Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Volum I
Índex general - Memòria

TREBALL DE FI DE GRAU

AUTOMATITZACIÓ D'UN PROCÉS DE TRACTAMENT DE PELLS

TFG presentat per obtenir el títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
Per **Pol Parareda Ordeig**

Barcelona, 26 d'Abril de 2016

Director: Joan Domingo Peña
Departament de ESSAI (707)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX GENERAL

MEMÒRIA (VOLUM I)

CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ 8

CAPÍTOL 2: DESCRIPCIÓ DEL CAS 9

CAPÍTOL 3: OBJECTIUS I ABAST 11

3.1. Objectius 11

3.2. Abast 11

CAPÍTOL 4: ESTAT DE L'ART 13

4.1. Dosificació de les fórmules 13

4.2. Agitació de les dissolucions 16

4.3. Neteja de la màquina 17

CAPÍTOL 5: SOLUCIÓ ESCOLLIDA 19

CAPÍTOL 6: DISSENY DEL SISTEMA 21

6.1. Peces dissenyades i altres components de la màquina 21

6.2. Unions entre peces 37

6.3. Xarxa de sensors 39

6.4. Accionaments i llums 40

6.5. Components electrònics 43

CAPÍTOL 7: GRAFCET 45

7.1. GRAFCET Control Marxa (CM) 46

7.2. GRAFCET Principal (PR) 49

7.3. GRAFCET Dosificar (DOS) 51

7.4. GRAFCET Omplir (OMP) 52

7.5. GRAFCET Agitar (AGT) 54

7.6. GRAFCET Agitació Automàtica (AUT) 55

7.7. GRAFCET Gir Taula (GIRT) 57

7.8. GRAFCET Dispensar (DISP) 59

7.9. GRAFCET Pistó (PIST) 61

7.10. GRAFCET Bàscula (BAS) 63

CAPÍTOL 8: GEMMA 66

8.1. Grup F: Procediments de funcionament 66

8.2. Grup A: Procediments de parada 67

8.3. Grup D: Procediments d'errors 68

CAPÍTOL 9: CONNEXIONS ELÈCTRIQUES 69

CAPÍTOL 10: SEGURETAT-AVARIES (DETECCIÓ) 71

CAPÍTOL 11: NORMATIVA APLICABLE 72
CAPÍTOL 12: HMI INTERFÍCIE D'USUARI 73
12.1. Dosificar fórmula 73
12.2. Gestió de fórmules 75
12.2.1. Editar fórmula 76
12.2.2. Esborrar fórmula 77
12.2.3. Editar productes 78
12.2.4. Consultar fórmula 79
12.2.5. Crear nova fórmula 80
12.3. Omplir dipòsits 82
12.4. Agitar productes 83
12.5. Configuració 84
12.5.1. Estat de la màquina 85
CAPÍTOL 13: CONCLUSIONS I FUTURES MILLORES 86
13.1. Conclusions 86
13.2. Futures millores 86
CAPÍTOL 14: BIBLIOGRAFIA 88
14.1. Referències bibliogràfiques 88
14.2. Bibliografia de consulta 88

PLÀNOLS (VOLUM II)

PECES ..... 1 a 27
Pistó ..... 1 de 27
Anell guia FRA ..... 2 de 27
Junta SIMKO 300 ..... 3 de 27
Barra camisa ..... 4 de 27
Tapa camisa ..... 5 de 27
Unió camisa a disc ..... 6 de 27
Disc ..... 7 de 27
Taula plat divisor ..... 8 de 27
Escaire detector lleva ..... 9 de 27
Peça fixa canonades ..... 10 de 27
Suport actuador elèctric ..... 11 de 27
Tub de 3 vies a pot final ..... 12 de 27
Peça inferior mecanisme moviment pistó ..... 13 de 27

Peça superior mecanisme moviment pistó ..... 14 de 27
Peça central mecanisme moviment pistó ..... 15 de 27
Peça posterior mecanisme moviment pistó ..... 16 de 27
Peça davantera mecanisme moviment pistó ..... 17 de 27
Peça unió agafa pistó a mecanisme moviment pistó ..... 18 de 27
Peça agafa pistó mecanisme moviment pistó ..... 19 de 27
Peça sensors pistó ..... 20 de 27
Unió pota a estructura ..... 21 de 27
Estructura ..... 22 de 27
Carcassa superior ..... 23 de 27
Carcassa posterior ..... 24 de 27
Carcassa davantera ..... 25 de 27
Carcassa lateral dret ..... 26 de 27
Carcassa lateral esquerra ..... 27 de 27
CONJUNTS EXPLOSIONATS ..... 1 a 10
Conjunt pistó i camisa explosionat ..... 1 de 10
Conjunt disc i dipòsits inicials explosionat ..... 2 de 10
Conjunt disc i unió camisa i disc explosionat ..... 3 de 10
Conjunt unió camisa i disc, vàlvula 3 vies i tub 3 vies a pot final explosionat ..... 4 de 10
Conjunt unió camisa i disc i vàlvules antiretorn explosionat ..... 5 de 10
Conjunt mecanisme moviment pistó explosionat ..... 6 de 10
Conjunt plat divisor, taula i detector lleva explosionat ..... 7 de 10
Conjunt disc, plat divisor i lleva explosionat ..... 8 de 10
Conjunt estructura i potes explosionat ..... 9 de 10
Conjunt estructura i carcasses explosionat ..... 10 de 10
VISTES GENERALS ..... 1 a 3
Màquina completa portes tancades ..... 1 de 3
Màquina completa sense carcassa ..... 2 de 3
Màquina completa sense carcassa ni estructura ..... 3 de 3
ESQUEMES ELÈCTRICS ..... 1 a 11
Entrada, emergència i distribució ..... 1 de 11
Control plat divisor ..... 2 de 11
Control motor pas a pas ..... 3 de 11
Control actuador elèctric ..... 4 de 11
Control balança ..... 5 de 11
Esquema font d'alimentació CJ1W-PA205R ..... 6 de 11

Esquema control de polsos CJ2M-MD211 ..... 7 de 11
Esquema CPU CJ2M-CPU31..... 8 de 11
Esquema unitat de comunicació sèrie CJ1W-SCU21-V1 ..... 9 de 11
Esquema unitat d'entrades CJ1W-ID211 ..... 10 de 11
Esquema unitat de sortides CJ1W-OC211..... 11 de 11

ESTUDI ECONÒMIC (VOLUM III)

CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ.....4
CAPÍTOL 2: COSTOS DE MATERIALS 5
CAPÍTOL 3: COSTOS DE MÀ D'OBRA 9
CAPÍTOL 4: PREU FINAL.....10

ANNEX (VOLUM IV)

Programa KOP Control Marxa (CM) 3
Programa KOP Principal (PR).....4
Programa KOP Omplir (OMP).....5
Programa KOP Agitar (AGT) 6
Programa KOP Agitació Automàtica (AUT).....7
Programa KOP Gir Taula (GIRT) 8
Programa KOP Pistó (PIST) 9
Programa KOP Dosificar (DOS) 10
Programa KOP Dispensar (DISP) 11
Programa KOP Bàscula (BAS).....12
Catàleg plat divisor 13
Catàleg EPIDOR 18
Fusell mecanisme moviment pistó 24
Acoblament mecanisme moviment pistó.....26
Bufador.....28
Tub de poliuretà 29
Catàleg balança 30
Detector lleva.....34
Detectors pistó i actuador elèctric.....36
Sensors portes.....38
Interruptor general.....40
Polsador d'emergència 45

Polsador per a rearmar **48**
Semàfor **49**
Mòdul control de seguretat **53**

Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memòria

AUTOMATITZACIÓ D'UN PROCÉS DE TRACTAMENT DE PELLS

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
per **Pol Parareda Ordeig**

Barcelona, 26 d'Abril de 2016

Director: Joan Domingo Peña
Departament de ESAII (707)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX MEMÒRIA

CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ 8
CAPÍTOL 2: DESCRIPCIÓ DEL CAS 9
CAPÍTOL 3: OBJECTIUS I ABAST 11
3.1. Objectius 11
3.2. Abast 11
CAPÍTOL 4: ESTAT DE L'ART 13
4.1. Dosificació de les fórmules 13
4.2. Agitació de les dissolucions 16
4.3. Neteja de la màquina 17
CAPÍTOL 5: SOLUCIÓ ESCOLLIDA 19
CAPÍTOL 6: DISSENY DEL SISTEMA 21
6.1. Peces dissenyades i altres components de la màquina 21
6.2. Unions entre peces 37
6.3. Xarxa de sensors 39
6.4. Accionaments i llums 40
6.5. Components electrònics 43
CAPÍTOL 7: GRAFCET 45
7.1. GRAFCET Control Marxa (CM) 46
7.2. GRAFCET Principal (PR) 49
7.3. GRAFCET Dosificar (DOS) 51
7.4. GRAFCET Omplir (OMP) 52
7.5. GRAFCET Agitar (AGT) 54
7.6. GRACET Agitació Automàtica (AUT) 55
7.7. GRAFCET Gir Taula (GIRT) 57
7.8. GRAFCET Dispensar (DISP) 59
7.9. GRAFCET Pistó (PIST) 61
7.10. GRAFCET Bàscula (BAS) 63
CAPÍTOL 8: GEMMA 66
8.1. Grup F: Procediments de funcionament 66
8.2. Grup A: Procediments de parada 67
8.3. Grup D: Procediments d'errors 68
CAPÍTOL 9: CONNEXIONS ELÈCTRIQUES 69
CAPÍTOL 10: SEGURETAT-AVARIES (DETECCIÓ) 71
CAPÍTOL 11: NORMATIVA APLICABLE 72
CAPÍTOL 12: HMI INTERFÍCIE D'USUARI 73

12.1. Dosificar fórmula 73
12.2. Gestió de fórmules.....75
12.2.1. Editar fórmula 76
12.2.2. Esborrar fórmula.....77
12.2.3. Editar productes.....78
12.2.4. Consultar fórmula 79
12.2.5. Crear nova fórmula 80
12.3. Omplir dipòsits.....82
12.4. Agitar productes.....83
12.5. Configuració.....84
12.5.1. Estat de la màquina.....85
CAPÍTOL 13: CONCLUSIONS I FUTURES MILLORES..... 86
13.1. Conclusions 86
13.2. Futures millores.....86
CAPÍTOL 14: BIBLIOGRAFIA..... 88
14.1. Referències bibliogràfiques 88
14.2. Bibliografia de consulta 88

Figura 1. Banda de pells de conill (http://aqpel.com/colecciones-aqpel/) .. 9
Figura 2. Pantalla de serigrafia 10
Figura 3. Bomba peristàtica (http://www.dimotec.com.ar/bombas.php) ..14
Figura 4. Màquina de pintures (vista exterior) 15
Figura 5. Màquina de pintures (vista dels dipòsits de l'interior).....16
Figura 6. Agitador magnètic (http://www.interempresas.net/) 17
Figura 7. Bales de neteja de diferents materials i diàmetre (http://gruasyequipos.com/accesorios-bombeo-concreto/) 18
Figura 8. Dipòsit inicial (http://www.sunbox.es/es/anniepot) 21
Figura 9. Disc dissenyat 22
Figura 10. Plat divisor (catàleg WEISS) 23
Figura 11. Pistó dissenyat 24
Figura 12. Camisa dissenyada (barra i tapa).....25
Figura 13. Peça d'unió camisa i disc dissenyada 25
Figura 14. Taula plat divisor dissenyada.....26
Figura 15. Mecanisme moviment del pistó dissenyat.....26
Figura 16. Representació de la vàlvula antiretorn 28
Figura 17. Representació de la vàlvula 3 vies.....28
Figura 18. Representació de les peces que formen les canonades.....29
Figura 19. Actuador elèctric i vàlvula 3 vies 29
Figura 20. Bufador (http://www.euspray.es/) 30
Figura 21. Tub de poliuretà (https://www.smc.eu/) 30
Figura 22. Tub de vàlvula 3 vies a pot final dissenyat 31
Figura 23. Escaire detector lleva dissenyat 31
Figura 24. Peça fixa canonades dissenyada 32
Figura 25. Suport actuador elèctric dissenyat.....33
Figura 26. Peça sensors pistó dissenyada 33
Figura 27. Dipòsit final (https://www.jokey.com/).....34
Figura 28. Balança (https://www.sartorius.com/).....34
Figura 29. Estructura dissenyada 35
Figura 30. Peça d'unió dels a peus a l'estructura dissenyada.....35
Figura 31. Peu dissenyat 36
Figura 32. Carcassa dissenyada 36
Figura 33. Detector lleva (http://es.rs-online.com/) 39
Figura 34. Detectors pistó i actuador elèctric (http://es.rs-online.com/)..40
Figura 35. Detector portes (http://es.rs-online.com/) 40
Figura 36. Interruptor general (catàleg EATON) 41
Figura 37. Polsador d'emergència (catàleg SCHNEIDER ELECTRIC).....41
Figura 38. Polsador per a rearmar (http://www.ab.com/).....42
Figura 39. Semàfor (http://www.bannerengineering.com/) 42
Figura 40. Pantalla (https://www.ia.omron.com/) 43
Figura 41. Esquema del PLC 44
Figura 42. Representació guia GEMMA 66
Figura 43. Esquema mòdul de seguretat XPS-AC (catàleg "TELEMECANIQUE SENSORS").....69
Figura 44. Esquema dades enviades per comunicació sèrie RS-232 70
Figura 45. Pantalla inicial 73
Figura 46. Pantalla llistat de fórmules per dosificar.....74

Figura 47. Pantalla quantitat a dosificar 74
Figura 48. Pantalla verificar dosificació.....75
Figura 49. Pantalla gestió fórmules.....75
Figura 50. Pantalla llistat de fórmules per editar 76
Figura 51. Pantalla edició de fórmula 76
Figura 52. Pantalla verificar canvis (1).....77
Figura 53. Pantalla llistat de fórmules per esborrar.....77
Figura 54. Pantalla verificar esborrar fórmula 78
Figura 55. Pantalla productes per dipòsit.....78
Figura 56. Pantalla verificar canvis (2).....79
Figura 57. Pantalla llistat de fórmules per consultar.....79
Figura 58. Pantalla consulta de fórmula.....80
Figura 59. Pantalla creació de fórmula totalment nova o des de fórmula existent.....80
Figura 60. Pantalla llistat de fórmules per crear 81
Figura 61. Pantalla creació de fórmula des de fórmula existent 81
Figura 62. Pantalla creació de fórmula totalment nova 82
Figura 63. Pantalla verificar fórmula nova 82
Figura 64. Pantalla omplir dipòsits.....83
Figura 65. Pantalla agitar productes 84
Figura 66. Pantalla configuració 84
Figura 67. Pantalla estat de la màquina 85

Resum

En aquest projecte es dissenya una màquina per a dosificar colorants i productes químics per a poder preparar pastes per a l'estampació.

El sistema permet dosificar diverses solucions des d'un únic mecanisme, cosa que simplifica i abarateix la màquina.

El pesatge dels colorants i productes en l'empresa està fet pels mateixos treballadors. El que es vol aconseguir amb el sistema, és automatitzar aquesta part del procés aconseguint una major fiabilitat, evitant possibles errors humans en el pesatge i minimitzant el risc de manipulació dels productes químics per part dels operaris. El disseny i aplicació de la màquina també produeix un estalvi important en la mà d'obra per part de l'empresa.

Resumen

En este proyecto se diseña una máquina para dosificar colorantes y productos químicos para poder preparar pastas para la estampación.

El sistema permite dosificar diversas soluciones des de un único mecanismo, cosa que simplifica i abarata la máquina.

El pesaje de los colorantes y productos en la empresa esta echa por los mismos trabajadores. Lo que se quiere lograr con el sistema, es automatizar esta parte del proceso consiguiendo una mayor fiabilidad, evitando posibles errores humanos en el pesaje y minimizando el riesgo de manipulación de los productos químicos por parte de los operarios. El diseño y aplicación de la máquina también produce un ahorro importante en la mano de obra por parte de la empresa.

Abstract

In this project a machine is designed to ration colorants and chemical products to prepare paste for the printing.

The system allows rationing of various solutions with a unique mechanism. This aspect simplifies and cheapens the machine.

The weighing of the colorants and the products in the company is done by the employees. The objective of this system is to automate this part of the process so a greater reliability is obtained, avoiding possible human mistakes in the weighing and minimizing the risk during the manipulation of the chemical products by operators. The design and the application of the machine also produce important savings in the company's workforce.

Agraïments

Voldria donar les gràcies a totes aquelles persones que m'han ajudat en tot aquest projecte i al llarg de tot el grau.

En especial als meus pares i la meva germana, que sempre han estat al meu costat quan els necessitava i m'han donat tot el suport en tot moment. Tant en els bons com en els mals moments.

A tots els treballadors de l'empresa i en especial a en Joan Castells que l'he tingut al meu costat sempre que tenia algun dubte i m'ha ensenyat moltíssim.

Al meu tutor del treball, en Joan Domingo, que sempre que he tingut dificultats m'ha demostrat la seva ajuda i m'ha guiat al llarg del treball.

A tots els amics fets a la universitat, que n'estic segur que serem amics per tota la vida.

I finalment, els amics de sempre i a la família, que m'han animat per superar tots els obstacles, que són molts però al seu costat aquests obstacles es fan petits i més fàcils d'encarar.

Gràcies a tots.

CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ

En qualsevol procés industrial de ben segur que existeix una possibilitat de millora automatitzant parts del mateix amb major o menor incidència en la producció i qualitat del producte transformat, així com també en la seguretat i comoditat de les persones.

En aquest projecte s'ha contemplat les possibilitats d'automatització d'alguns dels processos de producció de l'empresa "AQPEL Acabats de Qualitat S.L.L." que es dedica a la producció i comercialització de pells i bandes de conill amb diferents acabats destinades a la confecció d'articles de pelleteria pel sector de la moda.

