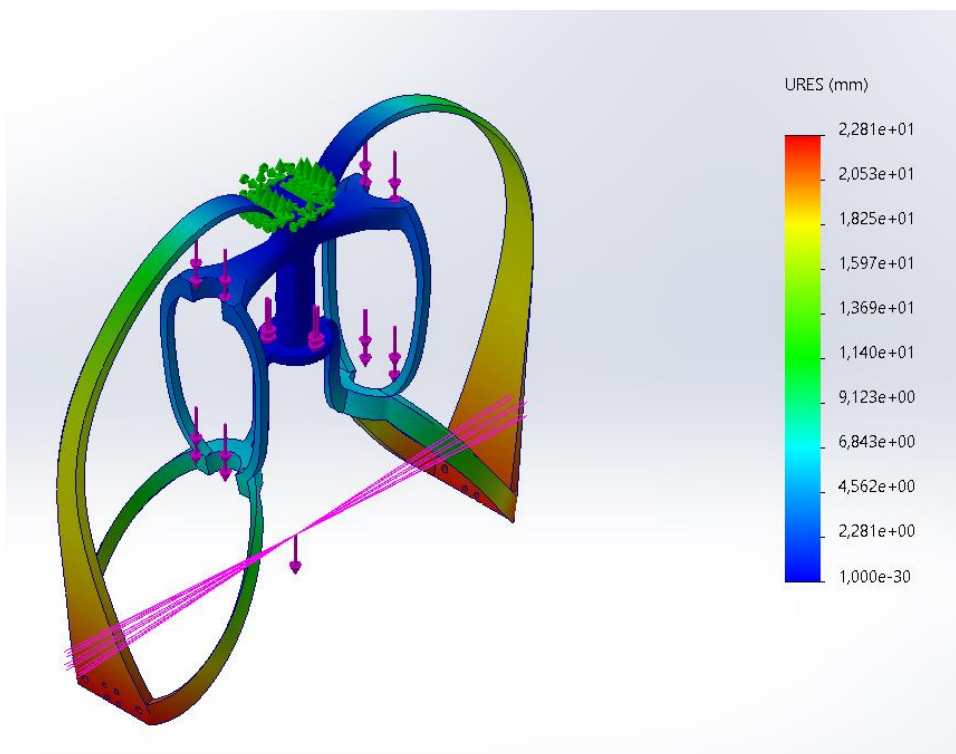


Figura 6-17: Deformacions totals quarta iteració disseny amb PA12; Font: Pròpia

L'aplicació d'aquest nou material suposa una reducció important dels desplaçaments a la peça, simultàniament que manté el coeficient de seguretat en el punt de major exigència per sobre dels 2.

Per acabar de reduir els desplaçaments, es proposa una estructura que eviti la compressió dels suports laterals.

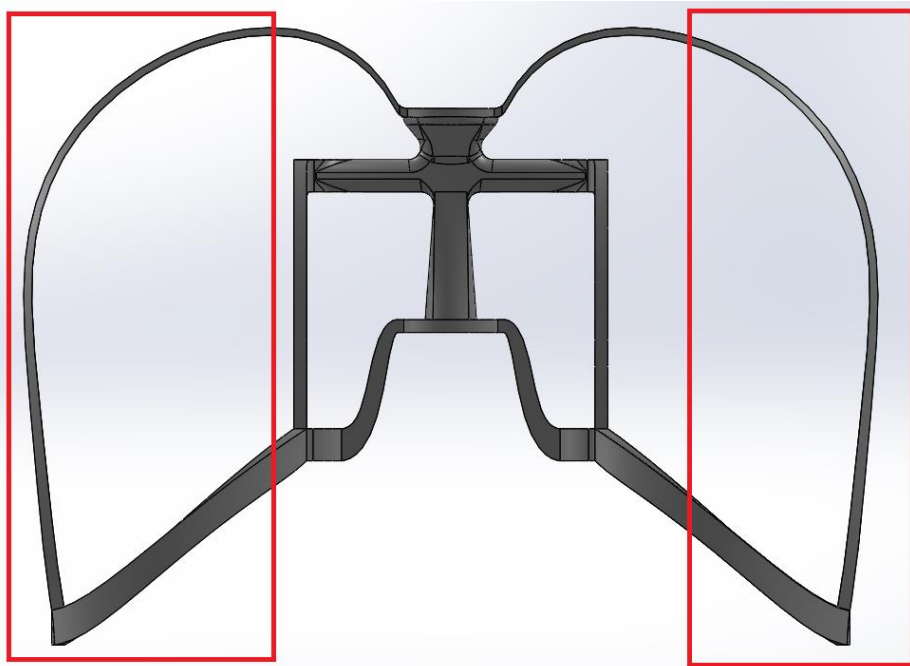


Figura 6-18: Quarta iteració disseny, vista lateral; Font: Pròpia

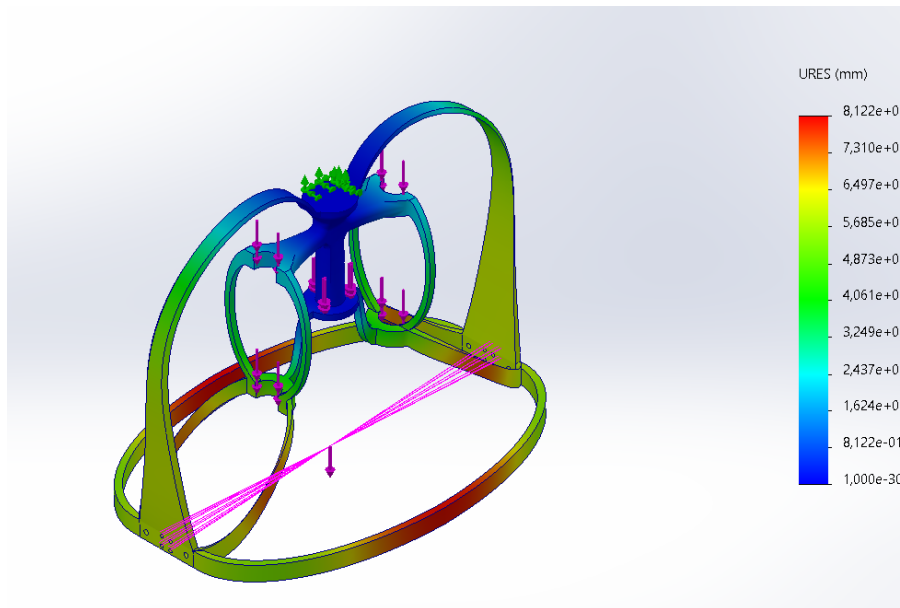


Figura 6-19: Deformacions totals cinquena iteració disseny; Font: Pròpia

Al col·locar l'estructura exterior les deformacions totals es redueixen dràsticament, concentrant-se especialment en aquesta nova estructura i no pas en els punts de contacte. Amb la mateixa configuració, comprovem les deformacions provocades per la subjecció únicament de les tapes:

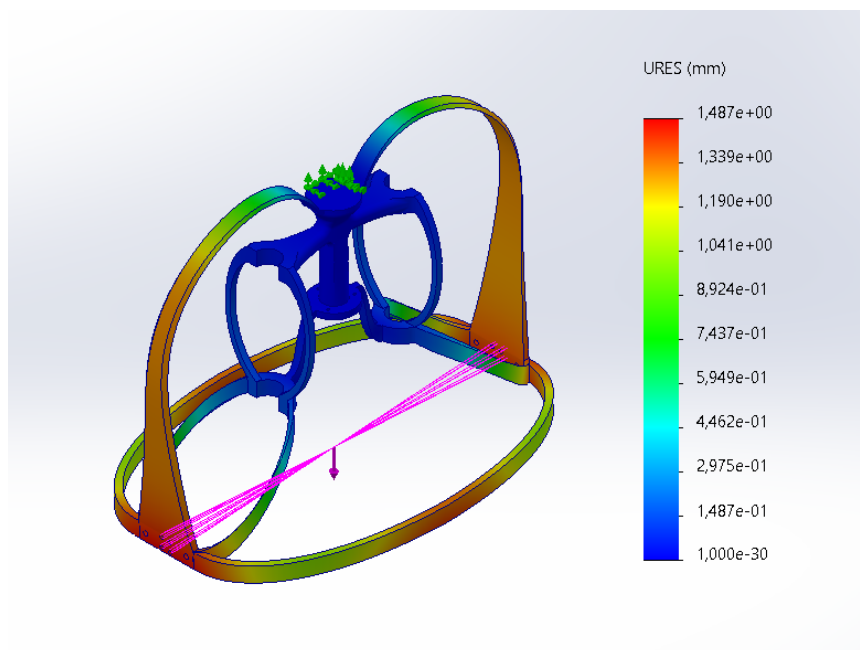


Figura 6-20: Deformacions totals cinquena iteració amb tapes només; Font: Pròpia

Amb les tapes únicament, les deformacions als extrems no arriben als 2mm, amb la qual cosa queda dins de les toleràncies de disseny de l'utilatge.

6.3.3. Iteració final

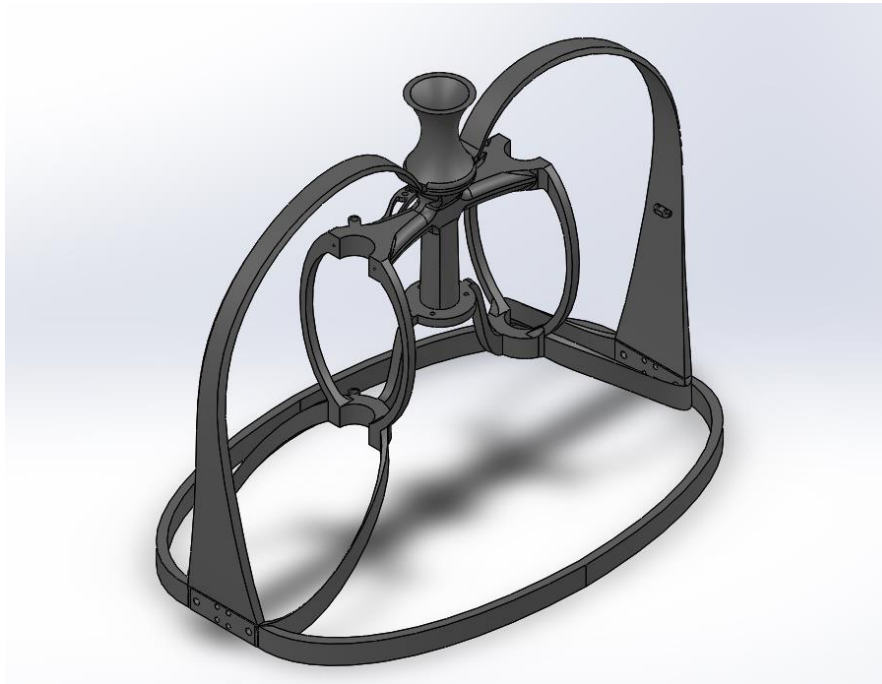


Figura 6-21: Iteració final; Font: Pròpia

De cara a aquesta última iteració s'han col·locat els suports per tal de que els tubs d'aire a alta pressió es mantinguin fora de les zones mòbils de l'utilatge. També s'han analitzat algunes zones que no tenien pràcticament esforços i se'ls ha reduït la massa deixant un buit a la zona interna central que no tenia pràcticament sol·licitacions.