Després d'observar els diferents processos desenvolupats en la planta de producció de l'empresa, es fan vàries propostes als responsables de la mateixa. Entre elles, s'escull automatitzar en tot el que sigui possible la part de pesatge i preparació de colorants i pastes per a l'estampació.

El projecte consisteix en dissenyar una màquina dosificadora de productes químics amb la precisió requerida.

CAPÍTOL 2: DESCRIPCIÓ DEL CAS

En aquest projecte cal idear un sistema que permeti la dosificació automàtica de dissolucions utilitzades en l'estampació de bandes[1] i pells.

Figura 1. *Banda de pells de conill (http://aqpel.com/colecciones-aqpel/)*

La mescla de les dissolucions (colorants i aigua) juntament amb un agent espessidor[2], formen una pasta d'una certa viscositat adequada per a la seva posterior aplicació a través de pantalles de serigrafia[3].

[1] 12 pells tallades de forma rectangular amb una mida de 20x30cm i cosides entre sí en forma de manta de 60x120cm

[2] Substància que afegida a una mescla aquosa incrementa la seva viscositat sense modificar substancialment les seves altres propietats

[3] Pantalla utilitzada per imprimir a través del mètode de reproducció de documents i imatges que consisteix en transferir una tinta a través d'una malla tensada en un marc

Figura 2. *Pantalla de serigrafia*

L'objectiu és intentar automatitzar el màxim possible el pesatge i mescla d'aquestes pastes per tal de facilitar la feina als treballadors i augmentar la productivitat de l'empresa. També es busca oferir una major seguretat a l'hora de manejar el productes.

CAPÍTOL 3: OBJECTIUS I ABAST

3.1. Objectius

- Automatitzar el sistema de pesatge de dissolucions i espessidor per crear una pasta d'estampació.
- Garantir la màxima seguretat possible a l'usuari de la màquina durant el seu ús.
- Creació d'un sistema senzill i eficaç.
- Interfície d'usuari simple i entenedora.
- Estabilització de les dissolucions i l'espessidor.
- Velocitat adequada en la producció de les pastes per estampar.
- Cost raonable.
- Ajust i precisió del pesatge requerit.
- Facilitat de neteja de la màquina.
- Possibilitat d'integrar possibles millores a la màquina. Ja sigui augmentant el nombre de dissolucions o bé podent proveir a la màquina de noves fórmules per a la creació de noves pastes.
- Adequar la màquina a l'espai disponible.
- Adaptar la màquina a les normatives vigents.

3.2. Abast

En aquest projecte s'estudien varis sistemes per buscar la solució més òptima i més raonable per solucionar el problema en qüestió tenint en compte tots els aspectes com són qualitat, cost, temps, etc.

Buscar el sistema més indicat per tal de transmetre les dissolucions i l'espessidor des d'un dipòsit d'origen fins a un recipient amb la pasta final. També cal estudiar com mantenir les dissolucions en un bon estat perquè siguin òptimes quan s'hagin de fer servir.

Creació d'un sistema de pesatge amb la precisió requerida.

Implementació de tota la xarxa de sensors necessària pel control de la totalitat dels processos i estats de la màquina.

Disseny del conjunt mecànic.

Creació d'una interfície d'usuari còmoda, segura i fàcil d'utilitzar.

Implementar un alt nivell de seguretat per a l'usuari en tot moment. Tant en l'hora d'utilització de la màquina com en un estat d'aturada i també un possible estat de neteja en el cas que fes falta.

Cerca del material més econòmic possible però sempre mantenint la qualitat, amb l'objectiu d'abaratir-ne el cost i tenint presents les normatives i decrets vigents.

CAPÍTOL 4: ESTAT DE L'ART

Per a la realització del projecte, es busca en el mercat quins components i/o màquines existeixen en l'actualitat de funcionalitat i servei similar, tenint en compte però que cal adequar aquests sistemes a les pròpies necessitats del cas.

4.1. Dosificació de les fórmules

Hi ha diversos mètodes per a dosificar les dissolucions i l'espessidor. Alguns d'aquests sistemes són els que s'expliquen a continuació.

Els sistemes més utilitzats per a controlar la dispensació de certs productes són els dosificadors convencionals com ara:

- Dosificador volumètric. Com diu el seu nom la dosificació és controlada volumètricament a través d'una tremuja[4] que acumula el producte.
- Dosificador a vis sens fi. Segons el producte a dosificar i el gramatge de l'envàs, s'ajusta el número de voltes que ha de realitzar el vis sens fi[5].
- Dosificador a pistó. El pistó desplaça el producte líquid i/o viscós del recipient d'origen al recipient final.
- Dosificador per gravetat. Una clau de pas obre l'accés permetent així la transmissió del líquid.
- Dosificador a vis i balança. El vis diposita el producte sobre una cel·la de càrrega[6]. Quan s'arriba al pes desitjat, la cel·la envia una senyal d'aturada a través d'un PLC al vis de tal manera que aquest deixa de girar.
- Dosificador amb canals vibratoris. Consta d'una tremuja vibratòria i canals vibratoris que dosifiquen el producte en una balança. La intensitat de vibració s'adequa a les necessitats de cada un dels productes a tractar.

Estudiant totes les opcions anteriors, els dosificadors amb vis, el volumètric i també el dels canals vibratoris, es descarten degut a que les dissolucions es troben en estat líquid i aquests dosificadors esmentats s'utilitzen per productes sòlids i sòlids en forma de pols.

[4] Dipòsit en forma de tronc de piràmide o de tronc de con invertit que funciona com un embut

[5] Mecanisme que transmet moviment rectilini fent girar dos elements un dins de l'altre

[6] Converteix una força en una senyal elèctrica controlant el pesatge a través d'un transductor

Les necessitats de l'empresa fan que s'hagi de treballar amb una precisió que s'ajusta al mil·ligram. Tot i que la resta de dosificadors podrien ser vàlids i funcionar de forma correcta en la màquina, es decideix seguir buscant en el mercat altres sistemes per tal d'adoptar una solució amb una precisió més elevada.

Cercant aquesta millora, es contempla l'opció de treballar amb components fabricats per a laboratoris, com ara poden ser els que fabrica la marca espanyola "Mettler-Toledo S.A.E.". Sol·licitant informació dels seus equips, s'identifica que en aquest cas la precisió amb la qual es treballaria seria massa alta, entre d'altres inconvenients com ara el cost d'aquests equips, que és molt elevat i la velocitat de funcionament que és força baixa.

Una altra opció per a fer les dosificacions, poden ser les bombes peristàltiques. Aquestes, tenen la funció de bombejar fluids. Es caracteritzen degut a que el fluid bombejat es troba dins d'un tub flexible i aquest està encastat dins d'una coberta circular que tenen aquest tipus de bombes. En la cerca d'informació d'aquestes bombes, es creu que és una bona solució ja que les bombes poden tenir una àmplia gamma de velocitats segons si es necessita una quantitat de pasta més elevada o menys i també perquè hi ha bombes peristàltiques en el mercat amb una precisió adequada a les necessitats específiques del projecte.

Figura 3. *Bomba peristàtica (http://www.dimotec.com.ar/bombas.php)*

Tot i el bon resultat que pot proporcionar aquest sistema, abans d'iniciar el disseny de la màquina, es visita una empresa de pintures on hi ha una màquina encarregada de mesclar varis colors de forma automàtica per tal d'aconseguir un color final desitjat.

Figura 4. *Màquina de pintures (vista exterior)*

El funcionament de la màquina consisteix en l'entrada de dades a través d'un ordinador que incorpora la mateixa. La màquina fa un seguit de dosificacions de varis colors que es troben en uns dipòsits en l'interior de la màquina controlant-ne les quantitats volumètricament. Tots aquests dipòsits es troben suportats per una plataforma giratòria. La plataforma en qüestió, va girant de manera que el color que ha de caure al recipient final es troba en la posició adequada. Un cop el dipòsit es troba en la posició, una vàlvula s'obre deixant pas lliure i un pistó manxa el fluid perquè aquest es desplaci cap al recipient final.

Figura 5. *Màquina de pintures (vista dels dipòsits de l'interior)*

Observant-ne el funcionament, es creu que és la millor solució possible pel nostre problema, però cal tenir en compte que la precisió que nosaltres necessitem ha de ser superior.

Per aconseguir aquesta major precisió però sense allunyar-nos del funcionament de la màquina anterior, es pensa que la solució més apropiada és treballar amb una balança i que quan es té el pes adient de la dissolució i/o l'espessidor que s'està transmetent al pot amb la pasta final, la balança enviï una senyal d'aturada al pistó perquè aquest pari i deixi d'empènyer. La forma més adequada i efectiva de seguir amb plena exactitud les fórmules de cada una de les pastes a produir és controlant-ne el pesatge d'aquestes.

4.2. Agitació de les dissolucions

És necessari que les dissolucions s'agitin cada cert temps per tal d'assegurar-ne el seu bon estat.

La solució més pràctica és utilitzar agitadors magnètics. Degut a que s'intenta buscar que la màquina no sigui massa cara, es creu necessari buscar altres sistemes per produir aquesta agitació ja que aquests tipus d'agitadors magnètics són força cars.

Figura 6. *Agitador magnètic (http://www.interempresas.net/)*

Un altre possible sistema, consisteix en la utilització de vàlvules tres vies. Fen passar les dissolucions per les vàlvules tres vies després de passar pels pistons, hi ha l'opció de dirigir les dissolucions cap al dipòsit d'origen, o bé dirigir-lo cap a la zona de pesatge final.

Entre l'opció de l'agitador magnètic i la vàlvula de tres vies, s'elegeix la vàlvula per una qüestió de cost.

4.3. Neteja de la màquina

L'únic punt de la màquina on pot quedar certa brutícia és en els tubs finals dels diversos circuits que segueixen cada una de les dissolucions i l'espessidor. Totes les dissolucions i òbviament també l'espessidor tenen circuits individuals. Per tant, si en total hi ha deu dipòsits, dons també hi ha deu circuits tot i que siguin pràcticament iguals. Cada un d'aquests circuits finalitza amb un tub que dóna accés al pot final on el producte és pesat. La part final d'aquest tub és el lloc on poden quedar certes restes dels diversos productes i que per tant cal netejar.

Tres sistemes poden complir la funció de neteja. El primer dels quals consisteix en un raspall que gira gràcies a la potència que li proporciona un motor. Aquest raspall frega la part final del tub i aquest queda net.

Els altres dos sistemes tenen en comú que tots dos utilitzen aire. El primer dels quals, és un sistema que utilitza una bola anomenada bala[7] impulsada per l'aire i que s'arrossega per l'interior del tub.

Figura 7. *Bales de neteja de diferents materials i diàmetre (http://gruasyequipos.com/accesorios-bombeo-concreto/)*

Finalment, l'últim només tracta de situar un bufador encarat a aquesta part final dels tubs i bufar aire.

El sistema elegit per formar part de la màquina és l'últim explicat del bufador ja que és més fàcil d'implementar i és força econòmic en comparació sobretot a les bales. Tot i que probablement no sigui el que faci la millor neteja, per aquest projecte és suficient.

[7] Boles normalment d'esponja, de cautxú o algun polímer amb un diàmetre determinat que s'arrossega a través d'un tub per fer-ne la neteja interior

CAPÍTOL 5: SOLUCIÓ ESCOLLIDA

Com s'ha esmentat en punts anteriors, la millor solució pel projecte és prendre com a base de la màquina el funcionament de la màquina de preparació de pintures. Cal tenir en compte però que pel nostre cas és imprescindible treballar amb una precisió superior. La idea que s'agafa de la màquina de colors i que s'implementa en el projecte, és la base giratòria que inclou els dipòsits de cada un dels productes per a fer les mescles i la dispensació automàtica a través de pistons.

Els dipòsits de les dissolucions juntament també amb el dipòsit del producte espessidor es situen sobre la base giratòria. Aquesta base giratòria té forma circular i disposa d'una sola posició on el dipòsit en qüestió té un accés de sortida a una vàlvula antiretorn la qual està també connectada al pistó encarregat de la dosificació de cada una de les dissolucions i també de l'espessidor. El pistó té un accionament mecànic a través d'un motor pas a pas controlat per un mecanisme. El motor controla un sistema de guies i és aquest sistema l'encarregat d'accionar el pistó en el sentit i la posició adequades per tal que la dosificació sigui en la mesura correcta.

La base giratòria està recolzada i collada a un plat divisor. Aquest incorpora un motor i un seguit de mecanismes que proporcionen el gir a una certa velocitat i situen els pistons en les posicions requerides. El plat divisor té tantes estacions com número de dipòsits hi ha en la màquina. Aquest número d'estacions s'especifica en punts més endavant del treball.

Després de passar pel cilindre dosificador, la màquina disposa d'una segona vàlvula antiretorn per a cada un dels deu circuits del fluid i també una vàlvula de tres vies accionada per un actuador elèctric on s'elegeix si es vol portar la dissolució i/o l'espessidor cap a la zona de pesatge o bé retornar-los cap al dipòsit d'origen per provocar la circulació esmentada en punts anteriors que cal fer per mantenir el bon estat de les dissolucions.

Una balança controla la caiguda de cada una de les dissolucions i de l'espessidor en el pot final. Segons cada pasta a fabricar es necessita una certa quantitat d'una o més dissolucions i l'espessidor. Hi ha casos en els quals es necessita més d'una manxada del cilindre dosificador per a cada dissolució i d'altres en que ni tan sols es necessita una manxada sencera. Per això, és imprescindible l'excel·lent coordinació entre balança, PLC, motor pas a pas i tots els altres mecanismes. Quan la balança detecta que ja s'ha dipositat la quantitat exacte, comparteix la informació amb un PLC i aquest és l'encarregat d'enviar un senyal d'aturada al motor pas a pas. Aquest procés es repeteix el número de cops necessaris tenint en compte el número de passos que es necessiten per a cada una de les pastes a preparar.

Per a netejar possibles restes de fluid o brutícia que s'ha pogut acumular en el tub de sortida cap a la zona de pesatge, la màquina incorpora un bufador

encarregat de bufar aire en direcció al punt final dels tubs dels deu circuits que recorren les dissolucions i/o l'espessidor.

CAPÍTOL 6: DISSENY DEL SISTEMA

En aquest punt s'expliquen tots els elements que formen part de la màquina com són les peces que cal dissenyar, la xarxa de sensors, els polsadors i altres components elèctrics i electrònics.

6.1. Peces dissenyades i altres components de la màquina

Cal mencionar que totes les peces dissenyades s'han creat utilitzant el software SolidWorks 2015 x64 Edition. Els altres components que ja existien en el mercat actual també se n'ha fet una representació virtual per tal d'afegir-lo al dibuix CAD en 3D. El número entre parèntesis que apareix al costat de cada un dels components explicats, són les unitats d'aquest element que hi ha en tota la màquina. Si no s'especifica cap número és perquè només hi ha una unitat.

Dipòsits inicials (10)

Amb capacitat de 5 litres i amb diàmetre de base i de boca de 150 i 9mm respectivament. L'alçada és de 312mm. El material del bidó és polietilè d'alta densitat (PEHD) i el del tap polipropilè. És necessari fer dos forats al tap de 6mm de diàmetre per tal de fer-hi passar els tubs que formen part del circuit fluid. La referència del model és AN-5000 i estan fabricats per la marca "SUNBOX".

Figura 8. *Dipòsit inicial (http://www.sunbox.es/es/anniepot)*

Disc

Base giratòria feta d'alumini amb diàmetre exterior i interior de 800 i 78mm respectivament. El gruix de la majoria de la peça és de 20mm, exceptuant dos petits relleus circulars que sobresurten 10mm més (30mm en total), per tal de frenar la caiguda de possibles vessaments que es poden produir a altres parts de la màquina. En la seva part superior si fixen els dipòsits utilitzant cargols que es troben tangencials a les bases inferiors d'aquests dipòsits. A la part més exterior s'hi collen les peces que suporten els pistons. Incorpora una lleva per tal de marcar un punt inicial com a referència d'origen.

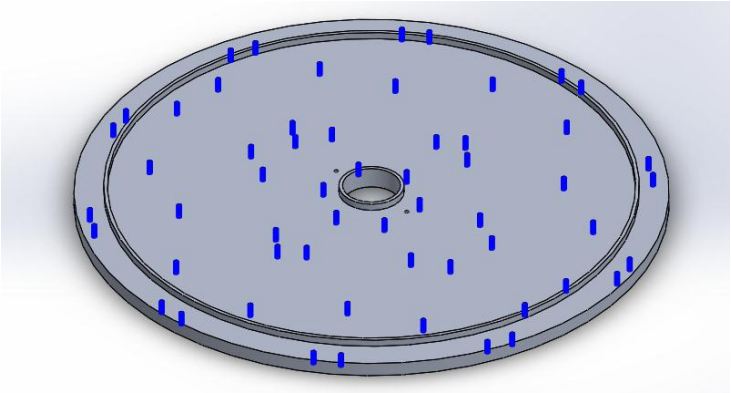


Figura 9. *Disc dissenyat*

Plat divisor

Suporta el disc i tots els elements que van collats a aquest. El disc es colla al plat divisor a través de 6 cargols i 2 passadors. Incorpora un motor que li proporciona el moviment que és transmès al disc. Un mecanisme de lleves li proporciona un moviment rotacional amb l'acceleració i la frenada requerides.

A la taula 6.1.1. es detallen algunes de les seves característiques.

Taula 1. *Característiques del plat divisor*

Número d'estacions	10
Temps de gir	1,69 s
Precisió	+/-30"
Tensió del motor	230/400V
Freqüència del motor	50Hz
Diàmetre de plat	800mm
Pes de la càrrega	156,753kg
Inèrcia de la càrrega	14,52kg·m^2
Posició del motor	Lateral interior
Tensió de frenada	24V DC
Potència del motor	0,045W
Velocitat de gir del motor	610rpm
Corrent del motor	0,6/0,35A
Pes del motor	6,0kg

El model del plat divisor és TC150T fabricat per "WEISS".

Figura 10. *Plat divisor (catàleg WEISS)*

Pistons (10)

Fets d'acer inoxidable AISI 316. El diàmetre de l'èmbol és de 25mm i el de la tija 12. La tija té una llargada de 221,10mm. En l'èmbol s'hi col·loquen dues guies i una junta. Al final de la tija, s'hi troba una figura cilíndrica de 25mm de diàmetre i 10 d'alçada que incorpora xamfrans de 2mm de llarg i 45º per facilitar el seu accionament a través d'un mecanisme que s'acciona amb un motor pas a pas explicat més endavant. El disseny del pistó es fa seguint les característiques del catàleg de la marca "EPIDOR". Les guies i la junta també s'han extret del mateix catàleg. La guia és el model Anell guia FRA i la junta rep el nom de Junta SIMKO 300.

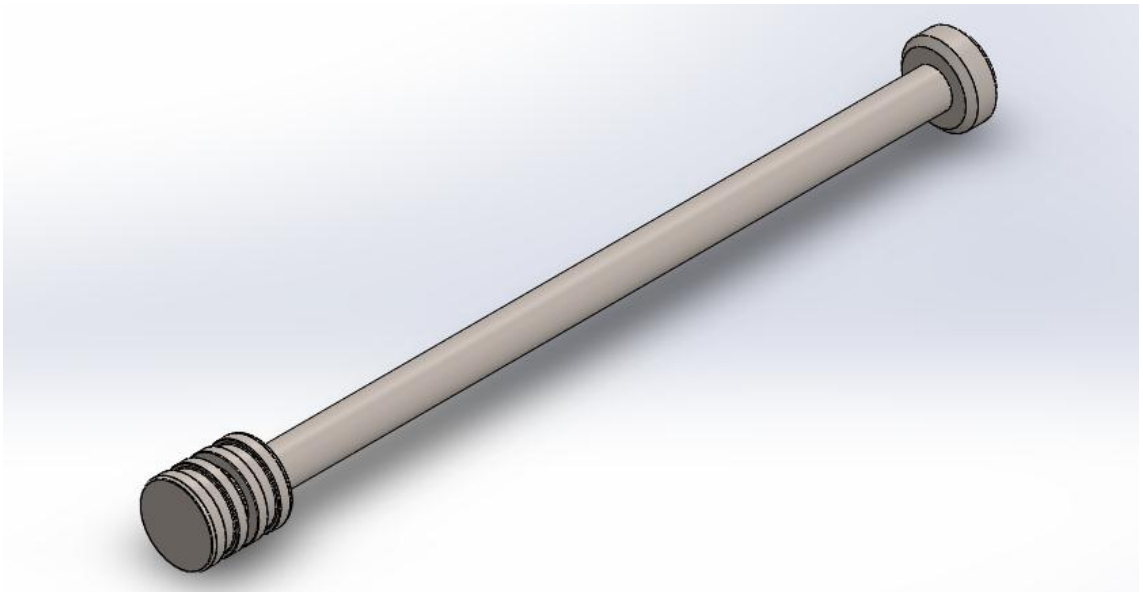


Figura 11. *Pistó dissenyat*

Les mides del pistó es calculen de la següent manera. La hipòtesi inicial és que es vol obtenir unes manxades de 100g cada una.

No es vol obtenir un pistó de diàmetre massa gran, per això es marca aquest diàmetre a 25mm.

Si diàmetre$_{èmbol}$=25mm

$$V_{manxada} = 100mL \cdot \frac{1L}{1000mL} \cdot \frac{1dm^3}{1L} \cdot \frac{1000000mm^3}{1dm^3} = 100000mm^3$$

Si $V = \pi \cdot r^2 \cdot h \rightarrow h = \frac{V}{\pi \cdot r^2}$

$$h = \frac{100000}{\pi \cdot 12{,}5^2} = 203{,}71mm$$

La cursa del pistó ha de ser de 203,71mm per a dosificar 100g. Per tal de facilitar la feina a l'hora de mecanitzar la peça, es fixa la cursa del pistó a 200mm.

Taula 2. *Característiques el pistó*

Diàmetre èmbol	25mm
Cursa del pistó	200mm
Dosificació per manxada	98,174g
Dosificació per impuls (motor de 48 passos)	0,051g

Camises pel pistó (10)

Com en el cas del pistó, el material és acer inoxidable AISI 316. Cada camisa està formada per dues peces collades entre sí utilitzant una rosca de mètric 30 amb pas fi de 2mm i una alçada de 10mm. Les dues peces són una tapa i un cilindre amb un diàmetre interior i exterior de 25 i 30mm respectivament per tal d'encabir-hi el pistó.

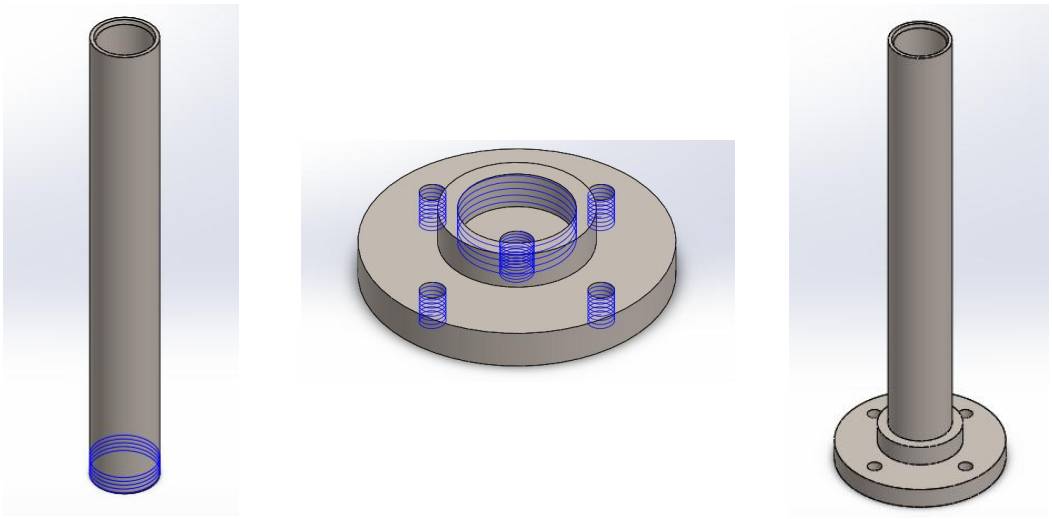


Figura 12. *Camisa dissenyada (barra i tapa)*

Peces d'unió camisa i disc (10)

També fabricades d'acer inoxidable AISI 316, tenen unes dimensions de 220x80x10mm. Com el seu nom indica, es collen al disc i en elles s'hi collen les camises i els pistons. Aquestes peces també suporten una vàlvula 3 vies i dues vàlvules antiretorn per a cada un dels circuits de les dissolucions.

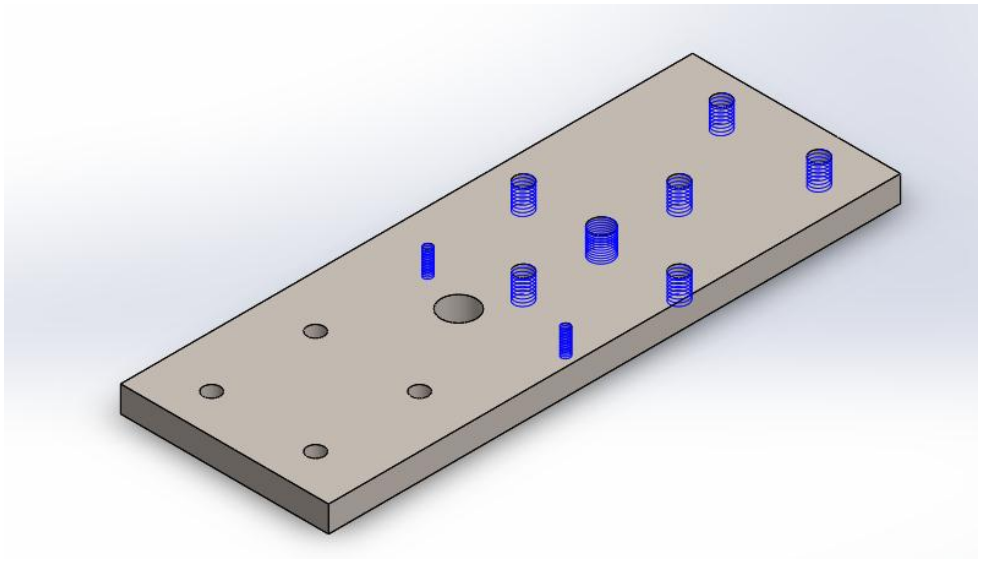


Figura 13. *Peça d'unió camisa i disc dissenyada*

Taula plat divisor

Xapa d'acer de 12mm de gruix soldada a l'estructura. El plat divisor es colla a la xapa a través de 4 cargols i 2 passadors. En aquesta peça també hi va collada una peça que suporta el sensor que detecta la lleva del disc.

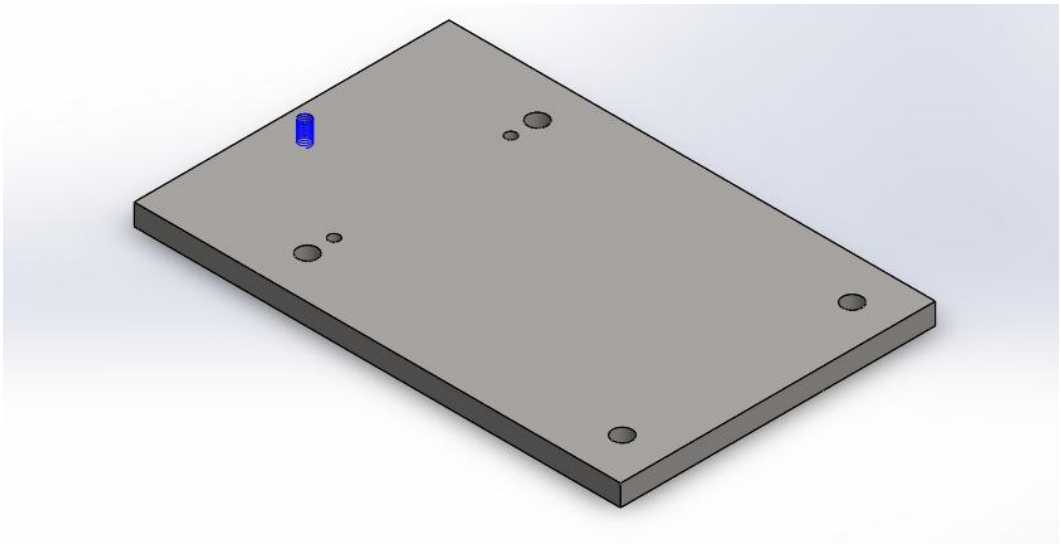


Figura 14. *Taula plat divisor dissenyada*

Mecanisme d'accionament dels pistons

Accionat per un motor pas a pas mou el pistó en el sentit indicat en cada cas per tal de fer les dosificacions. Les peces que formen el mecanisme són d'alumini 2030. Apart d'aquestes peces, també formen part del mecanisme: un coixinet, dues guies, un fusell, un acoblament, un anell de seguretat, una volandera, una femella i varis cargols per fixar les peces. L'acoblament és de barres amb cub de subjecció radial i d'alumini. És el model 23010 de la marca "NORELEM". El fusell de boles forma part de la sèrie PR de la marca "MOTION & CONTROL NSK" i és el model VSP 1205N1D0300PC.

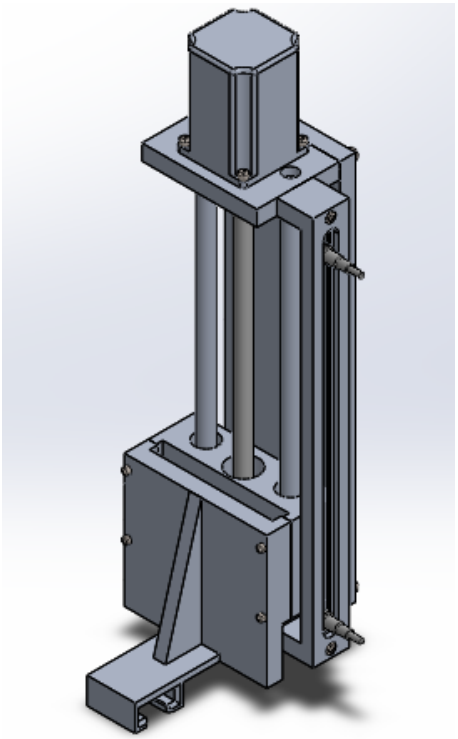


Figura 15. *Mecanisme moviment del pistó dissenyat*

Motor pas a pas

Motor de 48 passos per volta i 7,5º per impuls d'excitació. Aquest motor acciona el mecanisme explicat en la pàgina anterior. El moviment es transmet a través de l'acoblament i el fusell prèviament explicats.

Càlcul fet per a l'elecció del motor:

Nº passos=48

Avanç=5mm/volta

$$Avanç_{pas} = \frac{5}{48} = 0{,}1042mm/pas$$

Cal dir que els motors pas a pas poden dividir el seu avanç en 16 divisions més, per tant:

$$Avanç_{pas} = \frac{0{,}1042}{16} = 6{,}51 \cdot 10^{-3}mm/pas$$

Degut a que la dosificació ha d'estar totalment controlada ja que s'han de seguir les fórmules de manera molt precisa, s'ha d'obtenir una precisió de com a mínim 10mL.

$$10mL \cdot \frac{1L}{1000mL} \cdot \frac{1dm^3}{1L} \cdot \frac{1000000mm^3}{1dm^3} = 10000mm^3$$

El següent pas és calcular el volum per avanç:

Si $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$; on *h* és longitud de l'avanç

$$10000 = \pi \cdot r^2 \cdot (6{,}51 \cdot 10^{-3})$$

$$r = 699{,}25mm$$

Si el radi del cilindre del pistó és inferior o igual a 699,25mm, s'obté la precisió requerida o fins i tot més alta.

Com que en el nostre cas el radi del cilindre és de 12,5mm, es compleix la precisió i el motor de 48 passos és totalment viable.

Vàlvules antiretorn (20)

Cada circuit fluid està format per dues vàlvules antiretorn entre altres components. La primera es situa entre el dipòsit inicial i el pistó i la segona entre el pistó i la vàlvula 3 vies. El mateix moviment d'ascens i descens que fa el pistó és el que les acciona. Quan el pistó està pujant, la primera de les vàlvules està oberta i l'altra tancada i al revés quan el pistó baixa. La seva funció és evitar que les dissolucions i l'espessidor hagin de passar obligatòriament per l'interior del pistó i també per evitar que els fluids retornin al dipòsit d'origen pel mateix tub d'on procedeixen. Són de llautó i la connexió és rosca gas 1/8". Proporcionades per l'empresa "BOU STI S.L.".

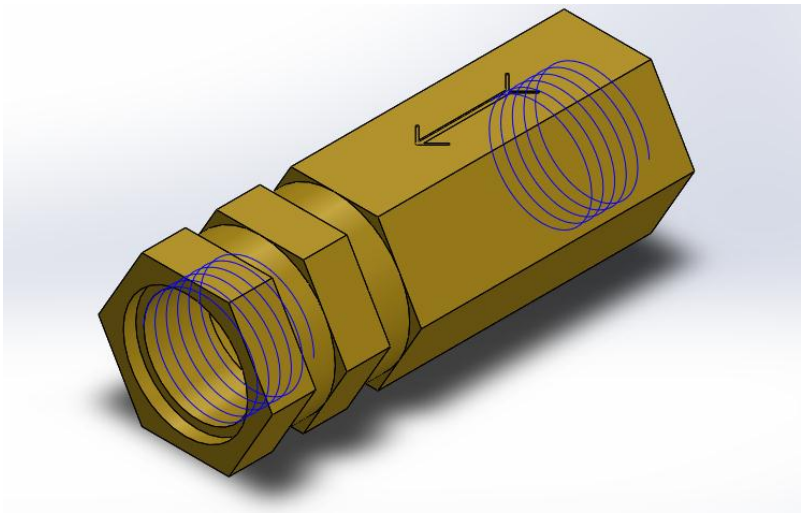


Figura 16. *Representació de la vàlvula antiretorn*

Vàlvules tres vies (10)

Són de llautó i la seva connexió és rosca gas 1/8". Forma part de cada un dels 10 circuits que fan les diverses dissolucions i l'espessidor al llarg de la màquina. Els hi arriba el fluid a través d'un tub que ve des de les vàlvules antiretorn, i tenen la possibilitat de dirigir les dissolucions i l'espessidor cap al pot final o bé retornar-los cap al dipòsit d'origen. S'accionen a través d'un actuador elèctric. El model d'aquesta vàlvula és 3KH-G1/8 i són fabricades per "MHA ZENTGRAF".