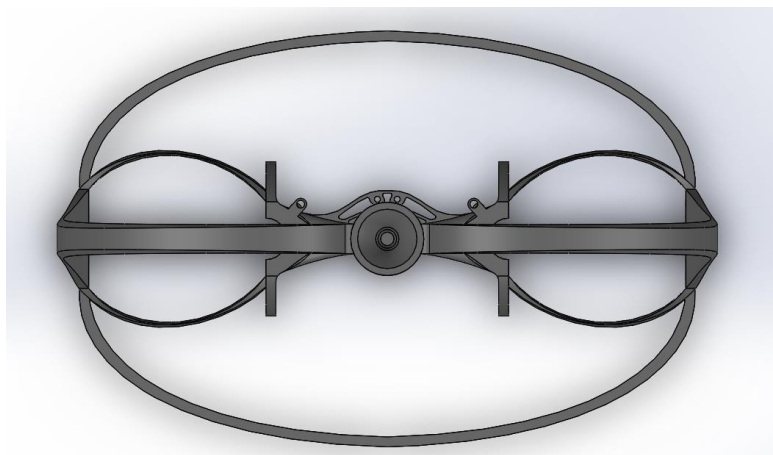


Figura 6-22: Iteració final; Font: Pròpia

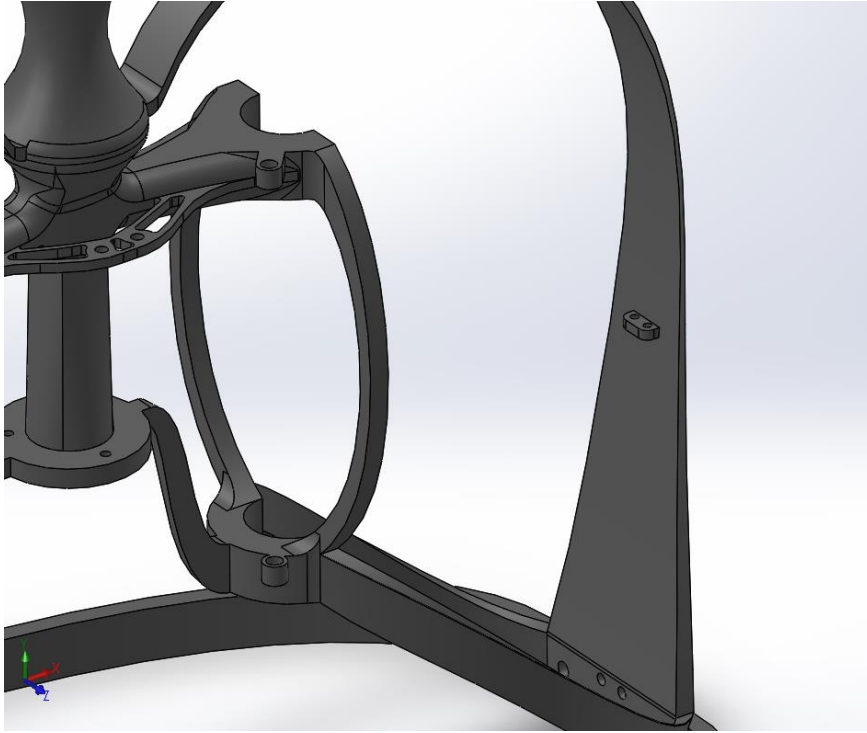


Figura 6-23: Iteració final; Font: Pròpia

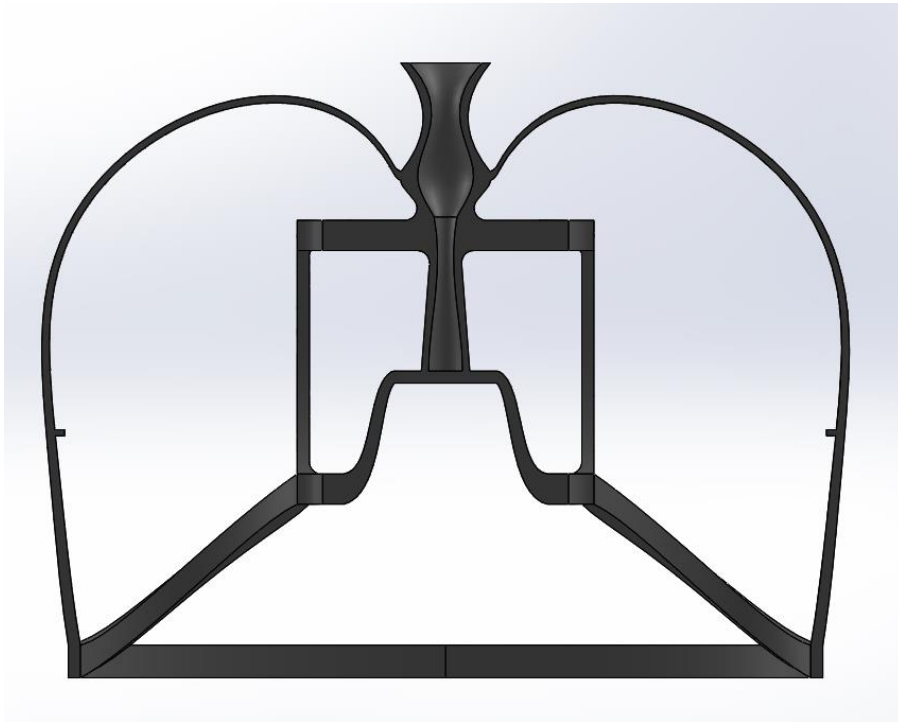


Figura 6-24: Iteració final; Font: Pròpia

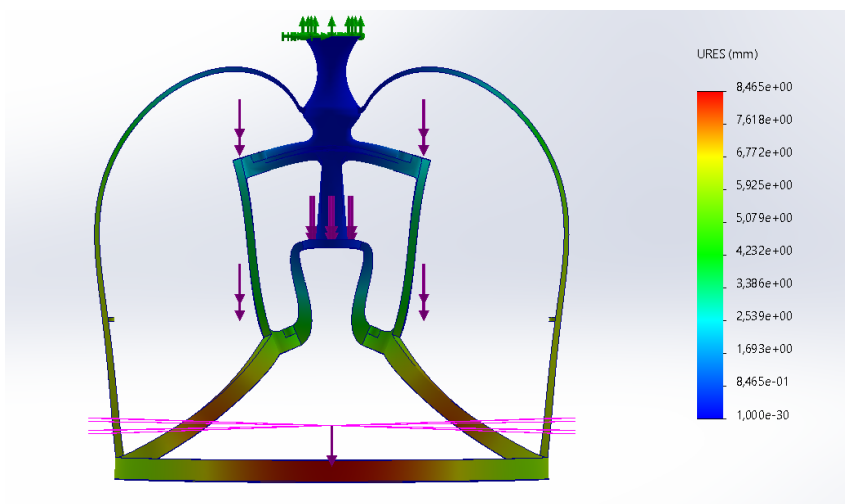


Figura 6-25: Deformacions totals iteració final; Font: Pròpia

Les deformacions totals amb les reduccions de massa aplicades segueixen sent dins dels paràmetres acceptables, amb la tendència a tenir elevades deformacions a les zones de NO contacte amb peces externes a l'utilatge.

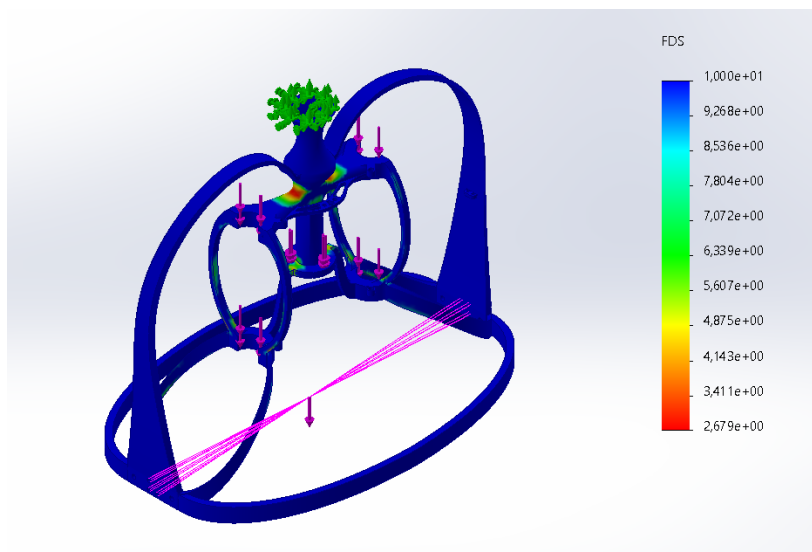


Figura 6-26: Factor de seguretat iteració final; Font: Pròpia

El factor de seguretat es manté en tot moment per sobre de 2.

7. Validació del disseny final

Totes les iteracions s'han realitzat aplicant la suma dels esforços per dinamitzar el procés, però s'ha de comprovar que la suma de les forces no hagin suposat la reducció d'esforços en certes àrees, per tant es faran dues simulacions més, una amb l'esforç de tall de colades, i l'altre amb el de subjecció de tapes.

També, s'ha incorporat la geometria per subjectar l'utilatge al robot (escurçant lleugerament el tronc superior, simultàniament que s'ha afegit l'encaix, tot per mantenir unes dimensions adequades per a la impressió), que finalment serà un model d'ABB el qual es descriu en el següent capítol.

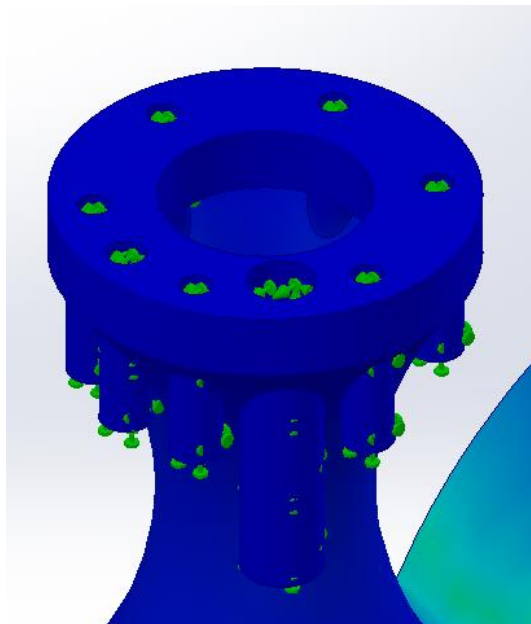


Figura 7-1: Geometria d'anclatge al robot; Font: Pròpia

7.1. Tall colada

A aquesta primera simulació hi ha els esforços de tall de la colada de PVC, la mordaça autocentrant ha de suportar la força exercida pels pistons, i els punts de contacte d'aquests han de resistir la força vertical exercida per aquests.