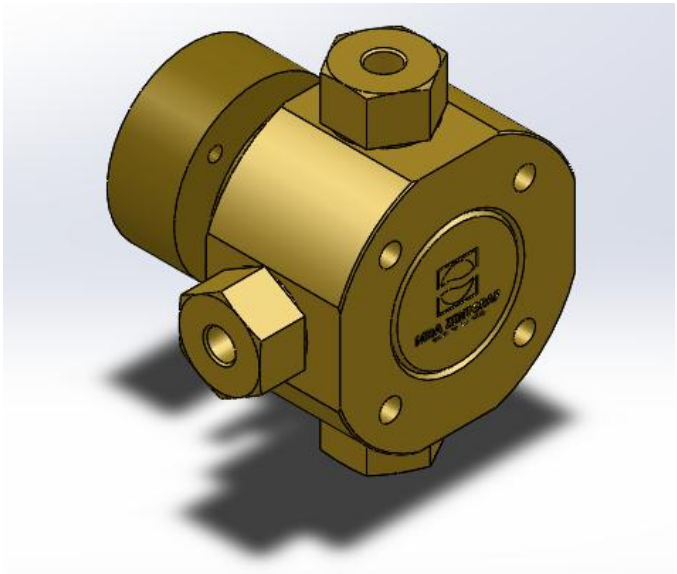


Figura 17. *Representació de la vàlvula 3 vies*

Peces unides a les vàlvules antiretorn i que formen el circuit fluid (10)

El material de totes elles és el llautó, roscades entre elles a partir de les unions rosca gas 1/8", formen el circuit que fan les dissolucions i l'espessidor. En cada un dels 10 circuits hi ha un ràcord, dos colzes mascle, dues agulles de doble rosca i dues peces que fixen els tubs dels circuits a les canonades.

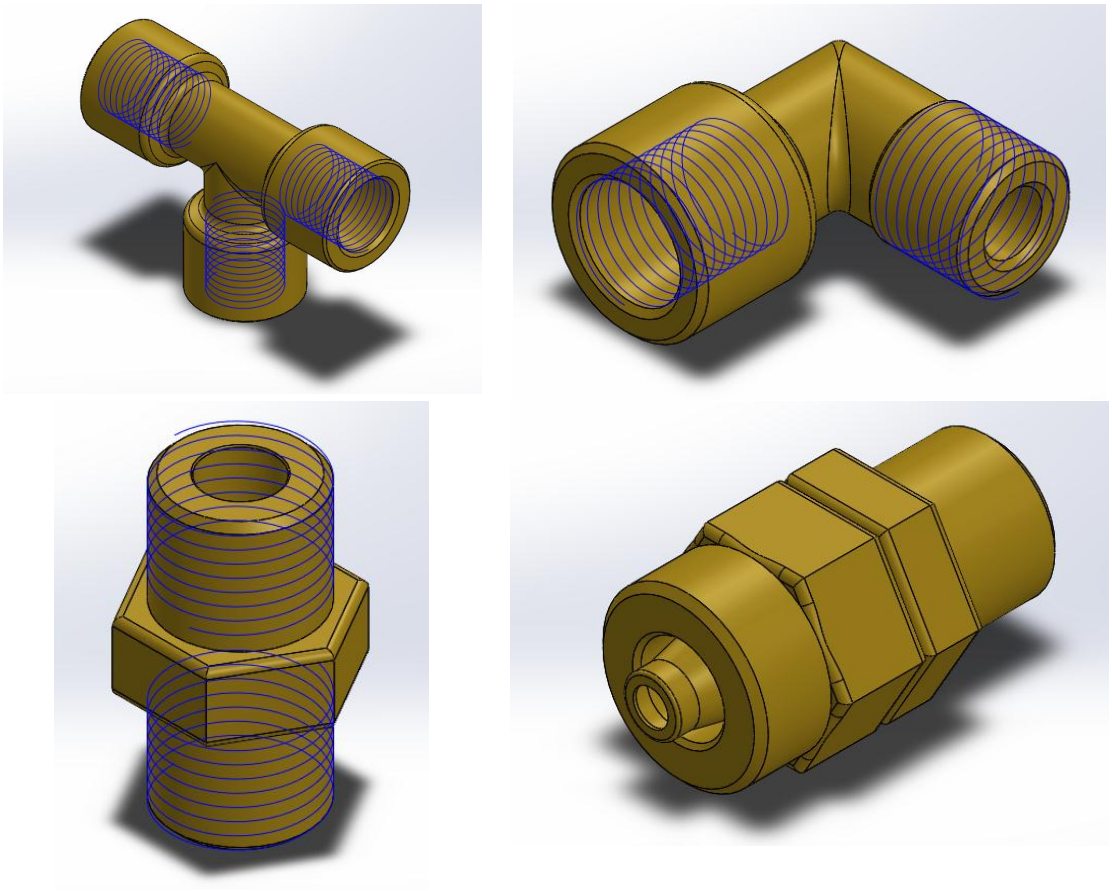


Figura 18. *Representació de les peces que formen les canonades*

Es troben situades a les peces que uneixen les camises i el disc i estan unides a les vàlvules antiretorn. Proporcionades per l'empresa "BOU STI S.L.".

Actuador elèctric

Actua sobre la vàlvula tres vies fen possible el moviment de l'accionament d'aquestes vàlvules per tal de dirigir els fluids cap a la posició indicada en cada cas.

Figura 19. *Actuador elèctric i vàlvula 3 vies*

Fabricat per "DYNAQUIP CONTROLS INC.", té una capacitat de gir de 90º i el cicle dura 2,5 segons.

Bufador

Un compressor li proporciona aire comprimit. El bufador situat i inclinat de forma adient, fa la neteja de possibles restes que poden quedar en la part final dels tubs de cada un dels 10 circuits de fluid. El model elegit és el M-BB1 amb connexió 1/8" fabricat per l'empresa "EUROSPRAY SPRAY AND FILTER TECHNOLOGY S.L." i està fet de llautó. A l'altra banda del tub a netejar s'hi col·loca una esponja per tal de capturar tota la brutícia que es bufa.

Figura 20. *Bufador (http://www.euspray.es/)*

Tubs (10)

Formen els circuits que han de fer els diversos fluids al llarg de la màquina. Els diàmetres exterior i interior són 6 i 4mm respectivament. El material dels quals és poliuretà. Estableixen la connexió entre el dipòsit inicial i la primera vàlvula antiretorn, el pistó i les vàlvules antiretorn, la segona vàlvula antiretorn i la vàlvula tres vies i la vàlvula tres vies i el dipòsit inicial. El tub és fabricat per l'empresa "SMC ESPAÑA S.A." i la referència del tub és TU0604B-20.

Figura 21. *Tub de poliuretà (https://www.smc.eu/)*

A diferència dels altres, el tub que connecta la vàlvula tres vies i el pot final, és d'acer inoxidable AISI 316 amb diàmetre exterior 8 mil·límetres i diàmetre interior de 4. Es creu oportú fer-lo d'aquest material ja que és el tub que se

li bufa aire per tal d'extreure'n la brutícia. Si com en els altres casos fos un tub de polipropilè, l'aire tindria massa força i el tub no romandria en la posició requerida.

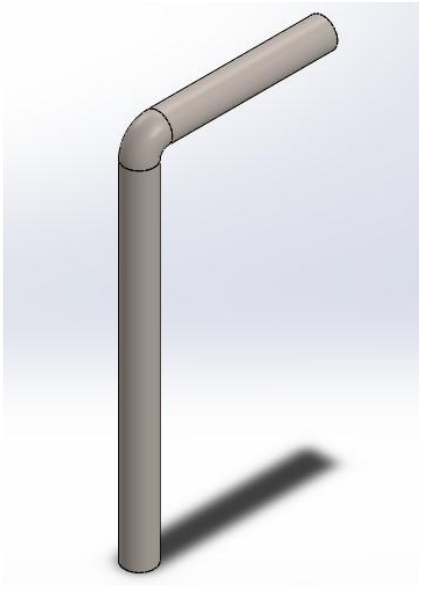


Figura 22. *Tub de vàlvula 3 vies a pot final dissenyat*

Escaire detector lleva

Peça de ferro collada a la taula que suporta el plat diviso. En la part superior de la peça s'hi fixa el detector que detecta la lleva del disc de 12mm de diàmetre amb pas de rosca d'1mm. El gruix de la peça és de 2mm.

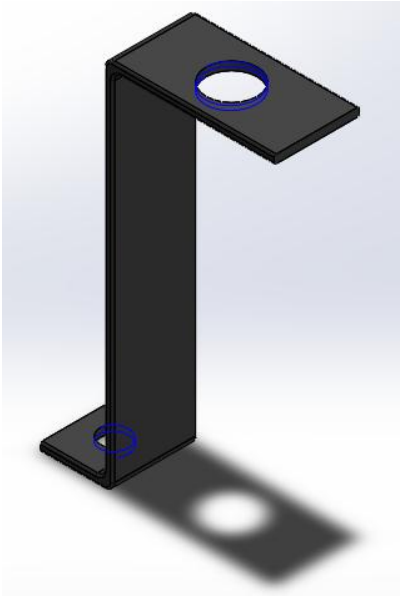


Figura 23. *Escaire detector lleva dissenyat*

Peça fixa canonades (20)

Les canonades es fixen a la peça d'unió de les camises i el disc a través de dos suports de ferro per a cada un dels circuits. Aquests dos suports són exactament iguals. És necessari posar-ne dos per a cada un dels deu circuits

per tal de fixar les dues vàlvules antiretorn. Com el cas anterior, el gruix màxim és de 2mm. És necessari fixar les canonades que contenen les vàlvules antiretorn, ja que en cas que hi hagi petites vibracions s'evita que aquestes es moguin de posició.

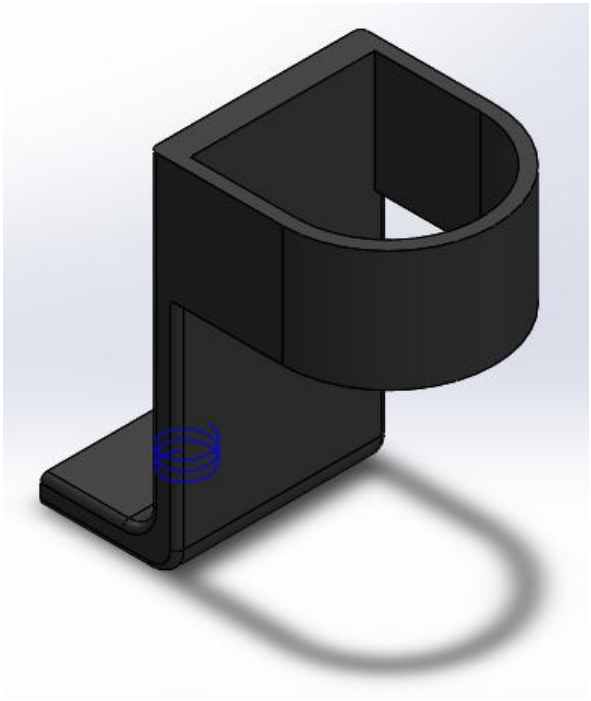


Figura 24. *Peça fixa canonades dissenyada*

Suport actuador elèctric

Com el nom indica suporta l'actuador elèctric. La peça es colla a l'estructura de la màquina. Fet de ferro i de gruix màxim 2mm.

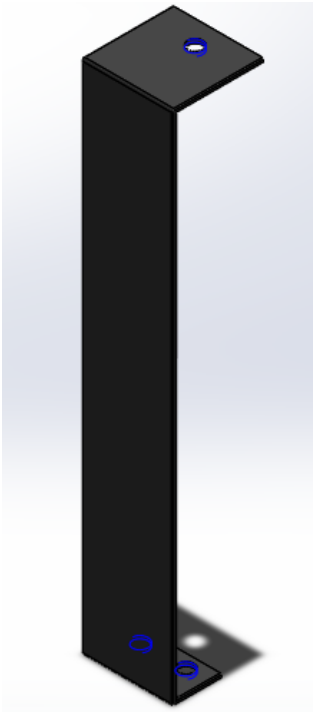


Figura 25. *Suport actuador elèctric dissenyat*

Peça sensors pistó

El material és alumini 2030 ja que la peça en qüestió es colla al mecanisme controlat pel motor pas a pas i totes les peces d'aquest mecanisme són d'aquest material. En ella s'hi fixen dos detectors inductius que marquen l'inici i el final de la cursa del pistó. La rosca dels detectors és de M8 i pas d'1mm.

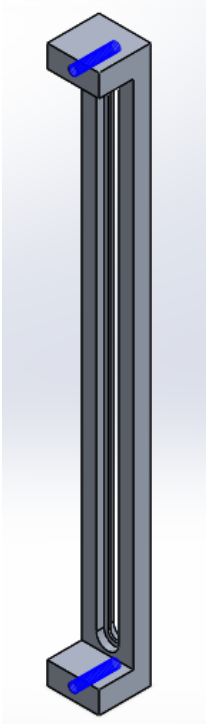


Figura 26. *Peça sensors pistó dissenyada*

Dipòsit final

Pot amb un volum ISO de 10,80L i alçada 260mm. Si s'omple el pot fins la vora, el volum és de 11,50L. El diàmetre de la base és de 225mm i el diàmetre de boca és de 270mm. El material és polipropilè. El model del dipòsit final és JET 107 P fabricat per "JOKEY FRANCE S.A.".

Figura 27. *Dipòsit final (https://www.jokey.com/)*

Balança

Fa el pesatge de tots els productes que van caient en el dipòsit final i comparteix la informació a través d'un port sèrie RS-232. La divisió mínima que pot pesar són 0,01g i la càrrega màxima 14,2kg. Comercialitzada per l'empresa "SARTORIUS SPAIN, S.A.".

Figura 28. *Balança (https://www.sartorius.com/)*

Estructura

El material de les barres que formen l'estructura és acer. Aquestes barres són de secció rectangular o quadrada de 80x40mm, 40x40mm i 20x20mm de gruix 4mm en el cas de les dues primeres i 2mm en el cas de la secció de 20x20. Totes les barres tenen arrodoniments de 2mm. Al llarg de l'estructura hi ha varis forats on collar les peces de suport i les xapes que formen la carcassa de la màquina. Fen-ne la simulació amb el programa SolidWorks per comprovar si suporta tot el pes, s'ha verificat que la deformació màxima és inferior a 0,1mm i el factor de seguretat és molt elevat. Per tant, es pot concloure que l'estructura aguanta perfectament sense patir trencament ni grans deformacions. La base rectangular de la part inferior que es pot

apreciar en la figura 8.1.21. està soldada a l'estructura i també és d'acer. És on es col·loca la balança.

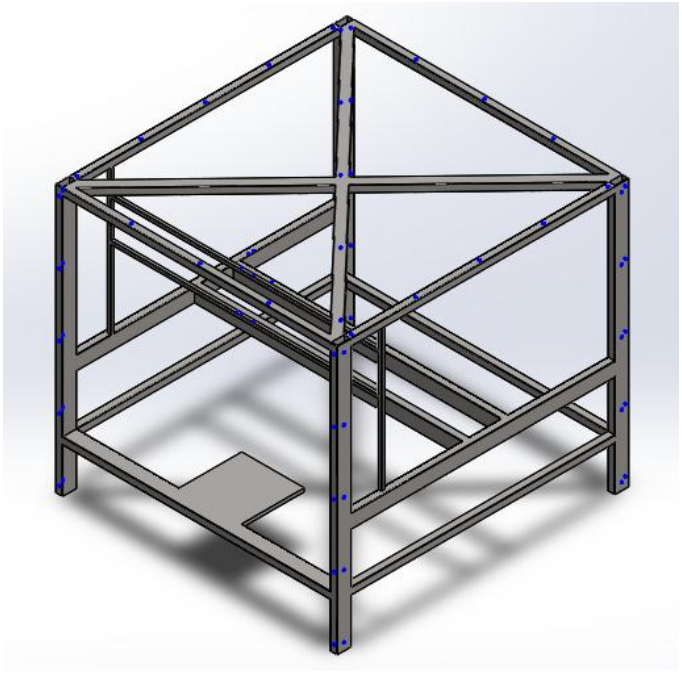


Figura 29. *Estructura dissenyada*

Peces d'unió dels peus a l'estructura (4)

També són d'acer i es solden a la part final de les potes de l'estructura. Tenen unes mides de 80x40mm amb arrodoniments de 2mm en les arestes i de gruix 10mm. Hi ha un forat amb rosca que les travessa de M12 amb pas d'1,75mm per tal de collar-hi els peus.

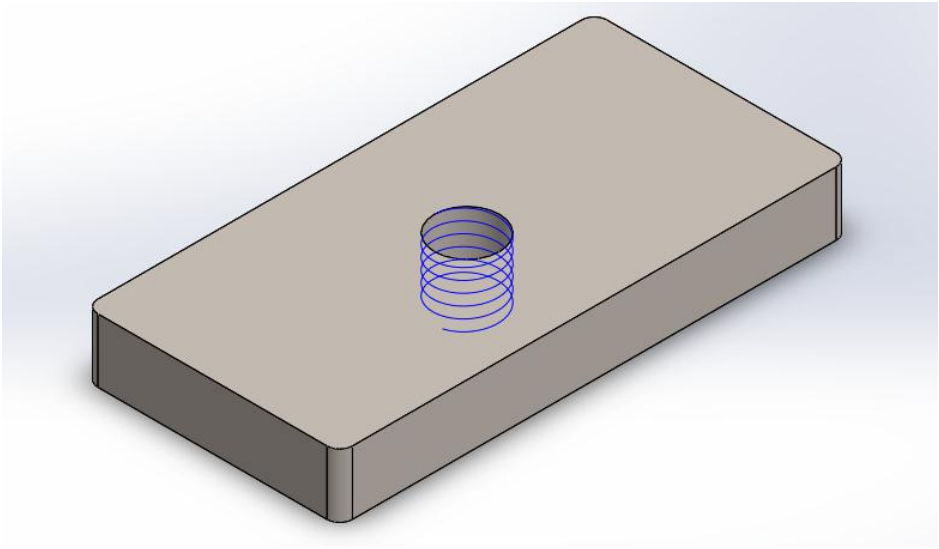


Figura 30. *Peça d'unió dels a peus a l'estructura dissenyada*

Peus (4)

Collats a la peça anterior explicada a través de la rosca de M12, una femella i una contrafemella. La part inferior del peu té un diàmetre màxim de 45mm.