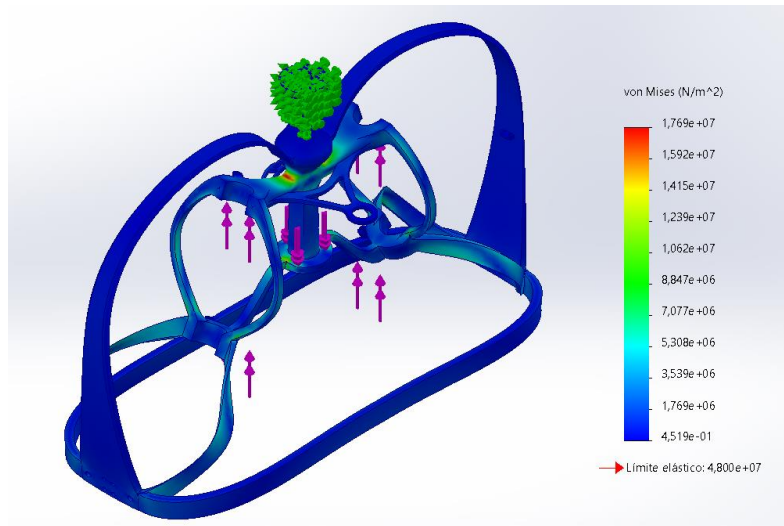


Figura 7-2: Esforços tall colada; Font: Pròpia

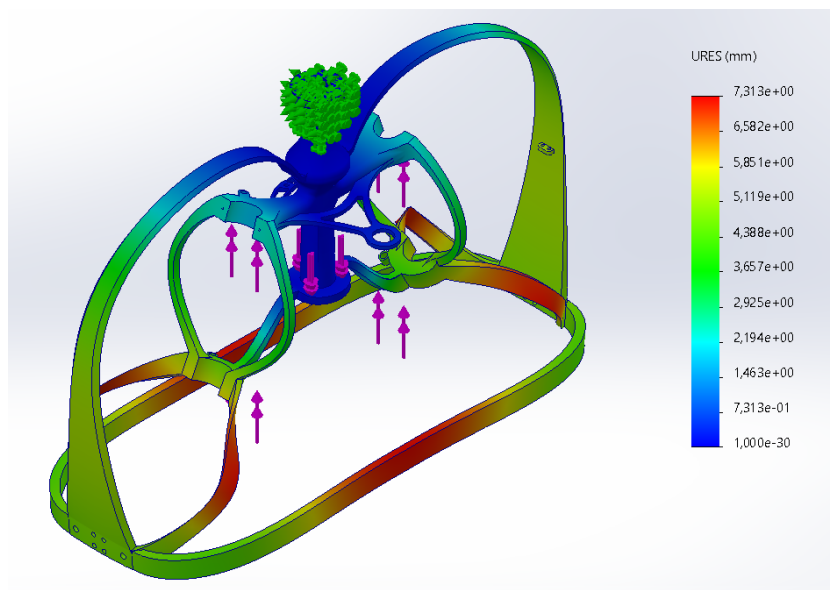


Figura 7-3: Deformacions tall colada; Font: Pròpia

Els esforços es segueixen concentrant en els mateixos punts, i pel que fa a les deformacions, es concentren principalment a les parts de l'utilatge dissenyades per la subjecció de les tapes, les zones de subjecció dels cilindres es veuran beneficiades per la rigidesa estructural d'aquests, amb la qual cosa es dona per vàlida la iteració per aquesta part del procés.

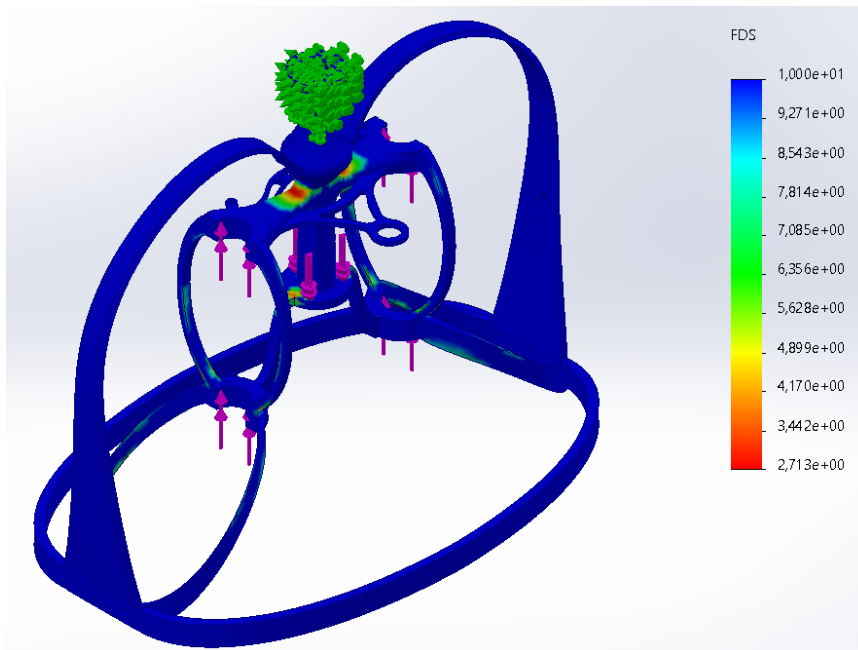


Figura 7-4: Coeficient de seguretat iteració final; Font: Pròpia

El coeficient de seguretat es manté igual que a les operacions anteriors (2,713) amb la qual cosa l'utilatge queda dins de toleràncies per aquest cas concret.

7.2. Subjecció tapa

A la segona simulació es comprova que l'utillatge es comporti de la forma esperada amb la càrrega de les tapes únicament.

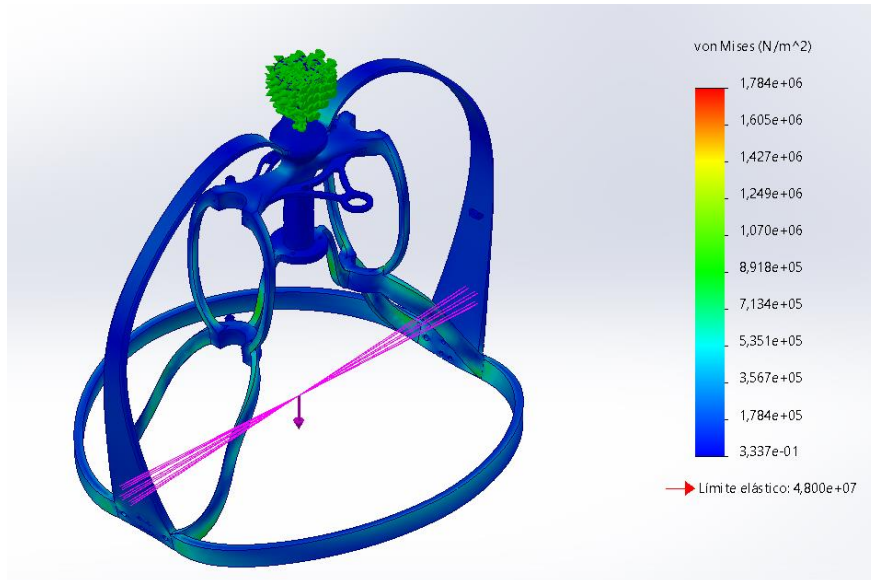


Figura 7-5: Esforços subjecció tapes; Font: Pròpia

Els esforços a tota la peça son molt reduïts al treure les càrregues generades per la operació de tall.

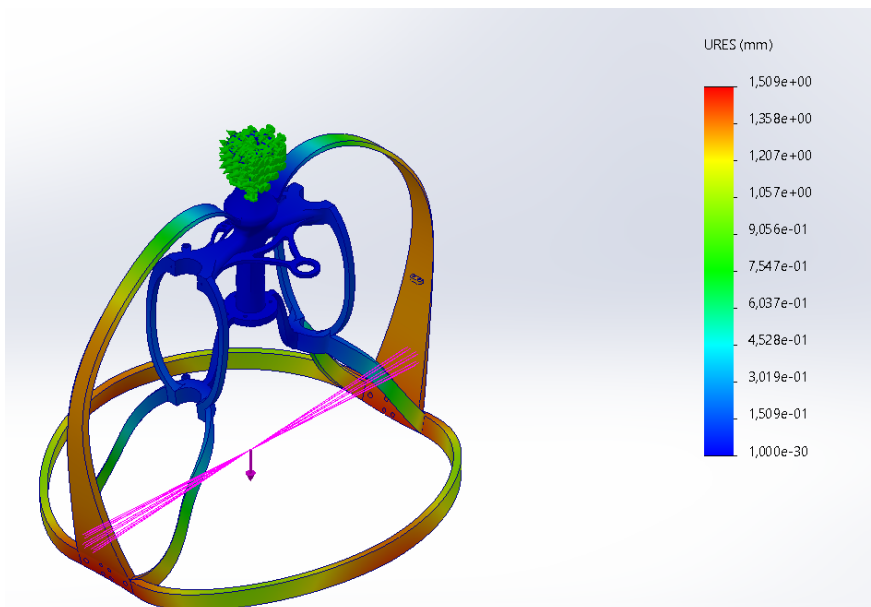


Figura 7-6: Deformacions subjecció tapes; Font: Pròpia

Les deformacions de la peça son tant petites que no s'espera que afecti al rendiment de l'utillatge.

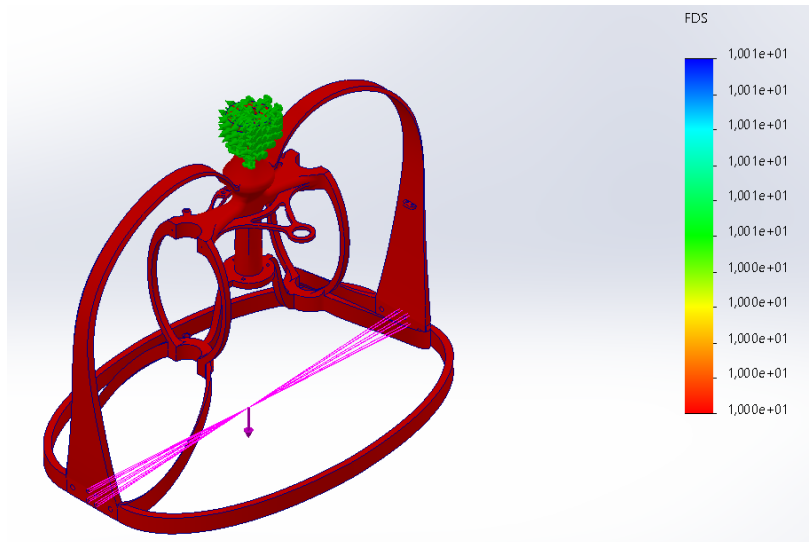


Figura 7-7: Factor de seguretat subjecció tapes; Font: Pròpia

Com s'ha esmentat abans, no s'espera cap mena de problemes els esforços aplicats (ja que com es veu a la Figura 7-7 no hi ha cap punt amb un factor de seguretat per sota de 10). Per tant, es considera que l'utilatge és apte per la tasca requerida.

8. Selecció d'un robot per operar l'utilatge

La selecció del robot es realitza des de diferents besants, la principal és des d'un punt de vista tècnic, és a dir, que pugui suportar els esforços als que es sotmet, i també des d'una perspectiva d'operació, es a dir, que tingui un manteniment relativament baix, un suport tècnic adequat, facilitats per programar-lo i integrar-lo a la cadena.

8.1. Selecció de proveïdor

Per començar la tria del robot, s'ha fet una revisió sobre la literatura sobre les principals marques del sector, que disposin d'una oferta prou ampla com per cobrir les necessitats del projecte així com presència en territori espanyol, resultant les següents: YASKAWA, KUKA, MITSUBISHI Electric, FANUC, OMRON, INGERSUN, ABB. Amb aquesta revisió s'assegura que la llista de proveïdors compleixin mínimament amb els criteris de fiabilitat, suport tècnic, facilitats i altres aspectes d'aquest caire. Seguidament s'ha consultat professionals amb experiència en el camp de l'automatització i la principal marca amb la que havien treballat a Espanya era ABB degut al seu suport tècnic, encara que les demés eren força utilitzades també i se'n donaven bones credencials.

Seguidament s'ha demanat informació a les diferents marques sobre la implementació d'un robot, i s'ha obtingut resposta de forma gairebé immediata d'ABB. Des de l'empresa han proporcionat un canal directe de suport tècnic per tal de poder obtenir informació sobre els diferents models, respondre qüestions sobre l'àmbit tant de característiques tècniques, implementació i equipament complementari, així com una visita per les instal·lacions de l'empresa per poder veure en funcionament els diferents models.



Figura 8-1: Instal·lacions d'ABB a Sant Quirze; Font [7].

8.2. Selecció del robot

8.2.1. Tipus de robot

Actualment hi ha diversos tipus de robot que varien segons l'aplicació i la filosofia de la cel·la de fabricació.

Per aplicacions d'alta velocitat i baixos requeriments mecànics existeixen els robots Scara i Delta, que s'utilitzen molt en aplicacions de "pick and place" o de baixa complexitat. Si s'enfoca a aplicacions amb requeriments mecànics elevats i velocitats elevades aleshores es tendeixen a utilitzar robots industrials de 6 eixos, col·laboratius de 6 eixos o cartesianes.

Discutint els requeriments tècnics de l'aplicació i el mètode de tall, el tècnic d'ABB recomana la utilització d'un robot de 6 eixos.

Aleshores, degut a que el tall de la colada es realitza mitjançant un cop sec que hauria de sustentar el robot, aconsella la implementació d'un robot industrial, ja que un col·laboratiu pot interpretar el cop sec com una col·lisió amb un ser humà i activar els mecanismes de parada d'emergència. També afegeix que el cost d'un robot col·laboratiu es superior a un d'industrial a mateixos requeriments tècnics, encara que aquesta diferència de preu es pot veure compensada pels elements de seguretat addicionals que requereix el robot industrial.

8.2.2. Selecció del model

Per la selecció del model, partint de la base que s'utilitzarà un robot industrial, cal dimensionar els esforços. La marca permet fer un primer cribatge de models en base a

la massa a desplaçar o la força a realitzar i el rang d'operació, i que per aplicacions com la proposada, la força màxima que se li pot aplicar al robot es pot considerar amb la següent expressió:

$$F = \frac{F_{max} \cdot d_{max}}{d}$$

On F es la força màxima aplicada a la distància d .

Això es vàlid sempre i quan el vector de la força aplicada sigui paral·lel i coincident amb el eix numero 6 del diagrama de la Figura 8-2.

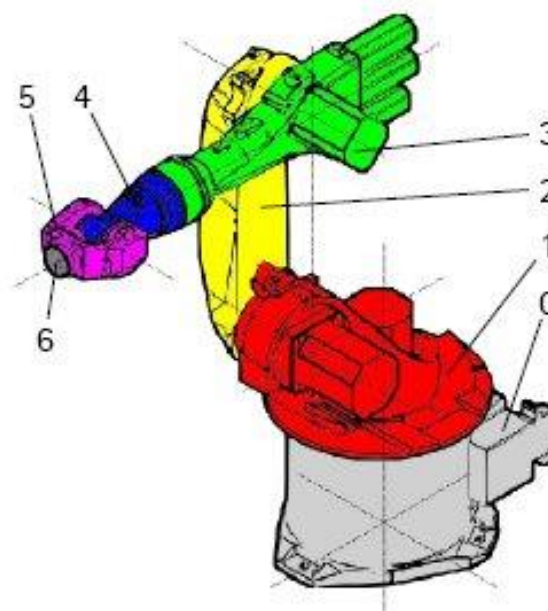


Figura 8-2: Esquema robot de 6 eixos; Font: [15].

Com l'utiltatge té un pes molt baix en comparació la força màxima aplicada, el criteri serà que pugui resistir el moment generat per la força dels pistons (780N que ja inclouen un coeficient de seguretat).

El que si que s'ha de tenir en compte, es que per moure l'utiltatge amb la tapa ha de respectar els diagrames de càrrega del robot. Per tal de interpretar-lo correctament, es necessita la massa o pes del conjunt utiltatge + tapa, i quin es el seu centre de masses.

Tal i com s'extreu de la Figura 8-3 i Figura 8-4; la massa total del conjunt utiltatge + tapa és de 4,4 kg, el centre de masses està desplaçat 371mm en la component vertical i

27,36 en la component horitzontal o radial (important aquest matíç pels diagrames de carrega) respecte el punt d'ancoratge al braç.

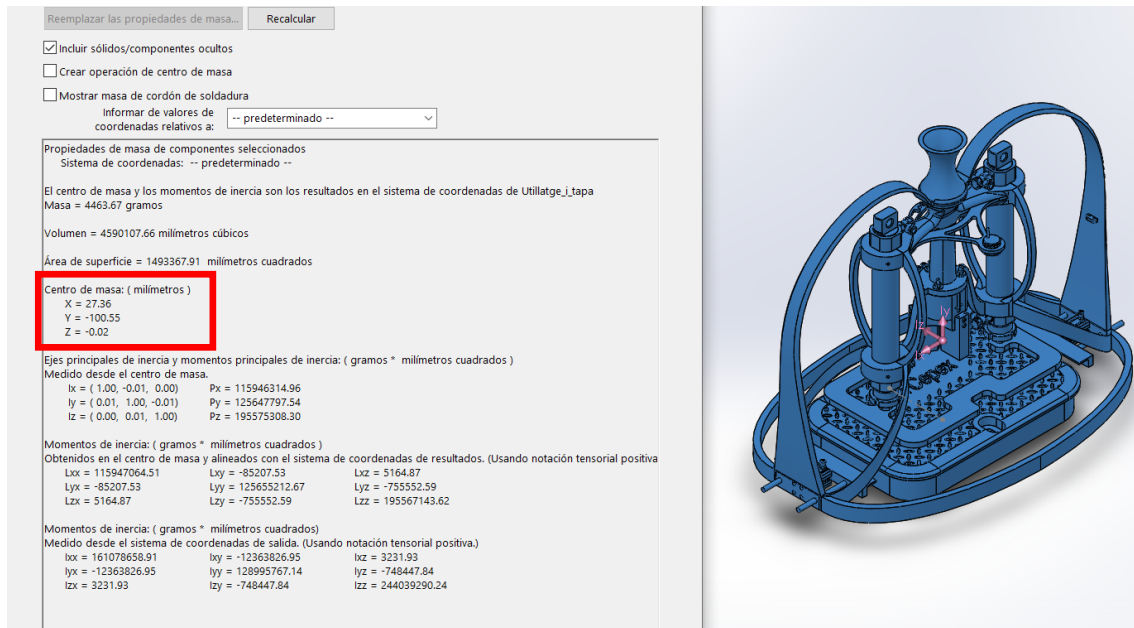


Figura 8-3: Centre de massa de l'utilatge; Font: Pròpia

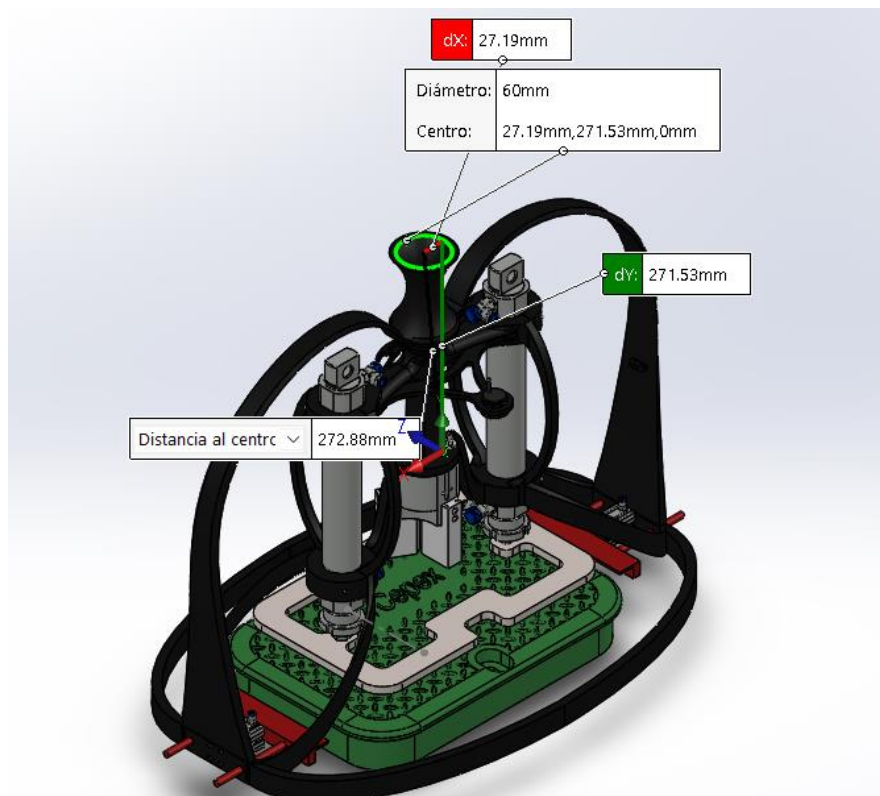


Figura 8-4: Distancia al centre de coordenades del punt d'ancoratge; Font: Pròpia

En base les dades anteriors i revisant els diferents models de ABB, un robot IRB 2400/podria ser suficient

IRB 2400/16 Extended load diagram

Below is a extended load diagram for IRB 2400/16, payload 20 kg.

No extra load on wrist.

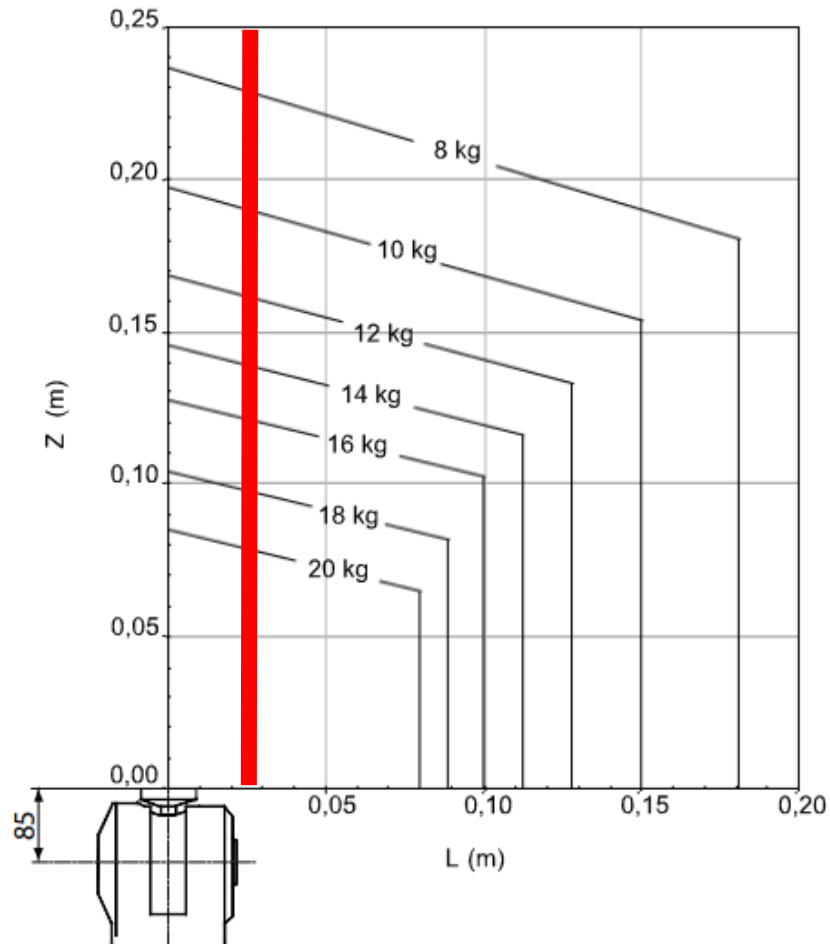


Figura 8-5: Diagrama de càrrega IRB 2400/16; Font: [16]

A la Figura 8-5, es pot veure com per 16 kg, la distancia z son 120mm aproximadament, per 8kg son 240mm. Per l'aplicació proposada, la massa màxima que suporta el robot serà:

$$T_{robot} = 16kg \cdot 120mm = 1920kg \cdot mm$$

$$M_{371mm} = \frac{1920kg \cdot mm}{371} = 5,1752kg$$

Sent suficient per desplaçar els 4,463 kg del conjunt amb un factor de seguretat de 1,16.

Seguidament s'ha de comprovar que el robot pugui aguantar l'impacte dels pistons neumàtics, es a dir que el moment màxim sobre els punts crítics no superi el màxim del robot.

Robot type	Max wrist torque axis 4 and 5	Max wrist torque axis 6	Max torque valid at load
IRB 2400/10	20.6 Nm	9.81 Nm	10 kg
IRB 2400/16	33.0 Nm	15.7 Nm	16 kg

Taula 8-1: Esforços màxims en la direcció de gir dels eixos crítics; Font: [16].