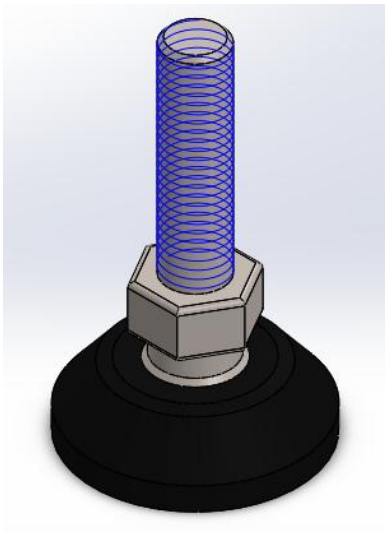


Figura 31. *Peu dissenyat*

Carcassa

Planxes d'acer inoxidable AISI 304 de 2mm de gruix. Cobreix els dos laterals de la màquina i també la part superior, la posterior i la davantera. Totes elles estan collades a l'estructura a través de cargols de M12. Els dos laterals incorporen una porta per accedir a l'interior de la màquina per si cal fer reparacions, canviar o omplir els dipòsits, serveis de manteniment, canviar l'esponja del bufador, etc. La planxa davantera té tres forats per encabir-hi una pantalla, un plàstic transparent per visualitzar l'interior de la màquina mentre s'estan fen les dosificacions i l'últim dels tres és per poder col·locar la balança i el dipòsit final.

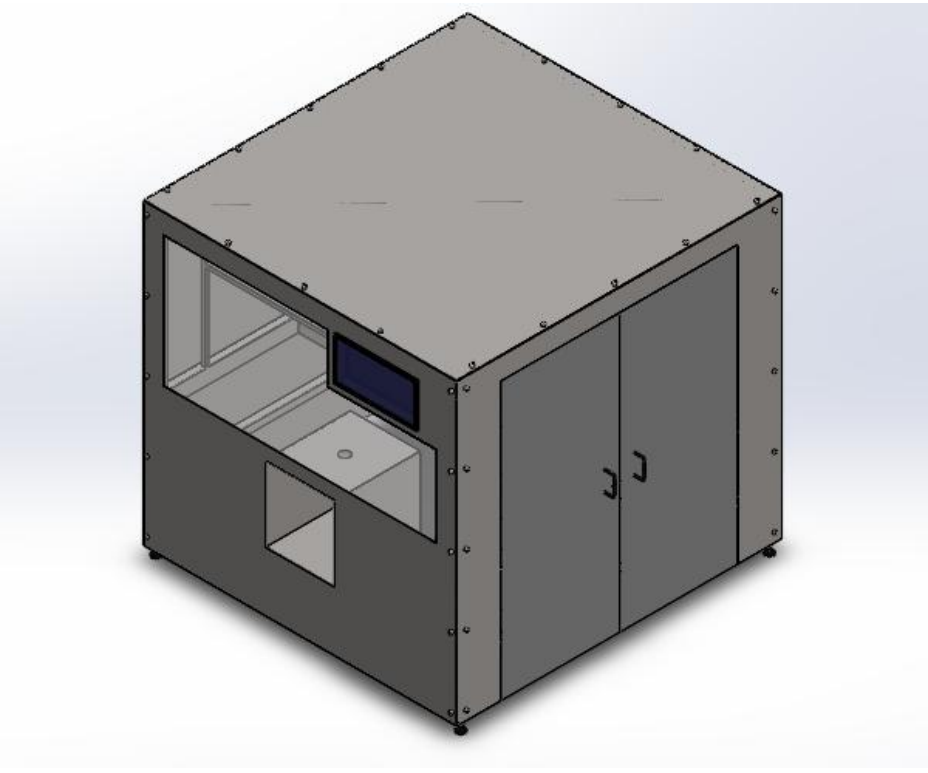


Figura 32. *Carcassa dissenyada*

6.2. Unions entre peces

La majoria de les peces s'uneixen utilitzant cargols i altres elements com són les femelles. Exceptuant les peces que es solden que com ja s'ha dit en l'últim apartat, aquestes són la base que suporta la balança, la taula del plat divisor i la peça que uneix els peus i les potes que totes elles es solden a l'estructura.

En aquest punt s'especifica les característiques dels cargols i quins altres elements s'utilitzen per fixar les diverses peces en la posició indicada.

Taula 3. *Cargols i rosques*

CARGOLS I ROSQUES			
Peces a unir	**Normativa cargols a utilitzar**	**Mètric**	**Pas de rosca**
Fixar dipòsits a disc	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar peça unió camisa-base a base	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar dues parts de la camisa	(Van collades les dues peces entre sí sense necessitat de cap cargol)	M30	Fi (2mm)
Collar camisa pistó a peça unió camisa-base	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar disc a plat divisor	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar plat divisor a taula	DIN 912	M10	Normal (1,5mm)
Collar lleva a disc	DIN 933	M8	Normal (1,25mm)
Collar motor pap a mecanisme moviment pistó	DIN 912	M5	Normal (0,8mm)
Collar peces estructura mecanisme moviment pistó	DIN 912	M 2,5	Normal (0,45mm)
Colla peça darrera estructura mecanisme	DIN 912	M6	Normal (1mm)
Collar fusell a peça central estructura mecanisme	DIN 912	M5	Normal (0,8mm)
Collar peça unió palanca i mecanisme a mecanisme	DIN 912	M6	Normal (1mm)
Collar peça unió palanca i mecanisme a palanca	DIN 912	M6	Normal (1mm)
Collar escaire detector lleva a taula	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar peça fixar "T" a peça unió camisa-base	DIN 912	M4	Normal (0,7mm)

Collar peça sensors pistó a mecanisme moviment pistó	DIN 912	M6	Normal (1mm)
Collar mecanisme moviment pistó a estructura	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar peus a estructura	(El mateix peu incorpora un cargol)	M12	Normal (1,75mm)
Collar suport actuador elèctric a estructura	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar suport actuador elèctric a actuador elèctric	DIN 912	M8	Normal (1,25mm)
Collar carcassa a estructura	DIN 912	M12	Fi (1mm)

Taula 4. *Volanderes*

VOLANDERES		
Peces entre les que cal volandera	**Normativa**	**Mètric**
Entre peça unió camisa-base i base	DIN 125	M8
Entre camises i peces unió camisa-base	DIN 125	M8
Entre disc i plat divisor	DIN 125	M8
Entre lleva i disc	DIN 125	M8
Entre plat divisor i taula	DIN 125	M10
Entre fusell i coixinet del mecanisme moviment pistó	DIN 125	M8

Taula 5. *Passadors*

PASSADORS			
Peces a unir	**Normativa**	**Diàmetre (mm)**	**Longitud (mm)**
Disc i plat divisor	DIN 6325	6	32
Plat divisor i taula	DIN 6325	6	32
Vàlvula tres vies i peça unió camisa-base	DIN 6325	6,5	53

Taula 6. *Femelles*

FEMELLES		
Peces entre les que cal femella	**Normativa**	**Mètric**
Entre fusell i coixinet	DIN 936	M8
Entre pota i estructura	DIN 936	M12
Entre suports bufador	DIN 936	M8

Taula 7. *Altres elements d'unió*

	ALTRES	
Element	**Peces entre les que cal**	**Normativa**
Anell de seguretat	Entre fusell i coixinet mecanisme moviment pistó	DIN 472

6.3. Xarxa de sensors

Pel correcta funcionament de la màquina i per conèixer el seu estat durant tot el procés, és imprescindible la utilització de sensors per saber les posicions d'alguns elements i per assegurar la màxima seguretat a l'usuari.

Detector lleva

És necessari marcar un punt del disc com a punt d'origen, ja que quan comença el funcionament de la màquina el plat divisor no sap en quina posició es troba. Per això, amb la col·locació d'un cargol en el disc, es marca aquell punt com a inicial. El detector es fixa a través d'un sistema femella-contrafemella en l'escaire que es colla a la taula del plat divisor. El sensor és de proximitat inductiu de 2mm amb sortida PNP, de cos cilíndric amb rosca de M12 amb pas d'1mm i IP69K. El model és XS512B1PAM12 fabricat per "SCHNEIDER ELECTRIC".

Figura 33. *Detector lleva (http://es.rs-online.com/)*

Detectors pistó (2) i detectors actuador elèctric (2)

En el cas del pistó, marquen l'inici i el final de cursa. Es col·loquen a través d'un sistema femella-contrafemella en una peça adjacent al mecanisme controlat pel motor pas a pas i quan aquests sensors detecten la peça central

del mecanisme, envien un senyal d'aturada del motor pas a pas a través del PLC. En el cas dels detectors de l'actuador elèctric, es situen de forma que un indica quan l'actuador està actuant sobre la vàlvula tres vies i l'altre indica quan no està actuant. Són sensors de proximitat inductius d'1,5mm amb sortida PNP de cos cilíndric i rosca de M8 amb pas d'1mm i IP67. La referència d'aquests dos sensors és XS508B1PAL2 i són fabricats per l'empresa "SCHNEIDER ELECTRIC".

Figura 34. *Detectors pistó i actuador elèctric (http://es.rs-online.com/)*

Detectors portes (2)

Indiquen si les portes estan correctament tancades. Són interruptors de finals de carrera de seguretat. Si s'obra una de les dues portes o totes dues i l'interruptor de final de carrera no la detecta, es vulnera la seguretat i la màquina fa una parada d'emergència. El model és XCSD3918P20 fabricat per "TELEMECANIQUE SENSORS".

Figura 35. *Detector portes (http://es.rs-online.com/)*

6.4. Accionaments i llums

Interruptor general

Interruptor giratori de dues posicions que posa en funcionament la màquina o l'atura. Aquestes dues posicions d'engegada i aturada reben el nom d'ON i

OFF respectivament. La tensió màxima és de 690V AC i el corrent màxim és de 20A. El grau de protecció és IP65. Model 088709 fabricat per "EATON".

Figura 36. *Interruptor general (catàleg EATON)*

Polsador d'emergència

Polsador de bolet de color vermell que si s'acciona para completament la màquina independentment del procés en el qual es trobi. El polsador té un diàmetre de 40mm i un grau de protecció IP65. Per a restablir-ne la seva posició cal girar-lo. Model XALK178F fabricat per "SCHNEIDER ELECTRIC".

Figura 37. *Polsador d'emergència (catàleg SCHNEIDER ELECTRIC)*

Polsador per a rearmar

Botó polsador amb il·luminació de color verd. Forat de muntatge de 22,5mm i grau de protecció IP65. Model 800FP-LF3 fabricat per "ROCKWELL AUTOMATION INC.".

Figura 38. *Polsador per a rearmar (http://www.ab.com/)*

Torre de llums de color (semàfor)

Els llums LED alerten a l'usuari de l'estat en el que es troba la màquina. Si es troba en marxa o en estat d'aturada, si la màquina s'està parant, o bé si s'ha produït algun error. La torre de llums té un diàmetre de 70mm. Operen a 12-30V DC. Els colors que incorpora la torre de llums són el verd, el vermell, el groc i el blau. El color verd avisa que la màquina està en marxa, el vermell que està en estat d'aturada, el groc que s'està parant i el blau notifica que hi ha algun problema en el funcionament. El model és el TL70 de l'empresa "BANNER ENGINEERING CORP.".

Figura 39. *Semàfor (http://www.bannerengineering.com/)*

6.5. Components electrònics

Pantalla

L'usuari interactua amb la màquina a través de la interfície de l'usuari mostrada per aquesta pantalla. Per aquest projecte s'ha elegit el model NA5-15W101B que és de 15,4" i és fabricat per "OMRON CORPORATION" que es comunica amb el PLC a través d'un port ethernet. Opera amb una alimentació de 24V.

Figura 40. *Pantalla (https://www.ia.omron.com/)*

PLC

El PLC elegit pel projecte, apart del CPU, està format per 5 elements més. Aquests són: una font d'alimentació, un controlador de polsos, una unitat per establir connexió amb port sèrie, una unitat d'entrades i una de sortides. Tots aquests elements juntament amb el CPU són fabricats per "OMRON CORPORATION".

La font d'alimentació aporta la potència necessària al PLC i la referència és CJ1W-PA205R.

El controlador de polsos, CJ2M-MD211, està alimentat a 24V.

El CPU es troba en connexió amb la pantalla a través d'un cable ethernet. El model és el CJ2M-CPU31.

La unitat de connexió que compte amb ports series, s'incorpora per tal de controlar el pesatge i que el PLC llegeixi les lectures de la balança. Com ja s'ha dit en el punt on la balança és explicada, aquesta transmet la informació a través d'un port sèrie estàndard RS-232.

La unitat d'entrades alimentada a 24V DC, amb referència CJ1W-ID211, compte amb 16 entrades.

La unitat de sortides també compte amb 16 posicions i s'alimenta a 24V DC. La referència és CJ1W-OC211.

16 entrades i 16 sortides és més que suficient com es pot veure en la taula 6.4.1. on es descriuen quines són aquestes entrades i aquestes sortides. Les entrades i les sortides i l'espai on es connecten es pot veure amb claredat en els esquemes elèctrics del document "Plànols".

Taula 8. *Entrades i sortides del PLC*

ENTRADES		SORTIDES	
POSICIÓ	**REFERÈNCIA GRAFCET**	**POSICIÓ**	**REFERÈNCIA GRAFCET**
ID00	Emergència OK	**OD00**	Motor Taula
ID01	Lleva Taula	**OD01**	Pas A Pas Enable
ID02	Posició Taula	**OD02**	Pas A Pas FW
ID03	Tèrmic OK Taula	**OD03**	Pas A Pas RV
ID04	Pistó +	**OD04**	Actuador Elèctric
ID05	Pistó -	**OD05**	EV Bufador
ID06	Motor PAP OK	**OD06**	Semàfor Verd
ID07	Actuador +	**OD07**	Semàfor Vermell
ID08	Actuador -	**OD08**	Semàfor Groc
ID09	-	**OD09**	-
ID10	-	**OD10**	Pas A Pas Clock
ID11	-	**OD11**	-
ID12	-	**OD12**	-
ID13	-	**OD13**	-
ID14	-	**OD14**	-
ID15	-	**OD15**	-

De la taula anterior també cal dir que les posicions marcades amb – és perquè no s'hi connecta res. Si en un futur s'incorporen millores en la màquina estan lliures per a ser utilitzades.

La figura 6.4.2. mostra de forma esquemàtica la distribució de les unitats del PLC.

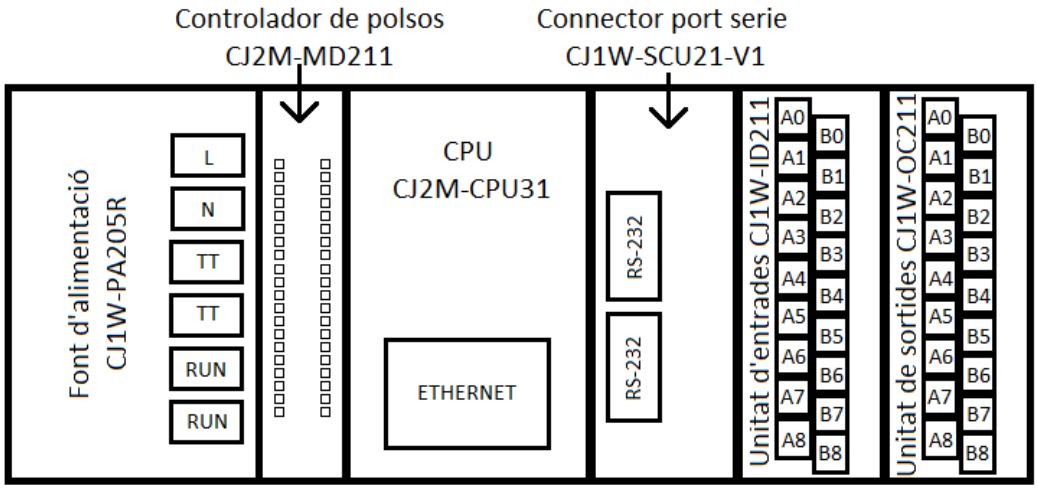


Figura 41. *Esquema del PLC*

CAPÍTOL 7: GRAFCET

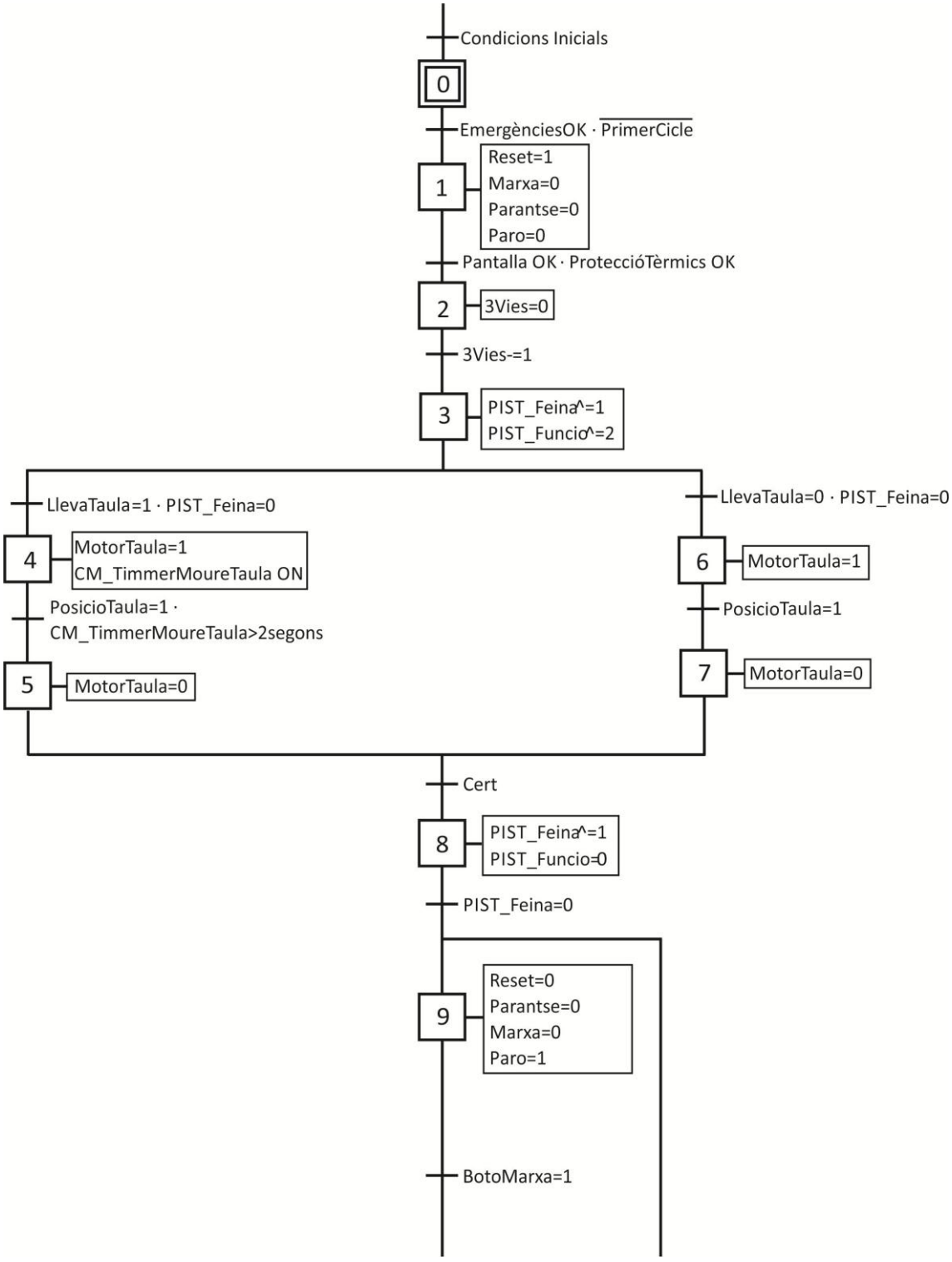
El GRAFCET és un diagrama que representa de forma esquemàtica el procés que segueix un sistema automatitzat totalment o parcialment.