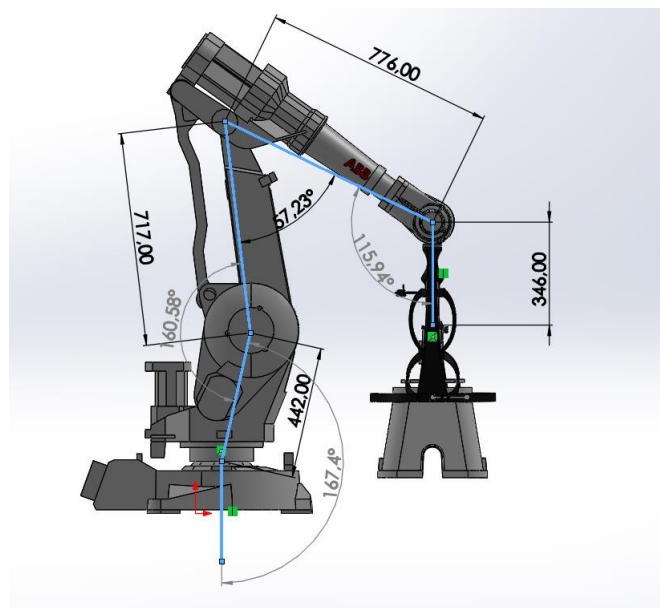


Figura 8-6: Diagrama amb barres marcades conjunt robot – utilatge; Font: Pròpia.

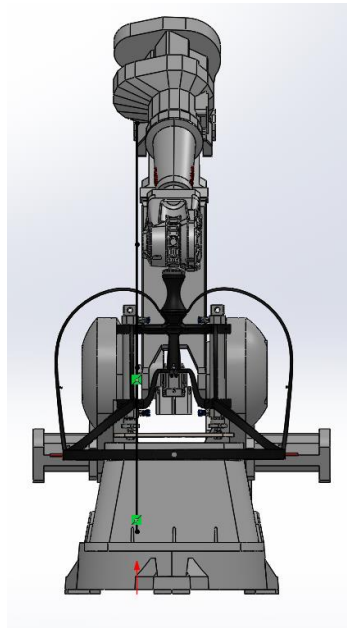


Figura 8-7: Diagrama amb barres marcades conjunt robot – utilatge; Font: Pròpia.

Com s'observa a la Figura 8-7, no hi ha moments en la component horitzontal respecte a la vista global del robot. En canvi a la Figura 8-6 si que hi ha moments respecte la component vertical.

El datasheet ens indica que els parells sobre els “canells” dels eixos no pot superar els valors de la Taula 8-1. Per tant s'ha buscat que sempre la disposició del robot a l'hora de realitzar la operació de tall de la colada, els parells en la direcció de gir dels eixos 6, 5 i 4 resulti en 0.

S'ha de garantir que aquesta condició es compleixi, ja que sinó el robot podria patir danys mecànics i/o estructurals.

Els tècnics d'ABB amb la documentació tècnica en ma diuen que hauria d'aguantar, però que recomanen altament realitzar un assaig de fatiga amb un model simplificat per garantir que el robot no patirà danys a llarg termini.

9. Procés de fabricació

En aquest capítol es donarà una proposta per tal de realitzar la correcta impressió de l'utillatge, així com es proporcionarà una guia per poder col·locar adequadament tots els components sobre aquest.

9.1. Fabricació de l'utillatge

El primer punt a definir són les dimensions màximes d'amplada i alçada de l'utillatge per tal de fer una proposta d'impressió d'aquest.

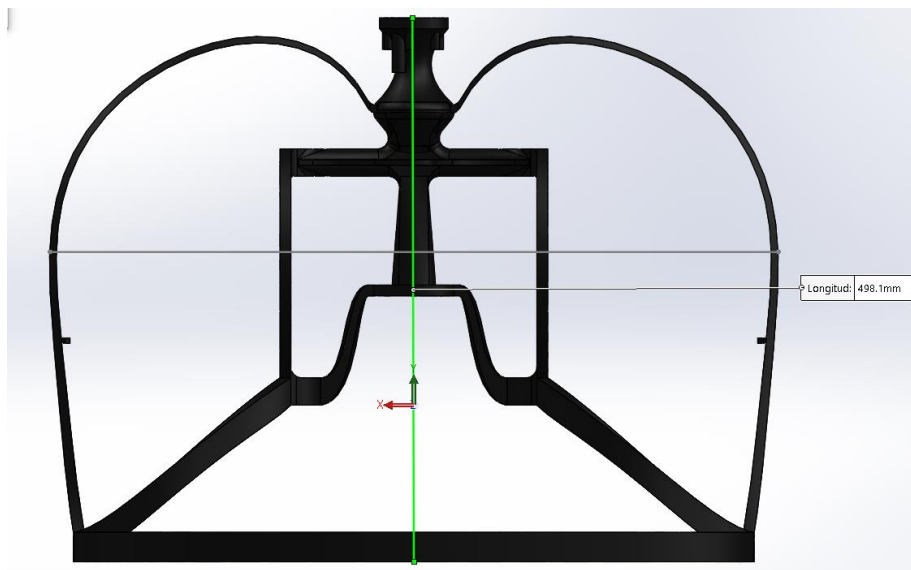


Figura 9-1: Dimensions cos utillatge; Font: Pròpia.

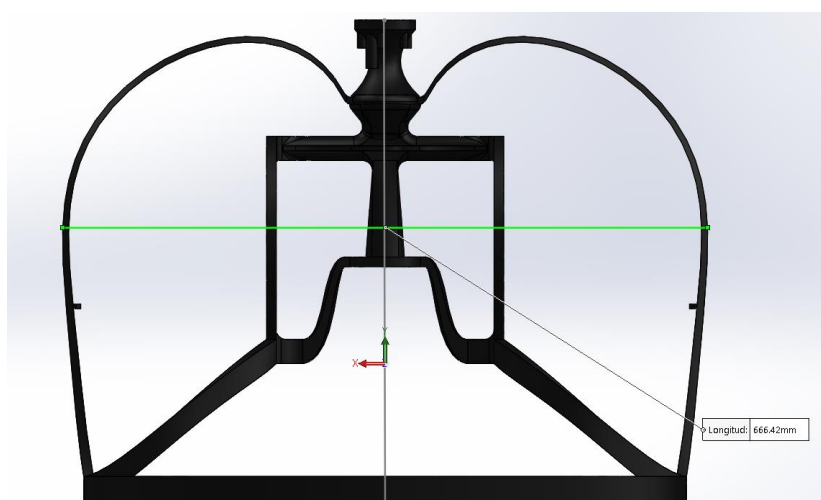


Figura 9-2: Dimensions cos utillatge; Font: Pròpia.

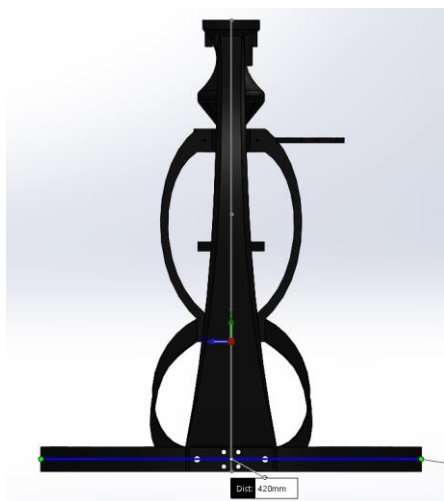


Figura 9-3: Dimensions cos utillatge; Font: Pròpia.

Es pot observar unes dimensions que s'arrodoniran a 420mm x 499mm x 667mm. Per tant l'àrea d'impressió, si es vol imprimir tot d'una sola peça (cosa que seria ideal per motius de resistència estructural) es requerirà una superfície d'impressió d'aquestes dimensions o superior.

Partint del requeriment dimensional i la tecnologia, s'estudiaran diverses opcions, empreses que fabriquin peces 3D, i si ninguna té la capacitat d'imprimir en SLS en aquestes dimensions, es buscarà una impressora capaç de fer-ho. En última instància, es dividirà la peça en 2 parts per poder-la imprimir, encara que pot comprometre-la estructuralment parlant.

Peça a fabricar	420mm	499mm	667mm
Empresa	Component 1	Component 2	Component 3
EC INTERNATIONAL GROUP [17]	500mm	500mm	700mm
Empresa	Component 1	Component 2	Component 3
sPro 230, de 3D Systems [18]	550mm	550mm	750mm

Taula 9-1: Impressores i empreses al mercat adequades per a la impressió de l'utillatge; Font: Pròpia.

Amb la investigació només s'ha trobat una empresa que imprimeixi amb les dimensions necessàries per fer l'utillatge d'una sola peça, i només s'ha trobat una impressora de la tecnologia SLS que pugui imprimir una peça de les dimensions necessàries.

Degut a que no s'espera haver de realitzar més peces d'aquestes dimensions, s'optarà per demanar un pressupost a l'empresa.

10. Pressupost

10.1. Costos de matèria primera

Components pneumàtics					
Component	Marca	Referencia catàleg marca	Quantitat	Preu Unitari	Preu total
Cilindre rodó	FESTO	195997	4	95,32 €	381,28 €
Electrovàlvula	FESTO	8043218	4	66,71 €	266,84 €
Connector commutador electrovàlvula	FESTO	30935	4	18,95 €	75,80 €
Vàlvula estrangulament i antiretorn D8	FESTO	8068729	8	14,57 €	116,56 €
Tub de plàstic 8x1	FESTO	197385	50	1,63 €	81,50 €
Racor de roscat ràpid D8	FESTO	153005	20	2,57 €	51,40 €
Silenciador D8	FESTO	6842	4	9,71 €	38,84 €
Connector	FESTO	130688	50	2,76 €	138,00 €
Pinça de 3 dits	FESTO	1163042	1	1.229,56 €	1.229,56 €
Mandíbula pinça 3 dits	FESTO	1180956	1	180,83 €	180,83 €
Vàlvula estrangulament i antiretorn D6	FESTO	193139	2	16,34 €	32,68 €
Racor de roscat ràpid en L D6	FESTO	153335	10	3,72 €	37,20 €
Racor de roscat ràpid D6	FESTO	153306	10	2,66 €	26,60 €
Tub de plàstic 6x1	FESTO	197384	50	1,12 €	56,00 €
Cilindre compacte	FESTO	8076410	2	41,12 €	82,24 €
Vàlvula estrangulament i antiretorn D4	FESTO	193138	4	16,34 €	65,36 €
Tub de plàstic 4x0,75	FESTO	197383	50	0,77 €	38,50 €
Racor de roscat ràpid D4	FESTO	153304	10	2,57 €	25,70 €
TOTAL:					2.924,89 €

Taula 10-1: Components pneumàtics

PLC - Actuadors - Sensors					
Component	Marca	Referencia catàleg marca	Quantitat	Preu Unitari	Preu total
Robot IRB 2600	ABB	IRB 2600	1	32.000,00 €	32.000,00 €
IRB 1300	ABB	IRB 1300	1	26.490,00 €	26.490,00 €
CPU	ABB	PM564-RP-ETH	1	381,98 €	381,98 €
Mòdul d'entrades	ABB	S500-eCo I/O DI 572	2	187,29 €	374,58 €
Mòdul de sortides de relé	ABB	S500-eCo I/O DO 573	2	145,10 €	290,20 €
Terminal block	ABB	TA565-9 ABB 1TNE968901R3105	5	4,29 €	21,45 €
Terminal block	ABB	TA565-11 ABB 1TNE968901R3106	5	5,21 €	26,05 €
Càmera de visió artificial	FLIR	Forge 5 GigE	1	1.125,00 €	1.125,00 €
Tornavís automàtic	WEBER	SEV-P	1	2.924,00 €	2.924,00 €
Feeder de cargols	WEBER	Bowl feeder ZEB	1	5.545,00 €	5.545,00 €
Cinta transportadora 5m	jungheinrich	106885-EAA	1	7.320,00 €	7.320,00 €
Suports cinta transportadora	jungheinrich	106933-EAA	6	271,00 €	1.626,00 €
Fotocèl·lula	RS-Pro	729-5151	4	130,68 €	522,72 €
TOTAL:					78.646,98 €