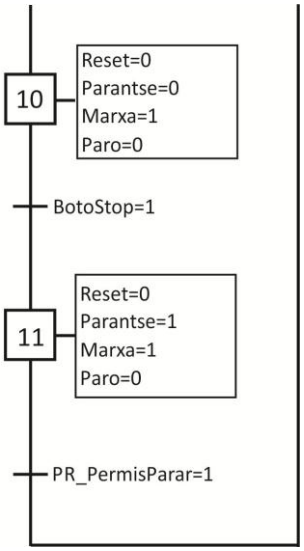
En els GRAFCET si representen les etapes on s'esmenten les accions a fer pel mecanisme i les transicions, que si aquestes es validen, és quan el procés passa d'una etapa a la següent. Entre dues etapes només hi pot haver una transició, tot i que aquesta pot ser composta. Per entendre-ho, una transició podria ser un detector que detecta si hi ha o no una peça, un final de cursa, o fins i tot l'activació d'un polsador, entre d'altres.

El GRAFCET d'aquest projecte està format per un GRAFCET general que sempre està actiu i altres GRAFCETS que s'activen o no depenent de les subrutines que crida el GRAFCET general.

Abans d'explicar cada un dels GRFACET, s'ha de dir que he creat un símbol que es pot veure en algunes etapes del GRAFCET representat per "^". Aquest símbol indica que la feina s'activa just en el moment que el PLC detecta el flanc de pujada. L'utilitzo per cridar feines a fer de diferents GRAFCET quan ens trobem en un GRAFCET superior. La feina a fer s'activa només en el moment de detecció del flanc i a les hores el GRAFCET superior espera que s'acabi aquesta feina.

7.1. GRAFCET Control Marxa (CM)





És el GRAFCET que indica si la màquina està engegada o parada i que inicia el procés del mecanisme quan s'engega o quan es rearma.

En aquest i també en tots els altres GRAFCET apareix "Condicions Inicials" en la primera transició i també es repeteixen l'etapa 0 i la transició posterior a aquesta etapa. Les condicions inicials equival a que no hi hagi premut el polsador d'emergència i que les portes estiguin tancades totalment. Si una d'aquestes 3 condicions no es compleix, salta l'emergència de la màquina i l'automatisme es para independentment del punt on es trobi el procés. L'etapa 0 no s'hi fa cap acció per tal es passa a la següent transició sense fer cap mena d'acció. La transició posterior a l'etapa 0 es controla que totes les emergències estiguin bé i que no ens trobem en el primer cicle del PLC. El primer cicle del PLC no funciona correctament com tots els altres, per tant s'espera a que el PLC es trobi en el segon cicle per a començar a funcionar.

Quan es posa l'interruptor general de la màquina o bé es prem el polsador per a rearmar, la màquina inicia el procés amb aquest primer GRAFCET general.

- En l'etapa 1 s'indica que la màquina està en "Reset" i que no es troba en "Marxa", en "Paro" o "Parantse".

- Per a passar a l'etapa número 2, es comprova que la comunicació amb la pantalla a través del cable ethernet sigui correcta i que tots els tèrmics estiguin protegits.

- L'etapa número 2 activa l'actuador de la vàlvula 3 vies fins que un dels sensors de l'actuador el detecta. Quan aquest detector marca que hi ha l'actuador elèctric en posició, indica que l'actuador elèctric no està actuant sobre la vàlvula 3 vies i que per tant si es manxés fluid, aquest se n'aniria de retorn cap al dipòsit inicial i no aniria a la zona final on es duu a terme el pesatge.

- L'etapa número 3 inicia la funció 2 del GRAFCET anomenat Pistó (PIST). Quan el GRAFCET Pistó finalitza i retorna la transició "PIST_Feina=0", el

procés segueix per un camí o l'altre depenent de si el plat divisor detecta que està parat just en un final de cicle o no.

- L'etapa 4 s'inicia quan el plat divisor es troba aturat just al final d'un cicle. S'inicia el moviment de gir del plat divisor a través del motor que incorpora. També s'acciona un temporitzador.

- En l'etapa 5, el motor s'atura quan es detecta el cargol que fa de lleva i està collat al disc i que marca el punt d'origen d'aquest últim.

- Si es va per l'altre camí (etapa 6), també s'engega el motor del plat divisor fins a arribar en la posició d'origen.

- Quan es detecta la lleva en aquesta posició d'origen el motor es para, això està representat en l'etapa 7.

- L'etapa 8 es torna a cridar el GRAFCET Pistó (PIST) amb la funció coneguda com a 0.

- Quan es finalitza la funció i el GRAFCET Pistó (PIST) retorna "PIST_Feina=0", es passa a l'etapa número 8 on la màquina es troba en una situació de parada tot i estar en funcionament.

- Si es prem "Marxa", la màquina es posa en marxa on s'inicia el GRAFCET conegut com a Principal (PR) en l'etapa 10.

- Quan es prem "Stop" la màquina estarà en procés de parada però fins que no es compleixin tots els aspectes necessaris per parar-se no es pararà. Tot això s'observa en la transició anterior i posterior a l'etapa 11 i també en la mateixa etapa.

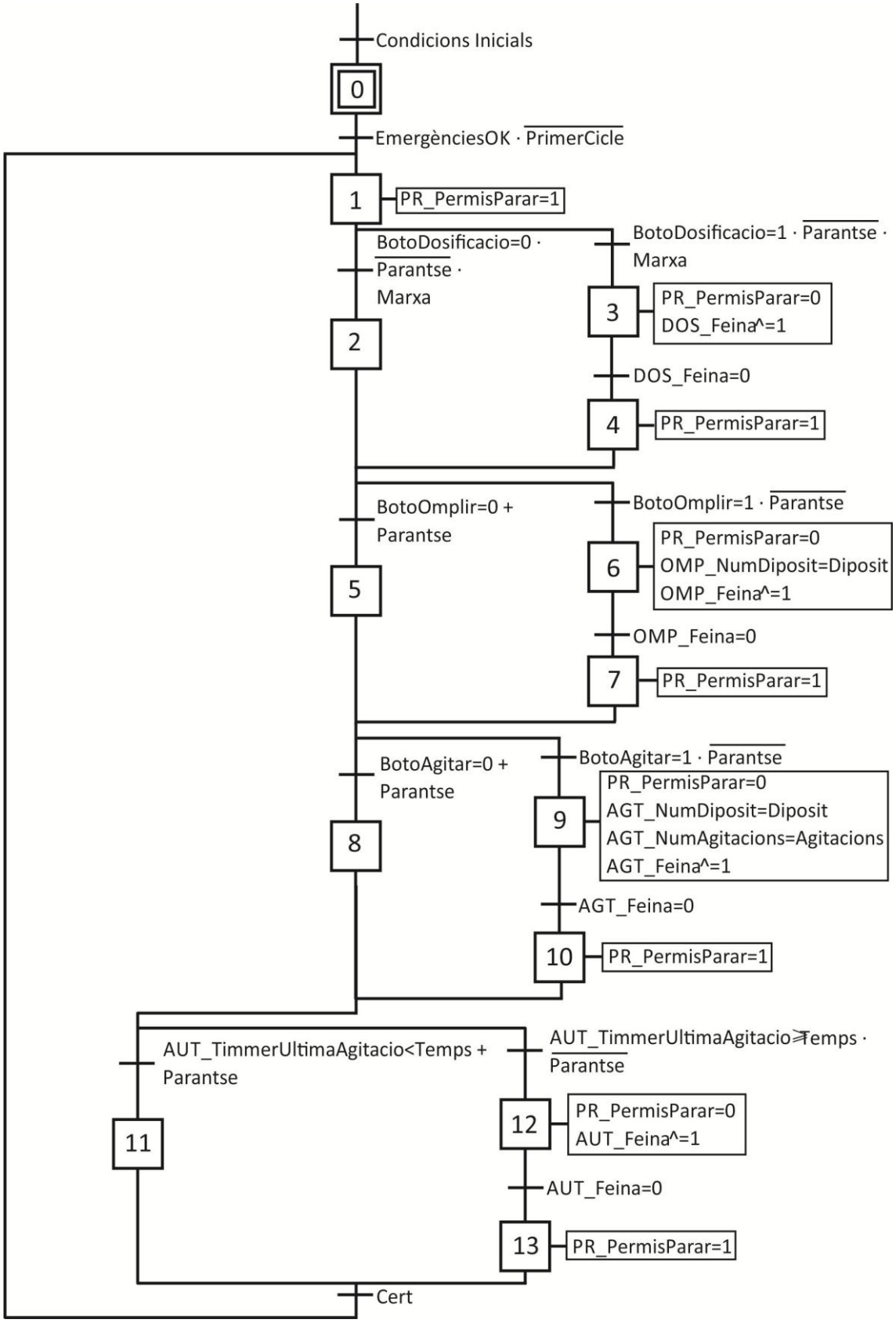
- Si es compleixen les transicions necessàries, el procés retorna a l'etapa 9 on la màquina estarà en un estat de parada.

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 9. *Inicialització variables GRAFCET Control Marxa (CM)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
CR_Estat=0	Booleà
Reset=0	Booleà
Marxa=0	Booleà
Parantse=0	Booleà
Paro=0	Booleà
MotorTaula=0	Booleà
CM_TimmerMoureTaula=0	Real

7.2. GRAFCET Principal (PR)



Com s'ha dit en l'apartat anterior, l'etapa 0 i les transicions anteriors i posteriors a ella són iguals per a tots els GRAFCET i la raó és la mateixa que la explicada en l'apartat 7.1.

Aquest GRAFCET manté la màquina en funcionament però en un estat d'aturada sempre i quan no es premi des de la interfície de l'usuari si es vol fer una dosificació, omplir un dipòsit o agitar un producte. Mentre està parada, un comptador anomenat "AUT_TimmerUltimaAgitacio" compte el temps per anar fen agitacions de forma automàtica. Aquest temps ve establert per l'usuari des de la pantalla de configuració de la interfície, veure figura 12.22.

- Les etapes 3 i 4 indiquen que si l'usuari prem el botó per a dosificar una fórmula, s'engega la subrutina de dosificar "DOS_Feina^=1"i quan s'ha acabat la dosificació la màquina segueix en l'estat d'aturada.

- Passa el mateix que en cas anterior en les etapes 6 i 7 i les etapes 9 i 10 però en aquest cas és per a omplir un dipòsit i agitar un producte respectivament.

- Les etapes 12 i 13 criden el GRAFCET que descriu el procés d'agitació automàtica dels productes.

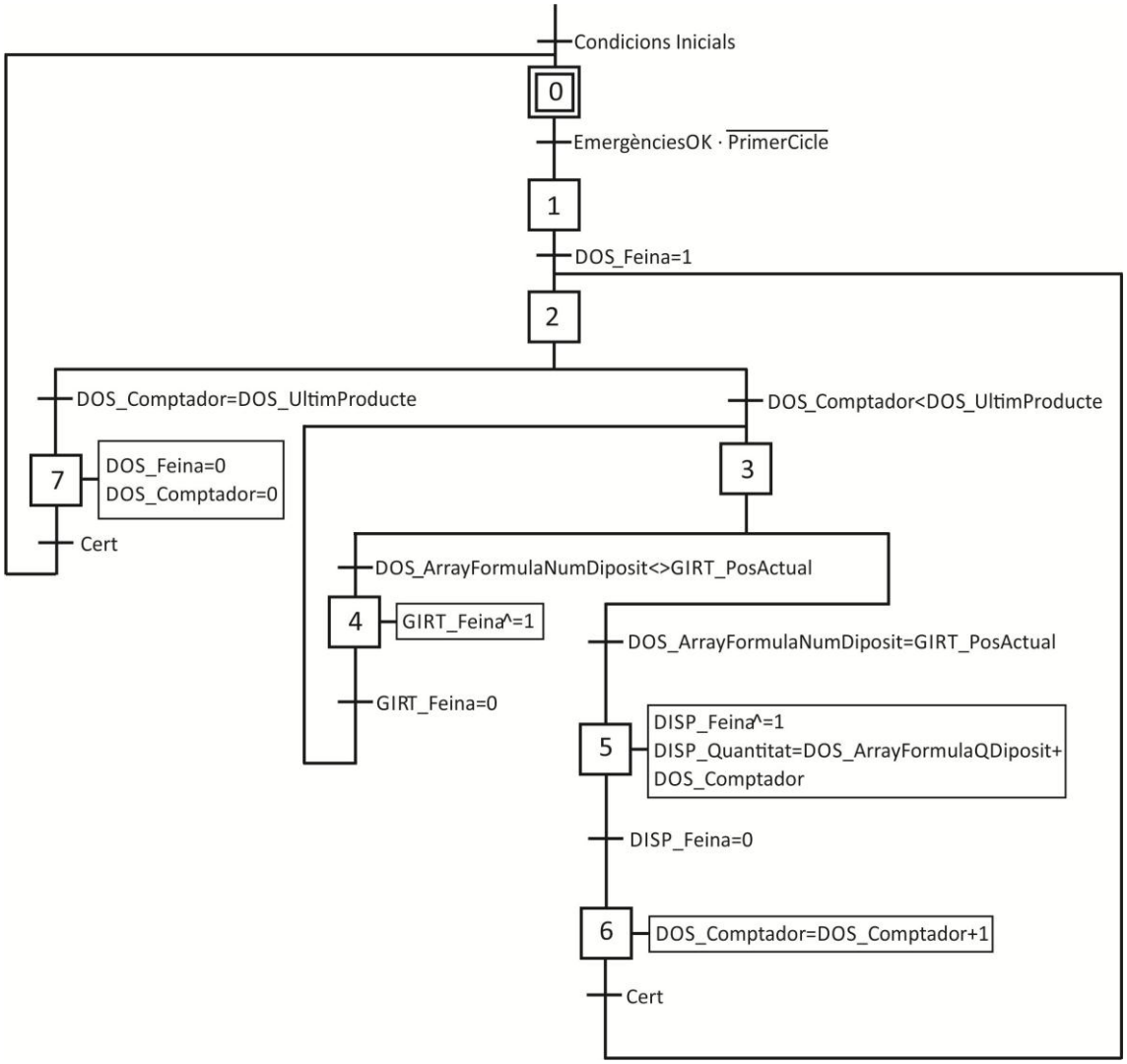
-La resta d'etapes, 2, 5, 8 i 11, la màquina està parada esperant que se li indiqui quin procés ha d'iniciar o bé esperant que passi el temps per iniciar una nova agitació automàtica.

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 10. *Inicialització variables GRAFCET Principal (PR)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
PR_Estat=0	Booleà
PR_PermisParar=0	Booleà

7.3. GRAFCET Dosificar (DOS)



Si l'usuari a través de la interfície indica a la màquina que cal fer una dosificació, el GRAFCET Principal (PR) crida aquest GRAFCET a través de "DOS_Feina=1".

- Si el producte a dosificar, encara no és l'últim que s'haurà de dosificar, es passa a l'etapa 3 i si el producte que cal dosificar no es troba en la posició indicada per a la dosificació, en l'etapa 4 es crida el GRAFCET Gir Taula (GIRT), encarregat de fer moure la taula a través del motor fins que el producte arribi a la posició específica.

- Situat el producte corresponent el procés segueix per l'etapa 5 on es crida el GRAFCET Dispensar (DISP) per tal de fer-ne la dispensació.

- Un cop el producte és dispensat es passa al següent pas de la fórmula i el GRAFCET valora si ja s'han acabat els passos o si encara en queden per a dosificar. Si és aquest últim cas, es repeteix el procés explicat de les etapes 3, 4, 5 i 6. Si ja s'ha dosificat l'últim producte es retorna al GRAFCET Principal (PR) a través de l'etapa 7 on es fa l'acció de "DOS_Feina=0".

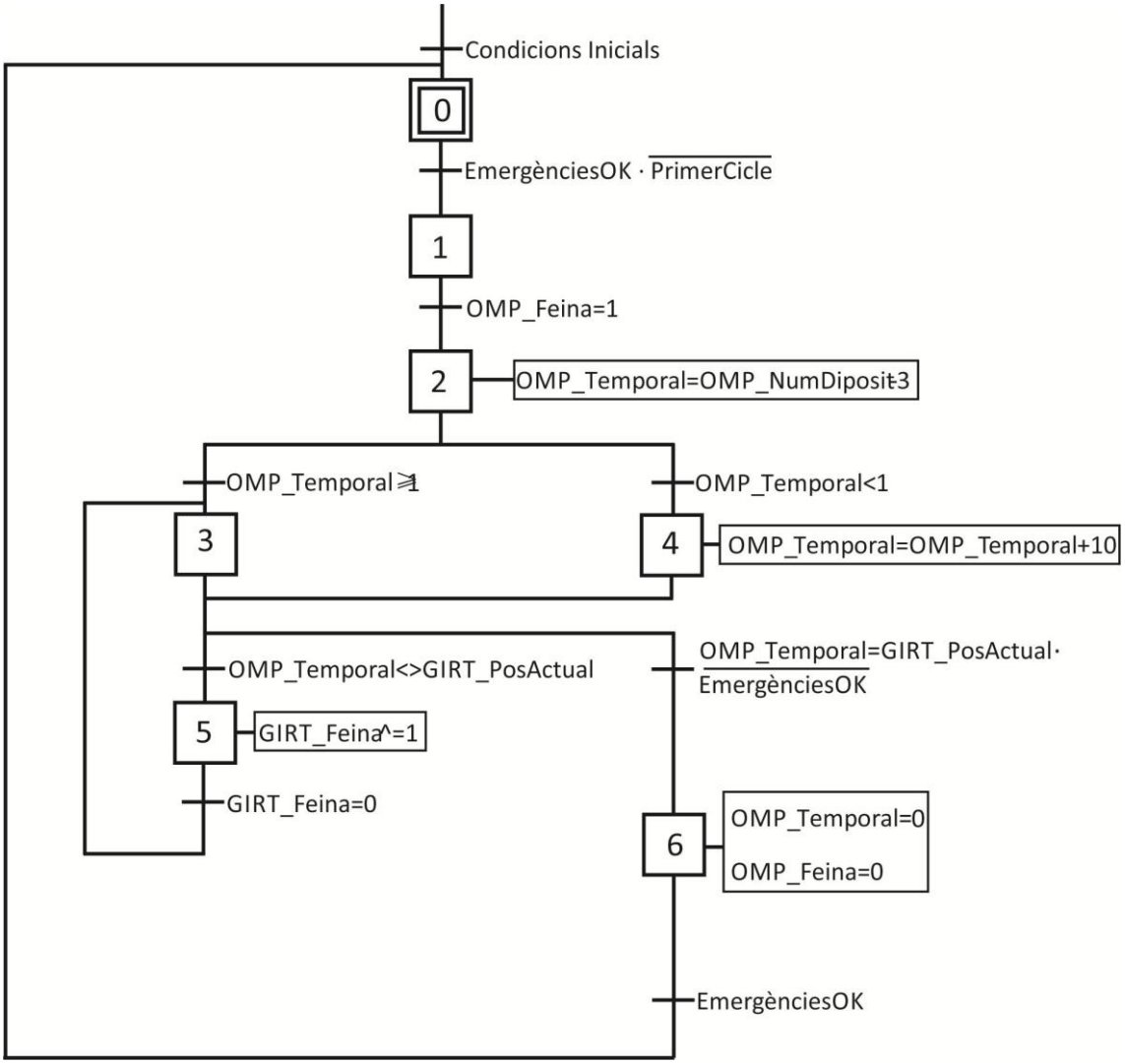
El GRAFCET incorpora un comptador per comptabilitzar els passos fets de la fórmula i valorar si és l'últim pas o encara falten passos.

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 11. *Inicialització variables GRAFCET Dosificar (DOS)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
DOS_Estat=0	Booleà
DOS_Feina=0	Booleà
DOS_UltimProducte=0	Enter
DOS_Comptador=0	Enter

7.4. GRAFCET Omplir (OMP)



Quan se'l crida des del GRAFCET Principal (PR), té la funció de situar el dipòsit que es vol omplir (seleccionat per l'usuari des de la pantalla) en la posició requerida. Aquesta posició és a la que dóna accés la porta gran situada en la carcassa de la màquina.

- L'"OMP_Temporal" que s'iguala en l'etapa 2 a la resta d'"OMP_NumDiposit-3", marca el dipòsit el qual en aquell moment està situat en la posició requerida per fer-ne l'ompliment. Es resta per 3 perquè la posició on s'omplen els dipòsits és tres posicions anteriors a la posició de dosificació.

- Com que si la màquina es troba en la posició 1, 2 o 3 el valor d'"OMP_Temporal" serà negatiu, se li suma 10 per tal que quedi positiu. Aquest procés està representat en l'etapa 4 juntament amb la transició prèvia. Si no és aquest cas i el valor d'"OMP_Temporal" és positiu, es segueix per l'etapa 3.

- A continuació, el GRAFCET valora si cal girar el disc per arribar al dipòsit que cal omplir o bé, si el dipòsit ja està situat en la posició correcta. Si cal encendre el motor del plat divisor i fer moure el disc s'activa l'etapa 5. En l'altre cas, es fan saltar les emergències de la màquina ja que l'usuari obrirà la porta per a poder omplir el dipòsit.

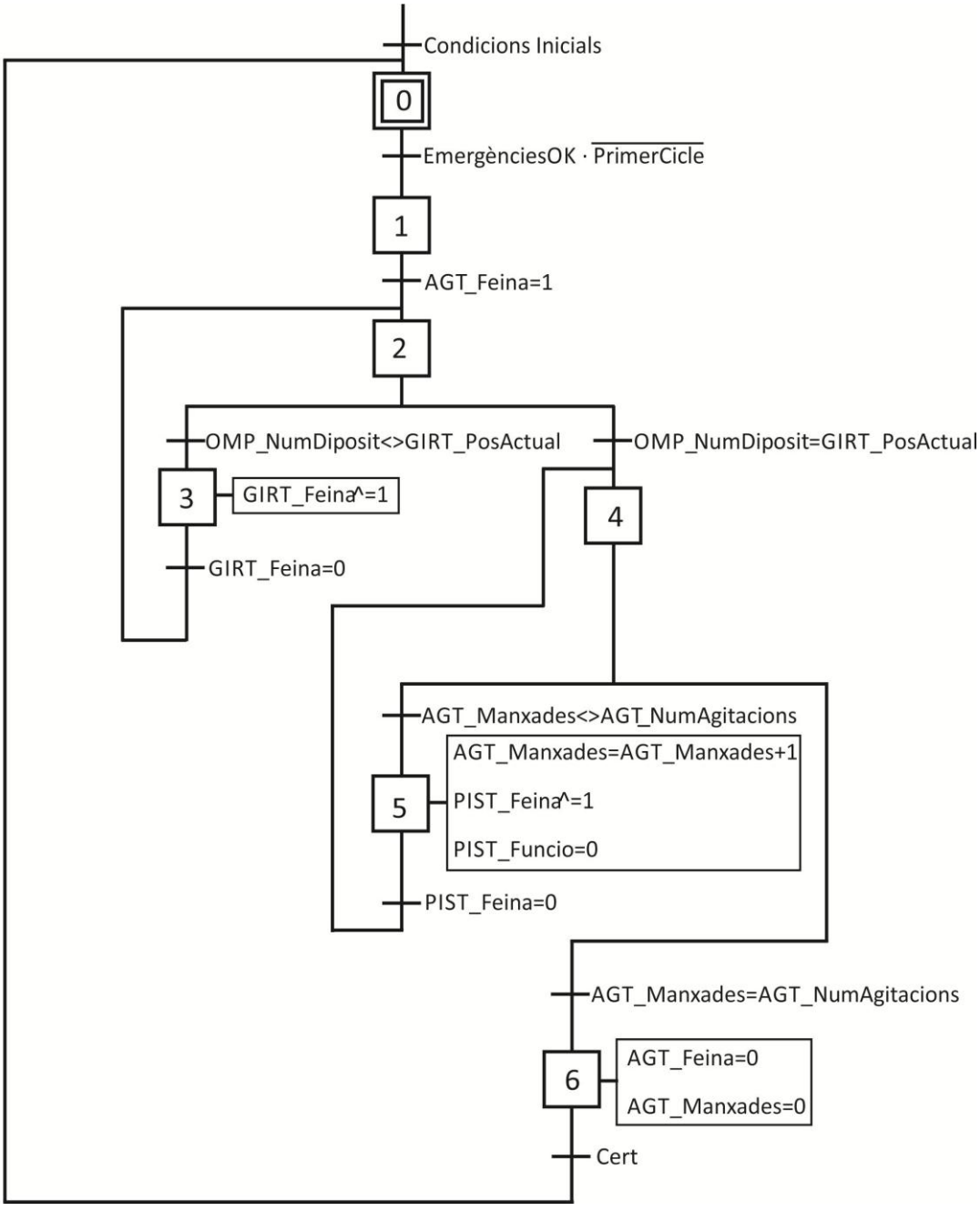
- Tot i que el GRAFCET continua, al vulnerar la seguretat de la màquina, aquesta es pararà automàticament i caldrà prémer el polsador de rearmar. El GRAFCET ja queda totalment desactivat amb la vulneració de la seguretat i prement el polsador de rearmar s'iniciarà el procés en el GRAFCET de Control Marxa (CM) descrit en l'apartat 7.1.

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 12. *Inicialització variables GRAFCET Omplir (OMP)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
OMP_Estat=0	Booleà
OMP_Feina=0	Booleà
OMP_Temporal=0	Enter

7.5. GRAFCET Agitar (AGT)



Si des del GRAFCET Principal (PR) es crida a la subrutina d'agitar a través d'"AGT_Feina=1", s'inicia el GRAFCET. Aquest GRAFCET situa el dipòsit el qual es vol agitar (elegit per l'usuari a través de la pantalla) en la posició indicada i en fa l'agitació a través de la pujada i baixada del pistó.

- Un cop iniciat el GRAFCET a través de la crida esmentada en el paràgraf anterior, el primer que es valora és si la taula està ben posicionada amb el dipòsit corresponent per tal d'iniciar l'agitació. Si no és el cas, en l'etapa 3 es crida el GRAFCET Gir Taula (GIRT) que acciona el motor del plat divisor fins a situar el disc en la posició correcta.

- Amb el disc ben situat, es segueix per l'etapa 4. Les transicions posteriors a aquesta etapa comparen el número de manxades realitzades amb el pistó

amb el número que cal fer-ne en total (indicat per l'usuari a través de la pantalla de configuració de la interfície de l'usuari).

- Mentre el número de manxades fetes i el número de manxades a fer no sigui el mateix, es repeteix el bucle marcat per les etapes 4 i 5.

- Finalitzades les manxades, es segueix per l'etapa 6 on es retorna "AGT_Feina=0" i es surt del GRAFCET per tornar al GRAFCET Principal (PR).

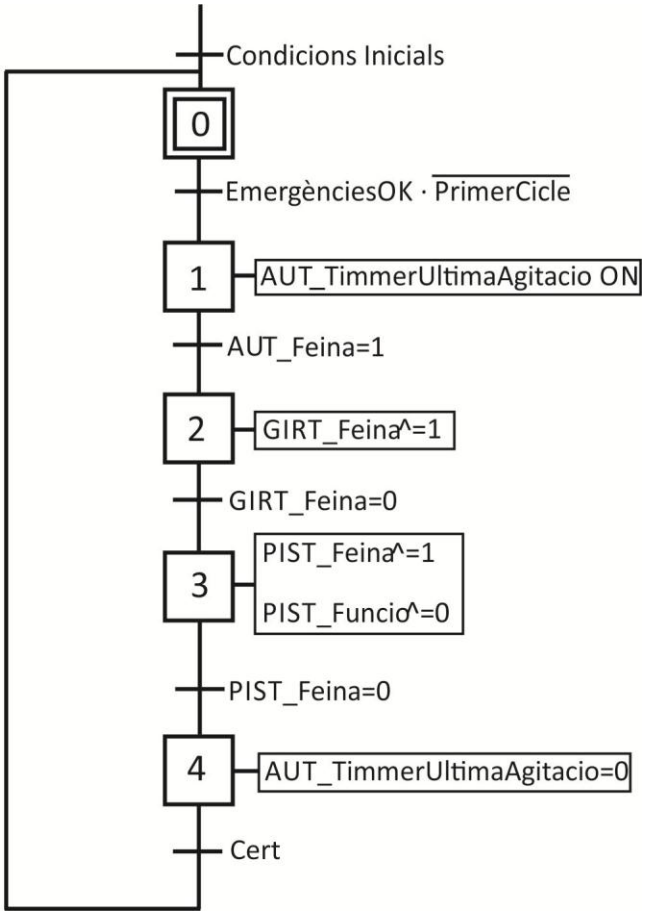
El número de manxades que es van realitzant, es comptabilitzen amb un comptador anomenat "AGT_Manxades".

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 13. *Inicialització variables GRAFCET Agitar (AGT)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
AGT_Estat=0	Booleà
AGT_Feina=0	Booleà
AGT_Manxades=0	Enter

7.6. GRACET Agitació Automàtica (AUT)



Dins del GRAFCET Principal (PR) i mentre no es faci cap dosificació, cap agitació manual o cap ompliment de dipòsit, la màquina anirà agitant els productes un a un de forma automàtica cada cert temps.

Quan el temps indicat per l'usuari es compleixi (temps entre agitacions automàtiques), s'inicia el GRAFCET.

- L'etapa 1 inicialitza el temporitzador per a fer el compte enrere fins a la següent agitació automàtica.

- L'etapa 2 acciona el motor de gir del plat divisor per a fer avançar el disc una única posició.

- En l'etapa 3 es fa una manxada del producte activant la funció 0 del GRAFCET Pistó (PIST).

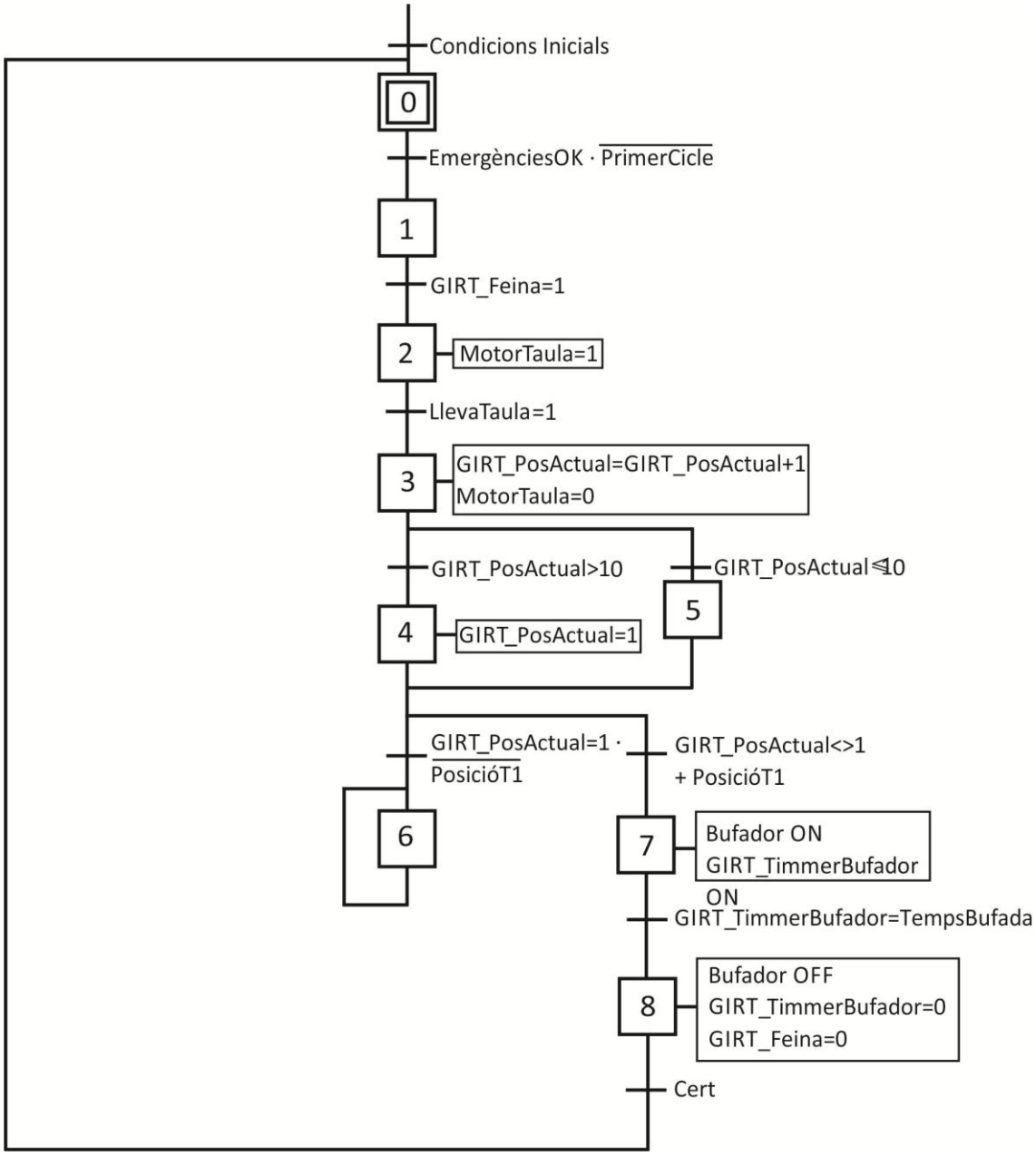
- Finalitzada la manxada, s'indica al temporitzador que es situï a 0.