Taula 10-2: PLC-Actuadors-Sensors; Font: Pròpia

Altres					
Component	Marca	Referencia catàleg marca	Quantitat	Preu Unitari	Preu total
Porta peatonal tanca seguretat industrial	Vallas Heracles	2667	2	350,25 €	700,50 €
Panel valla de seguridad industrial	Vallas Heracles	2272	12	42,69 €	512,28 €
Poste para panel de valla de seguridad	Vallas Heracles	2665	16	36,24 €	579,84 €
Utilitatge	Pròpi	-	2	2.347,00 €	4.694,00 €
Suports tapes utilitatge	Pròpi	-	4	122,00 €	488,00 €
Abraçaderes pistons	Pròpi	-	8	15,00 €	120,00 €
Cargol DIN EN 7984 M4x25	Würth España	008504 25	8	0,24 €	1,92 €
Arandela DIN 9021 - 4.3	Würth España	4164	8	0,02 €	0,16 €
Cargol DIN-912 M5x65	Gumarfe	912M565Z	3	0,18 €	0,54 €
Arandela DIN 7349-5.3	Würth España	4099155	3	0,17 €	0,51 €
Femella DIN 934 - M5	Würth España	3175	3	0,08 €	0,24 €
Cargol DIN963-M2X20	Würth España	02862 20	8	0,09 €	0,72 €
TOTAL:					7.098,71 €

Taula 10-3: Altres materials; Font: Pròpia

10.2. Pressupost final

Capítol I: Elaboració del projecte				
COST D'ENGINYERIA				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
1.1	Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa	60	30,00 €	1.800,00 €
1.2	Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució	96	30,00 €	2.880,00 €
1.3	Hores de projectista destinades al desenvolupament i disseny de la solució (H/S)	546	30,00 €	16.380,00 €
1.4	Hores de projectista destinades a la redacció de la documentació final i els seus annexes	72	30,00 €	2.160,00 €
COSTOS IMPLEMENTACIÓ				
1.5	Implementació del projecte	300	30,00 €	9.000,00 €
TOTAL CAPÍTOL I		Marge:	10%	35.442,00 €

Taula 10-4: Pressupost – Capítol 1; Font: Pròpia

Capítol II: Material			
TOTAL CAPÍTOL II sense imprevistos			88.670,58 €
TOTAL CAPÍTOL II		Imprevistos	15%
			101.971,17 €

Taula 10-5: Pressupost – Capítol 2; Font: Pròpia

Tots els conceptes del capítol 2 es troben recollits a punt de Costos de matèria primera

Capítol III: Amortitzacions				
EQUIPS INFORMÀTICS I SOFTWARE				
Codi	Descripció	Cos Inv.	Nº de projectes	€/projecte
3.1	Ordinador	1.500,00 €	6	250,00 €
3.2	Software SolidWorks	4.167,00 €	2	2.083,50 €
3.3	Software MS-Project	929,00 €	6	154,83 €
TOTAL CAPÍTOL III				2.488,33 €

Taula 10-6: Pressupost – Capítol 3; Font: Pròpia

Pressupost final	
Total Capítol I	35.442,00 €
Total Capítol II	101.971,17 €
Total Capítol III	2.488,33 €
Total	139.901,50 €
IVA (21%)	29.379,32 €
Total Pressupost	169.280,82 €

Taula 10-7: Resum pressupost

11. Anàlisi econòmic

Per realitzar l'anàlisi econòmic es realitzaran les següents consideracions:

- Torns de treball: 3
- Setmanes treballades al any: 48
 - Dies setmanals: 5
 - Dies treballats anuals: 200
- Amortització d'actius fixes d'oficina (material d'ofimàtica i altres):
- Amortització d'actius fixes industrials (maquinaria):

11.1. Situació actual

Com s'ha esmentat en capítols anteriors, la cadena de producció consta de dues parts, la relativa a la màquina d'injecció que ja es troba totalment automatitzada, i la part posterior corresponent al tractament de les peces injectades que es realitza mitjançant un procés manual.

11.1.1. Capacitat de producció

Des de l'empresa del grup Fluidra s'ha proporcionat les següents dades relacionades als temps de cicle de les diferents arquetes que passen per la línia de producció.

Codis	Pes (kg)	T cicle(s)
112604RB	3,647	119
33003A	2,741	136
112603RB	3,132	130
2674	2,871	115
2675	3,366	129
33002A	2,707	115
7777	2,8	134
34583	3,185	127
Mitjana de cicle		125,625

Taula 11-1: Temps de cicle per model d'arquetes; Font: [9]

11.1.2. Anàlisi de costos actuals

En base a dades estadístiques obtingudes de més 1.300 persones, el salari net mitjà d'un operari de fàbrica amb certa experiència a Espanya ronda els 26.000€ ([Salario para Fabricante en España - Salario Medio \(talent.com\)](#)) anuals, que serà aproximadament 35.000 € bruts (35.000€ bruts equivalen a exactament 26.435,50€).

Aquest salari, suposa uns costos per l'empresa determinats pels següents conceptes [19]:

- 23,6% corresponent a contingències comuns
- 0,70% per a formació professional
- 5,50% de desocupació pels llocs indefinits i 6,7% pels temporals
- 0,20% al fons de garantia social (FOGASA)

Per tant, el calcularíem amb l'expressió:

$$\text{Costos empresa} = \text{salari brut} \cdot (1 + 0,236 + 0,007 + 0,055 + 0,002)$$

Que pels 27.315,28€ necessaris per a un operari seria:

$$\text{Costos empresa} = 35.000\text{€} \cdot 1,3 = 45.500,00\text{€}$$

En base a les dades del punt anterior i a l'estudi del procés, s'obté que el cost anual per torn operant a la fabrica era de $\frac{60}{125,625} \cdot 45.500\text{€} = 21.731,34\text{€}$, mentre que després de la millora resta en $\frac{19}{125,625} \cdot 45.500\text{€} = 6.881,59\text{€}$, suposant un estalvi per torn de 14.849,75€, a 3 torns, son 44.549,25€.

11.2. Anàlisi de rendibilitat:

Concepte	Any 1	Any 2	Any 3	Any 4	Any 5
Estalvi anual	44.549,25 €	44.549,25 €	44.549,25 €	44.549,25 €	44.549,25 €
Costos de producció i despeses material afegits	34.086,56 €	34.086,56 €	34.086,56 €	34.086,56 €	34.086,56 €
Amortització	33.856,16 €	33.856,16 €	33.856,16 €	33.856,16 €	33.856,16 €
Benefici abans d'impostos (BAI)	10.462,69 €	10.462,69 €	10.462,69 €	10.462,69 €	10.462,69 €
Benefici net (BN)	7.323,88 €	7.323,88 €	7.323,88 €	7.323,88 €	7.323,88 €
Cash-Flow	41.180,05 €	41.180,05 €	41.180,05 €	41.180,05 €	41.180,05 €
Inflació	4,0%				
TIPUS D'INTERES	2,0%				
VAN	49.052,54 €				
C ₀	169.280,82 €				
ICB (%)	28,98%				

Taula 11-2: Rendibilitat a 5 anys del projecte; Font: Pròpia

S'han realitzat 2 estudis de rendibilitat, 1 a un període de 3 anys amb un ICB de -14,33%, i un a 5 anys amb un ICB del 28,98%. Aquesta instal·lació retorna la inversió al 4rt any d'operació. D'entrada s'aconsella estudiar altres processos a optimitzar abans que el proposat doncs l'ICB del 28,98% en 5 anys és baix. Tot i així, cal tenir en compte que la instal·lació pot tenir una vida útil molt elevada, i que en cas de futures modificacions en el producte es pot adaptar el disseny proposat fàcilment si els marges dimensionals de l'utilatge no són suficients per absorbir aquests canvis.

12. Patents

12.1. Patentabilitat

Abans de definir si el projecte es patentable o no, cal establir quins son els criteris que ha de seguir qualsevol invenció per tal d'optar a ser patentat. Segons la legislació espanyola [20], per considerar una creació com patentable ha de complir amb els següents 3 punts de forma general:

- Que la invenció sigui nova al món: Implica que no ha d'haver-hi constància de res al mon que sigui igual que el que s'està presentant.
- Que sigui inventiva: És a dir, que no estigui basat en alguna cosa obvia que pugui realitzar qualsevol.
- Que no sigui abstracta: Que tingui una aplicació real i es pugui portar a terme.

En base a aquestes directives, cap part del projecte és patentable, ja que es realitza una integració de productes comercials, i si que hi ha una tasca de disseny però que consultant la literatura relacionada amb aquest tipus de projectes, existeixen conceptes funcionalment semblants o iguals però amb geometries diferents.

12.2. Infracció de patents

En quan a la infracció de patents, s'ha fet un breu estudi de la literatura existent i no s'ha infringit cap patent. Sumat a això, aquest és un producte únic fet a comanda d'una empresa per a un procés, i no per la seva comercialització, amb la qual cosa no suposarà en cap cas, un problema legal des de aquesta perspectiva.

13. Impacte social i ambiental

El projecte suposa un impacte ambiental negligible, ja que no s'utilitzen materials contaminants ni perillosos de manipular, a més a més, s'està realitzant dins d'una nau ja existent amb tota la infraestructura necessària pel tractament de possibles residus.

L'únic aspecte que se li pot retreure es que al automatitzar el procés, s'està consumint energia elèctrica, però degut a que s'han seleccionat equips de marques de qualitat que fabriquen equips molt eficients, aquest impacte és pràcticament nul, però tot i així es pot compensar fàcilment realitzant una instal·lació d'infraestructures de generació d'energies renovables, tals com plaques solars o generadors eòlics.

En quan a impacte social, també es força reduït ja que es tracta d'un procés petit, però tot i així es un impacte positiu ja que s'està reduint les tasques de poc valor afegit, permetent que la persona encarregada d'aquest procés es centri en altres tasques.

14. Perspectiva de gènere:

Aquest capítol té com a objectiu determinar si la implementació d'aquest projecte té algun impacte que pugui generar una desigualtat degut al gènere.

En primer lloc, entenent l'objectiu del projecte, que es la millora d'un procés dins de l'àmbit industrial, trobem que la premissa principal es realitzar un producte que no té com a objectiu la comercialització, i per tant, no té un públic objectiu pròpiament, seguidament, tot aquest projecte va enfocat a l'automatització total del procés, és a dir, eliminar o reduir el màxim possible el component humà dins del procés per tal d'alliberar recursos de personal i destinar-los a tasques de major valor afegit.

Per tant, ens trobem davant d'un objecte centrat en l'eficiència i funcionalitat, en que l'usuari humà té poca o gens interacció amb ell, amb la qual cosa, no es poden produir situacions de discriminació de cap tipus (ni de gènere, ni d'ètnia cultural, ni religió).

Si que es pot argumentar, que com que anteriorment, en parts del procés es requeria de força física per poder realitzar-lo, l'automatització de les parts més exigents físicament ho fa inclusiu amb gairebé tot tipus de col·lectius, ja que únicament es requeriran feines d'inspecció visual puntuals per veure que el procés funciona adequadament.

15. Organització del treball

En aquest capítol es realitzarà una planificació global de la tasca a fer. En primera instància, es definiran les activitats necessàries per la realització del treball. Seguidament, es proposaran uns punts de control per tal de verificar el progrés d'aquest. A continuació, dins de les activitats principals, es definiran els punts de cada una d'aquestes per tal de detallar-les millor. Per últim, es plantejarà un anàlisi de riscos amb una proposta de gestió d'aquests.

Addicionalment, destacar que com la present memòria es realitza en conjunt amb un segon treball, dins la planificació es tindran en compte les activitats, processos i riscos del segon treball, ja que poden afectar de forma directa al desenvolupament del present.

15.1. Planificació

Per fer la planificació del projecte s'ha considerat una jornada de 6h diàries a 5 dies a la setmana.

El treball s'ha dividit en diverses àrees globals les quals es troben detallades després amb totes les subactivitats pertinents.

ACTIVITAT	DURACIÓ	INICI	FINAL
AVANTPROJECTE	8 dies	20/12/23	29/12/23
REVISIÓ FEEDBACK AVANTPROJECTE	2 dies	01/01/24	01/01/24
DEFINICIÓ DE VARIABLES	16 dies	03/01/24	24/01/24
DISSENY DE L'UTILLATGE	48 dies	25/01/24	01/04/24
SELECCIÓ ROBOT	8 dies	18/03/24	27/03/24
PARAMETRITZACIÓ PLC	13 dies	28/03/24	15/04/24
TRIA DEL HARDWARE	9 dies	16/04/24	26/04/24
PROGRAMACIÓ PLC	13 dies	29/04/24	15/05/24
DOCUMENTACIÓ FINAL	12 dies	16/05/24	31/05/24

Taula 15-1: Durada del projecte i activitats; Font: Pròpia.

ACTIVITAT	DURACIÓ (DIES)	INICI	FINAL	PREDECESSORA
Avantprojecte				
Estudi del problema	2 Dies	20/12/23	21/12/23	
Plantejament inicial de la solució	4 Dies	22/12/23	27/12/23	2
Redacció del document	2 Dies	28/12/23	29/12/23	3
Revisió feedback avantprojecte	2 Dies	01/01/24	02/01/24	4
Definició de variables				
Estudi del procés existent	4 Dies	03/01/24	08/01/24	5
Estudi de l'arqueta	3 Dies	09/01/24	11/01/24	7
Disseny del mètode de tall i subjecció	6 Dies	12/01/24	19/01/24	8
Definició d'esforços	3 Dies	22/01/24	24/01/24	9
Disseny de l'utilatge				
Esbossos de l'utilatge	5 Dies	25/01/24	31/01/24	10
Disposició inicial d'actuadors a l'utilatge	3 Dies	01/02/24	05/02/24	12
Selecció d'actuadors comercials	3 Dies	06/02/24	08/02/24	13
Selecció del material d'impressió	2 Dies	09/02/24	12/02/24	14
Primera iteració del utilatge	6 Dies	13/02/24	20/02/24	15
Iteracions de disseny	18 Dies	21/02/24	15/03/24	16
Validació disseny final	3 Dies	28/03/24	01/04/24	22
Selecció robot				
Estudi proveïdors de robots	3 Dies	18/03/24	20/03/24	17
Selecció robot	3 Dies	21/03/24	25/03/24	20
Validació d'esforços	2 Dies	26/03/24	27/03/24	21
Parametrització PLC				
Plantejament de la línia d'automatització	3 Dies	28/03/24	01/04/24	22
Definició d'entrades	1 Dia	02/04/24	02/04/24	24
Definició de sortides	1 Dia	03/04/24	03/04/24	25
GRAF programa	6 Dies	04/04/24	11/04/24	26
Proposta actuadors i sensors	2 Dies	12/04/24	15/04/24	27
Tria del Hardware				

Estudi proveïdors de PLC	2 Dies	16/04/24	17/04/24	28
Selecció del PLC	4 Dies	18/04/24	23/04/24	30
Selecció sensors i actuadors	3 Dies	24/04/24	26/04/24	31
Programació PLC				
Preparació entorn de treball PLC	1 Dia	29/04/24	29/04/24	32
Programació PLC	7 Dies	30/04/24	08/05/24	34
Revisió d'errors	5 Dies	09/05/24	15/05/24	35
Documentació Final				
Estudi econòmic final	2 Dies	16/05/24	17/05/24	36
Estudi ambiental final	2 Dies	20/05/24	21/05/24	38
Redacció memòria final	4 Dies	22/05/24	27/05/24	39
Revisió memòria final	4 Dies	28/05/24	31/05/24	40

Taula 15-2: Planificació en detall; Font: Pròpia

15.2. Gestió de riscos

Els riscos s'han dividit en 2 grups, els riscos en la fase de projecte, i els riscos en la fase d'implementació. En la fase de preparació del projecte no es poden admetre endarreriments en l'entrega final. Els riscos considerats en la fase de preparació es poden traslladar a la fase d'implementació també.

Riscos en la fase de preparació del projecte :

Risc	Descripció del risc	Nivell de risc	Acció correctiva	Retard permès
1	Recurs principal (enginyer) no disponible	4	Realitzar hores extres fins recuperar la planificació	0 a 2 dies
2	Temps emprat major al planejat	3	Realitzar hores extres fins recuperar la planificació	0 a 2 dies
3	Informació sol·licitada a un proveïdor amb retard	2	Avançar en tasques no dependents i buscar un nou proveïdor si la situació s'allarga	0 a 1 dia

Taula 15-3: Riscos en la fase de preparació; Font: Pròpia

Riscos en la fase d'implementació del projecte:

Risc	Descripció del risc	Nivell de risc	Acció correctiva	Retard permès
4	Recurs principal (enginyer) no disponible	4	Realitzar hores extres fins recuperar la planificació	0
5	Eines o equips inadequats o insuficients	2	Adquirir l'equipament o eines necessaris	2 dies
6	Material defectuós	2	Reenviar la comanda del material en qüestió	5 dies
7	Incompliment de la normativa	5	Aturar la implementació i revisar tots els punts afectats	3 dies

Taula 15-4: Riscos en la fase d'implementació; Font: Pròpia

15.3. Seguiment

Per garantir la correcta implementació del projecte es realitzarà un seguit de punts de control al llarg del projecte en que es veurà si s'han complert objectius. Aquests es faran mensuals al primer dilluns de cada més.

- Punt de control 1: 01/01/2024

S'ha estudiat la casuística plantejada per l'empresa, analitzat els CAD's

Primer esbós de la solució

Document redactat

Error de planificació, no es pot revisar el feedback del avantprojecte degut a que la data d'entrega es el 12/01/2024, es posposarà fins a l'entrega.

- Punt de control 2: 05/02/2024

El primer esbós de la solució no es pot aplicar ja que hi ha problemes d'execució tècnica que s'han observat amb l'estudi en profunditat de l'arqueta (peça a tractar), s'ha de modificar i suposa un retard.

Arquetes parametritzades en les components geomètriques principals i de massa.

Es defineix un procés de tall adaptable a tots els grups dimensionals

- Punt de control 3: 04/03/2024

S'han definit els esforços derivats del procés de tall

La disposició inicial dels actuadors al utilatge tenen sentit i no hi ha col·lisions inesperades.

Selecció de material realitzada

Es comencen les iteracions de disseny

- Punt de control 4: 01/04/2024

S'ha requerit un canvi de material i tecnologia d'impressió degut a la evolució que està tenint la geometria. Les iteracions van reduint el pes mantenint les prestacions de la peça

S'han cercat diversos proveïdors de robots i s'ha contactat amb ABB, s'ha allargat el procés de selecció del robot a posterior d'una visita guiada a les instal·lacions. S'ha de canviar el plantejament inicial d'utilitzar un COBOT degut a que les mesures de seguretat d'aquest el fan incompatible amb els esforços sol·licitats, tot i que mecànicament es capaç de suportar-los.

Amb la selecció del robot es fa una validació dels esforços i es compleixen adequadament.

- Punt de control 5: 06/05/2024

Es realitza sense incidències la definició d'entrades, sortides, el programa i el graf d'aquest així com la selecció de PLC.

La programació del PLC està evolucionant més lentament del esperat però les etapes programades estan funcionant correctament.

- Punt de control 6: 03/06/2024

Programa debugat sense incidències.

Amb la realització del pressupost, el contacte d'ABB ha demanat els preus i han suggerit un cavi de robot del IRB 2400 al 2600, que és una opció més econòmica i apte per l'aplicació proposada. S'ha revisat els requeriments mecànics i compleix amb la qual cosa s'accepta la proposta de canvi.

16. Resultat final

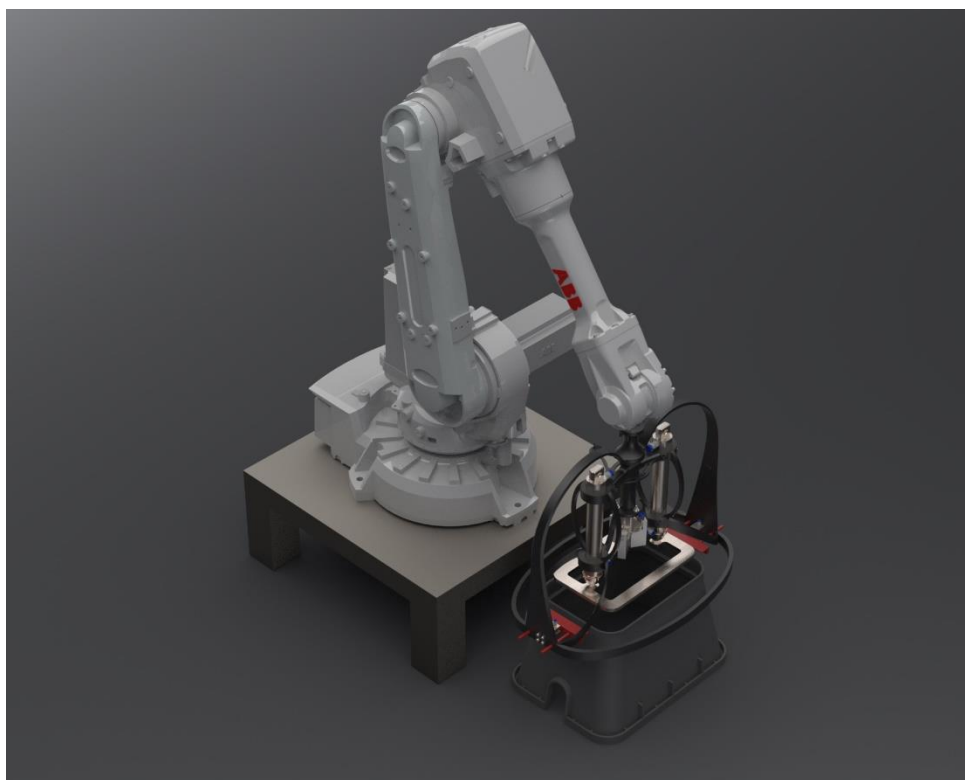


Figura 16-1: Vista de la solució final; Font: Pròpia

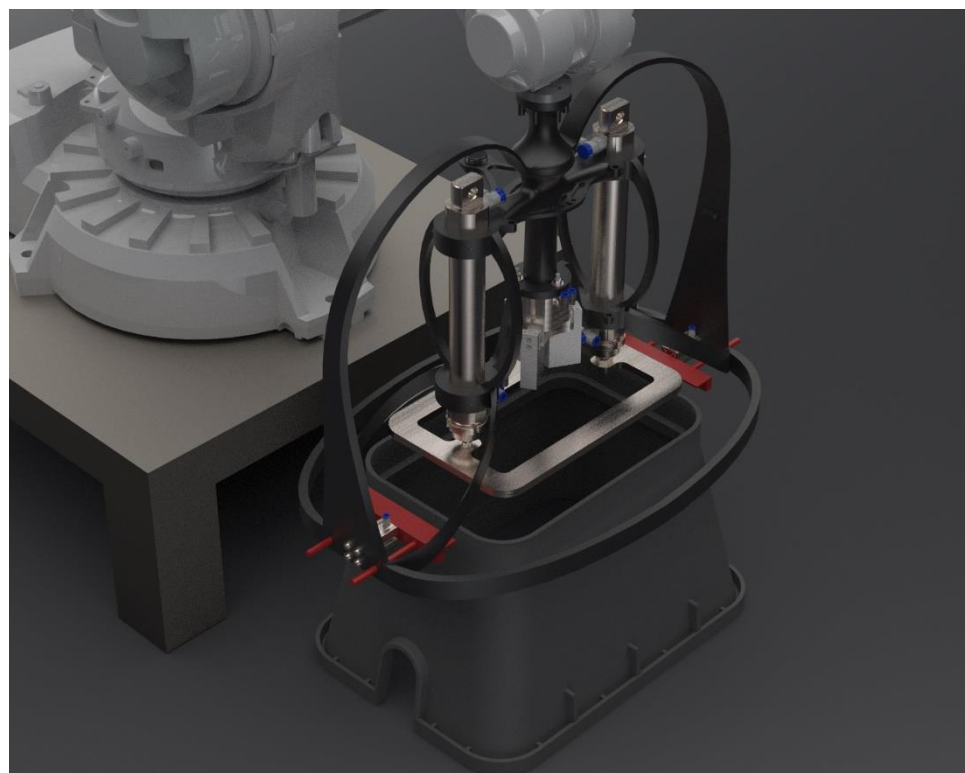


Figura 16-2: Vista de la solució final; Font: Pròpia

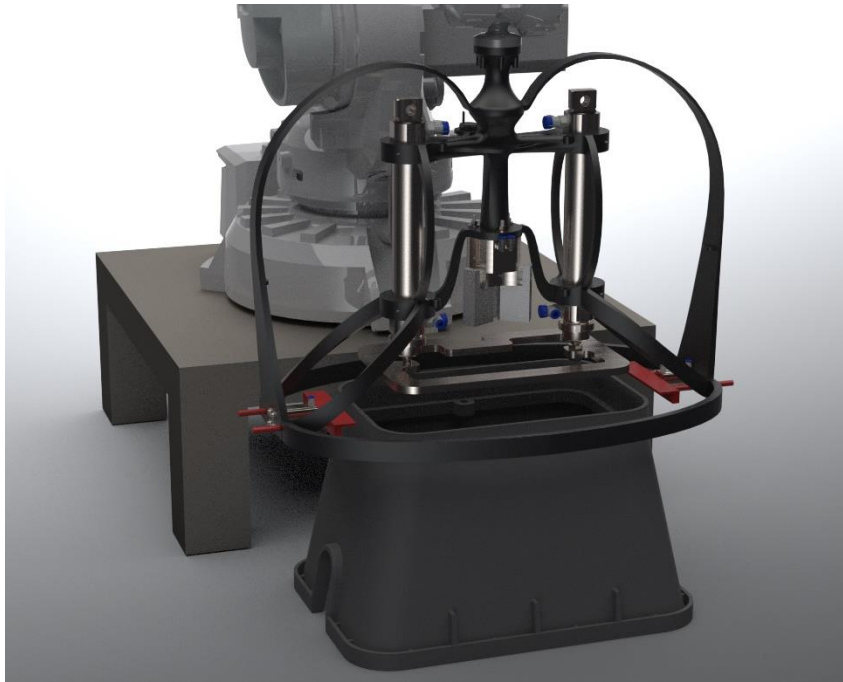


Figura 16-3: Vista de la solució final; Font: Pròpia

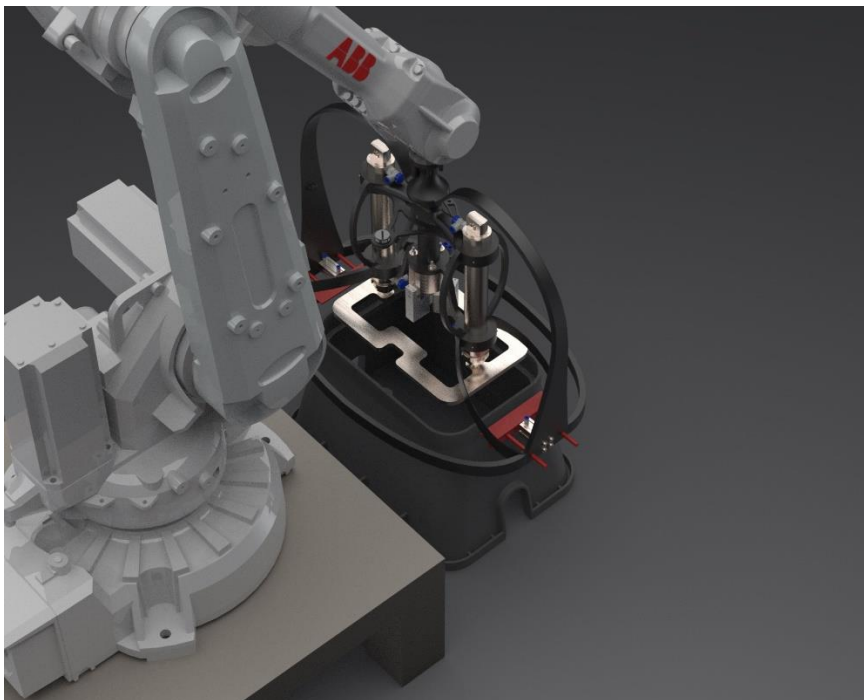


Figura 16-4: Vista de la solució final; Font: Pròpia

17. Conclusions i treball a futur

Aquesta memòria correspon a una de les dues parts del projecte d'automatització del processament de les arquetes d'injecció, concretament a la part de mecànica.

L'apartat mecànic, consistent en el disseny de l'utilatge i la selecció del robot ha tingut una evolució força fluida, però al inici del treball sobretot van haver-hi molts endarreriments degut a la important variabilitat dimensionals de les arquetes. Degut a això, al voltant dels primers 30 dies de treball dedicats es van haver de repetir en un temps molt reduït per poder mantenir-se dins de la planificació. Això també, va afectar de forma indirecte al treball d'electrònica, que, tot i ser més extens, engloba el treball de mecànica.

Durant la fase de disseny del utilatge, es van trobar grans dificultats a l'hora de treballar amb figures tridimensionals irregulars per tal de reduir la càrrega de material, però va resultar la millor forma per aconseguir bons resultats mecànics amb estructures molt lleugeres.

El canvi de la solució inicial va suposar un canvi elevat a l'estudi econòmic inicial, ja que al realitzar el mètode de tall per un impacte, l'utilatge havia de ser molt més resistent i complexa, al mateix temps que requeria un robot molt més resistent i car per poder gestionar els esforços de la operació, al mateix temps que es va haver de canviar la filosofia de la cel·la de producció de cobots a robots industrials per garantir que no es pari a mig procés degut a les mesures de seguretat d'aquest tipus de robots.

Els treballs a futur dins d'aquesta àrea del procés aniran relacionats en col·locar els elements pneumàtics, que, tot i que han estat triats per un major rigor en l'estudi econòmic, no s'han col·locat dins del disseny. Juntament amb això, la connexió elèctrica del robot, l'alimentació d'aire dels sistemes. Per la part d'entrada i sortida de materials, caldrà dissenyar el sistema d'alimentació de tapes així com el sistema de retirada dels residus d'injecció.

També per un millor control, es podrà sensoritzar més el conjunt, ja que s'han col·locat les mesures estrictament necessàries per un correcte funcionament.

Sortint de la fase de disseny, caldrà realitzar tots els test de les hipòtesis preses, comprovar que el robot resisteix a fatiga l'esforç de tallar el PVC sobrant, que això s'hauria de fer a través d'un model simplificat, i comprovar també que l'utillatge no pateix fatiga per l'esforç.

18. Referencies

- [1] PILZ, «Seminari sobre seguretat industrial,» 20 11 2023. [En línea]. [Último acceso: 12 01 2024].
- [2] 3D Systems, «3D Systems: Nuestra historia,» [En línea]. Available: <https://es.3dsystems.com/our-story>. [Último acceso: 12 02 2024].
- [3] 3D Hub, [En línea]. Available: <https://www.hubs.com/guides/3d-printing/#additive-manufacturing-infographic>. [Último acceso: 22 03 2024].
- [4] FACFOX, «impresión 3D FacFox,» 09 12 2022. [En línea]. Available: <http://es.insta3dm.com/info/what-is-topology-optimization-simply-explai-79274969.html>. [Último acceso: 25 04 2024].
- [5] Improto 3D, «GEOMAGIC para SolidWorks,» [En línea]. Available: <https://www.improto3d.com/software-3d/geomagic-para-solidworks/>. [Último acceso: 25 04 2024].
- [6] Dassault Systemes, «Criterios de fallos,» [En línea]. Available: https://help.solidworks.com/2016/spanish/SolidWorks/cworks/Failure_Criteria.htm. [Último acceso: 2024 01 20].
- [7] ABB, «Mitjans infografics proporcionats per ABB,» 3 04 2024. [En línea].
- [8] GrabCad, «Robot cartesiano,» 2 10 2019. [En línea]. Available: <https://grabcad.com/library/robot-cartesiano-para-paletizado-1>. [Último acceso: 26 05 2024].
- [9] Fluidra, *Contingut Audiovisual proporcionat per Fluidra*, 2023.
- [10] FESTO, «Web FESTO,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/>. [Último acceso: 24 02 24].
- [11] MOUSER, «Sensor capacitiu SEN0381,» [En línea]. Available: <https://www.mouser.es/ProductDetail/DFRobot/SEN0381?qs=T94vaHKWudRcO>

3ROvMi0eA%3D%3D.

- [12] A. Rico Callejas, R. Fernandez Cañizares y M. J. Vilà Ferré, «Proyecto final Fabricación Aditiva y aplicación de materiales,» 06 2023. [En línea]. [Último acceso: 25 03 2024].
- [13] S. Morales, «Apuntes Fabricación Aditiva,» 2023. [En línea]. [Último acceso: 25 03 2024].
- [14] Dassaul Systems, «Solidworks Libraries,» [En línea]. [Último acceso: 27 03 2024].
- [15] FreeCAD, «Robot de 6 ejes,» 14 04 2023. [En línea]. Available: https://wiki.freecad.org/Robot_6-Axis/es. [Último acceso: 13 04 2024].
- [16] ABB, «IRB 2400/16,» 2024. [En línea]. Available: <https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-2400>. [Último acceso: 17 04 2024].
- [17] EC INTERNATIONAL GROUP, «Impresión 3D,» [En línea]. Available: <https://www.ec-international.es/impresion-3d>. [Último acceso: 27 04 2024].
- [18] TIKOA, «sPro 230,» [En línea]. Available: <https://tikoa.es/producto/spro-230/>. [Último acceso: 27 04 2024].
- [19] Infojobs , «Cuánto cuesta contratar a un trabajador/a,» 17 01 2023. [En línea]. Available: <https://recursos-humanos.infojobs.net/cuanto-cuesta-contratar-a-un-trabajador-a>. [Último acceso: 12 01 2024].
- [20] Jefatura del Estado, «Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes,» 01 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-8328>. [Último acceso: 12 01 2024].
- [21] Indeed, «¿Cuánto se gana como uno Operario/a de producción en España?,» 09 01 2024. [En línea]. Available: <https://es.indeed.com/career/operario-producción/salaries>. [Último acceso: 12 01 2024].

- [22] Elaplas, «PROPIEDADES FISICAS CLORURO DE POLIVINILO (PVC RIGIDO),» [En línea]. Available: <https://www.elaplas.es/wp-content/uploads/Ficha-tecnica-cloruro-de-polivinilo-PVC-rigido.pdf>. [Último acceso: 18 03 2024].
- [23] FESTO, «Dimensionado Neumatico,» [En línea]. Available: https://www.festo.com/es/es/s/pneumatic-sizing/?actuatorType=RODSTYLE_UNGUIDED&airFactor=0.12&assemblyPosition=0&cushioningType=P&movementDirection=EXTEND&movingLoad=10&pressure=6&stroke=200&time=600&tubingLength=1&utilizationDays=200&utilizationHours=8&u. [Último acceso: 23 03 2024].
- [24] S. Morales, «Apuntes Fabricación Aditiva y aplicación de materiales avanzados,» 2023. [En línea]. Available: https://aulavirtual.tecnocampus.cat/pluginfile.php/376044/mod_resource/content/1/Fabricació%20Additiva%20i%20Aplicació%20de%20Materials%20Avançats_v4_4%2C8%20credits.pdf.