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 14. *Inicialització variables GRAFCET Agitació automàtica (AUT)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
AUT_Estat=0	Booleà
AUT_Feina=0	Booleà
AUT_TimmerUltimaAgitacio=0	Real

7.7. GRAFCET Gir Taula (GIRT)



El GRAFCET s'encarrega de moure el disc una única posició amb l'accionament del motor incorporat pel plat divisor.

Si des de qualsevol de les etapes dels altres GRAFCET s'inicialitza "GIRT_Feina=1", el procés representat per aquest GRAFCET s'inicialitza.

- L'etapa 2 reflecteix l'accionament del motor fins a que el mateix plat divisor detecta que està en la fi d'un cicle. El plat divisor té 10 cicles i cada un d'ells incorpora un mecanisme de lleves, que determina quan acaba un i comença l'altre. D'aquesta manera es sabrà segur que el pistó està en la bona col·locació per a fer la funció que calgui en cada cas.

- Cada cop que el disc avança una posició, la variable "GIRT_PosActual" incrementa en un el seu valor. Aquest procés es reflecteix en l'etapa 3.

- El problema que provoca aquest increment, és que quan el disc hagi completat una volta sencera, la següent posició que avanci s'indicarà amb un 11 i no pas amb un 1 que és el que hauria de ser. Per això, les etapes 4 i 5 i les transicions prèvies a elles, valoren si es supera el límit de 10 i si és el cas igualen la variable a 1.

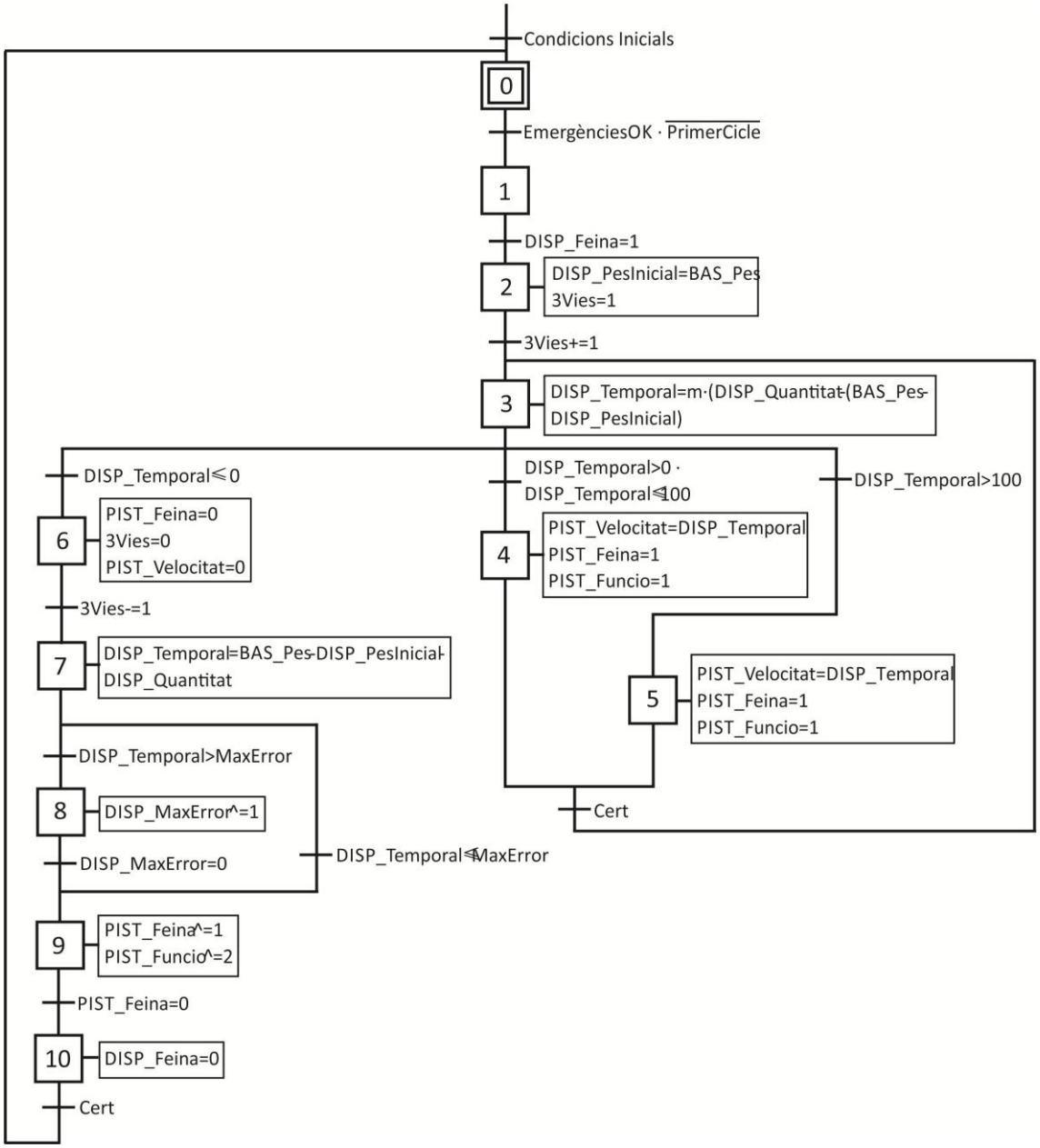
- Les etapes 7 i 8 marquen l'encesa i la parada del bufador per tal de fer la neteja del tub. El temps de duració de la bufada és introduït per l'usuari en el menú configuració de la interfície de l'usuari i es controla a través del temporitzador "GIRT_TimmerBufador".

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 15. *Inicialització variables GRAFCET Gir taula (GIRT)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
GIRT_Estat=0	Booleà
GIRT_Feina=0	Booleà
AUT_TimmerBufador=0	Real

7.8. GRAFCET Dispensar (DISP)



En el GRAFCET anterior es descriu el procés per tal de dispensar la quantitat de producte indicat en les fórmules de cada una de les pastes a fabricar.

Aquest GRAFCET es crida des del GRAFCET Dosificar (DOS).

- L'etapa 2 reflecteix com la variable "DISP_PesInicial" se li dóna el valor que en aquell moment té el pesatge de la balança. En aquesta etapa també s'activa l'actuador elèctric perquè actuï sobre la vàlvula 3 vies i aquesta doni accés a la zona de pesatge on s'hi troba el dipòsit final.

- Quan el detector indica que l'actuador elèctric està actuant sobre la vàlvula 3 vies, es passa a l'etapa 3 on se li dóna un valor a la variable "DISP_Temporal". Aquest valor és afectat pel pes inicial, pel pes actual, per la quantitat de producte a dispensar i també pel grau de desacceleració que

ha de tenir el pistó quan s'estigui aproximant al pes final. Aquest grau de desacceleració el proporciona l'usuari des del menú configuració.

- Mentre "DISP_Temporal" sigui superior a 100 s'anirà dispensant el producte igual que en el cas que si la variable val entre 0 i 100 (etapes 5 i 4 respectivament).

- Quan la variable sigui igual o inferior a 0 es seguirà el procés per l'etapa 6 on es para de dispensar producte i el detector deixa d'accionar la vàlvula 3 vies.

- En l'etapa 7 es revalora la variable "DISP_Temporal" de manera que valgui només el pes del producte que s'ha dispensat en l'últim pas fet.

- El següent que cal fer és calcular si s'ha superat el màxim error introduït per l'usuari també des del menú configuració. Si es supera l'error, la màquina indica a l'usuari el problema i el mateix usuari decideix si la pasta aconseguida és correcta o no. Això està representat en l'etapa 8.

- L'etapa 9 acciona el pistó a través de la funció 2 per tal de retornar el producte que ha quedat dins del pistó cap al dipòsit d'origen.

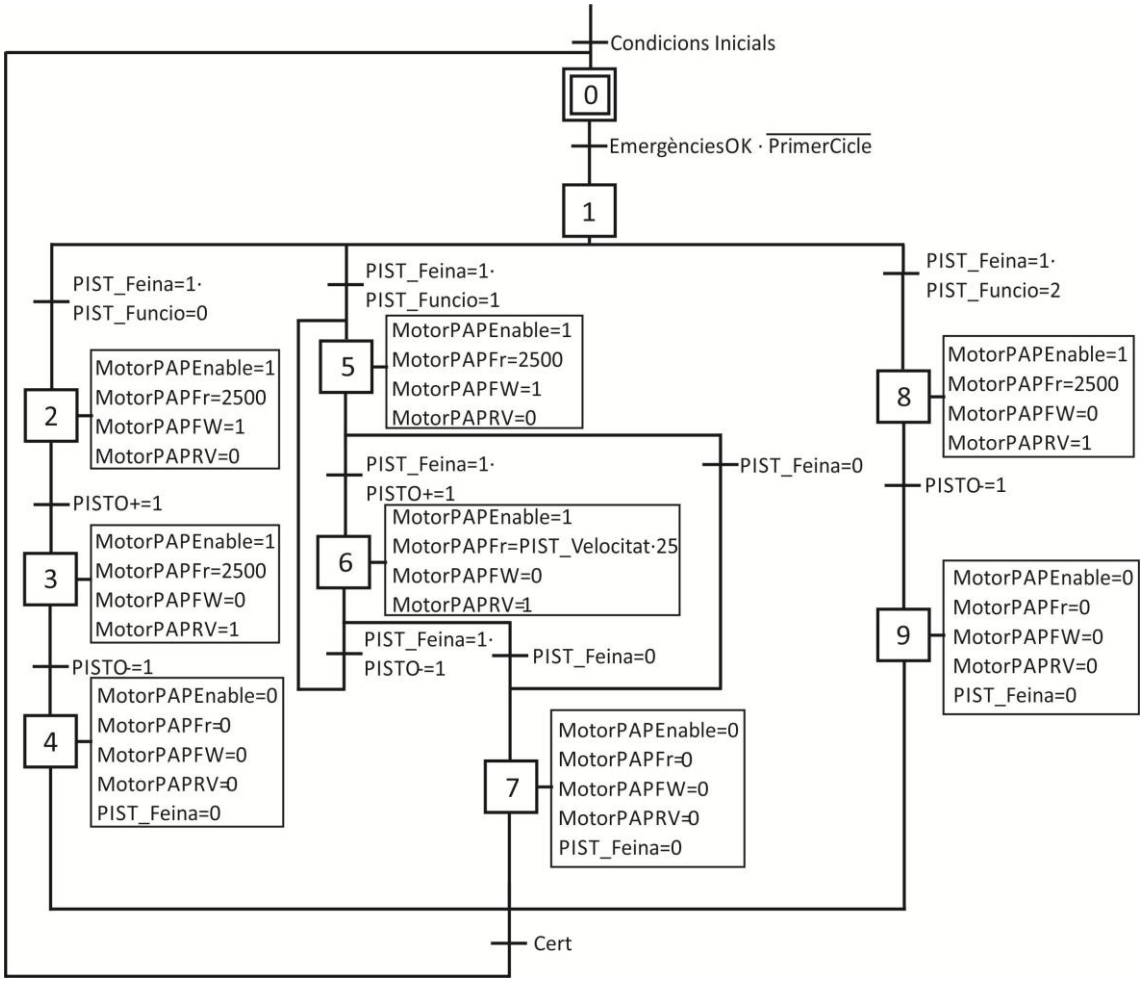
- Finalment l'etapa 10, marca el final del procés.

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 16. *Inicialització variables GRAFCET Dispensar (DISP)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
DISP_Estat=0	Booleà
DISP_Feina=0	Booleà
DISP_PesInicial=0	Real
DISP_Temporal=0	Real

7.9. GRAFCET Pistó (PIST)



Quan des dels altres GRAFCETS es crida el GRAFCET Pistó (PIST) es duu a terme el moviment del pistó i depenent de si es crida la funció 0, 1 o 2, el pistó fa un moviment o un altre i a màxima velocitat o amb una velocitat controlada.

- La "PIST_Funcio=0" porta el procés cap a l'etapa 2.

- L'etapa 2 acciona el motor pas a pas que fa moure el moviment d'ascens del pistó a màxima freqüència de 2500Hz.

- Quan el sensor que marca el final de cursa d'ascens del pistó detecta el pistó, el motor s'acciona a la màxima freqüència però amb el sentit de gir del motor pas a pas canviat. En l'etapa 3 s'inicia el recorregut de descens del pistó fins que el sensor inferior del pistó el detecta.

- Un cop el pistó torna a estar a baix de tot, s'atura el motor i es finalitza el GRAFCET.

- Si el procés s'activa amb la variable "PIST_Funcio=1", el GRAFCET inicia l'etapa 5. L'etapa 5 és igual a l'etapa 2, és a dir que el motor pas a pas s'activa per fer pujar el pistó fins al sensor superior. En el descens del pistó de l'etapa 5 es controla la velocitat a través de "MotorPAPFr=PIST_Velocitat·25". "PIST_Velocitat" pot valdre de 0 a 1. On el 0 indica que el motor està parat i

1 que el motor funciona a màxima freqüència. Mentre el descens s'està produint, si el GRAFCET detecta que des d'un altre GRAFCET superior es crida "PIST_Feina=0", el motor es para i es finalitza el GRAFCET. Les etapes 5 i 6 es repeteixen contínuament fins a rebre la crida de "PIST_Feina=0".

- "PIST_Funcio=2" s'activa en els casos en què es vol fer la buidada del producte que ha pogut quedar dins del pistó i dirigir-lo cap al dipòsit d'origen.

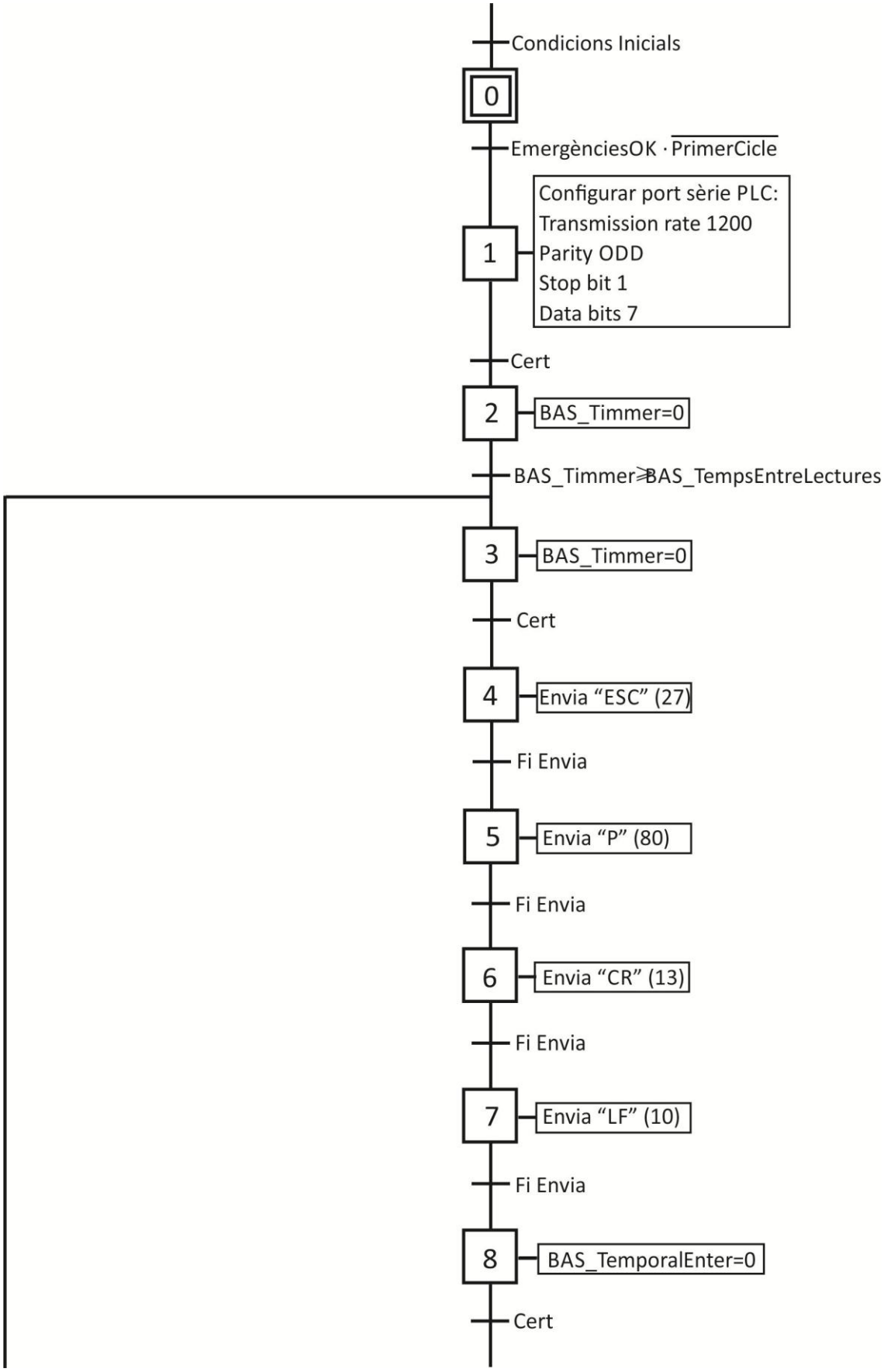
- En l'etapa 8 es produeix el descens del pistó a màxima velocitat fins a la detecció del sensor inferior. I finalment en l'etapa 9 el motor pas a pas s'atura i es finalitza el GRAFCET fins a rebre una nova crida de feina.

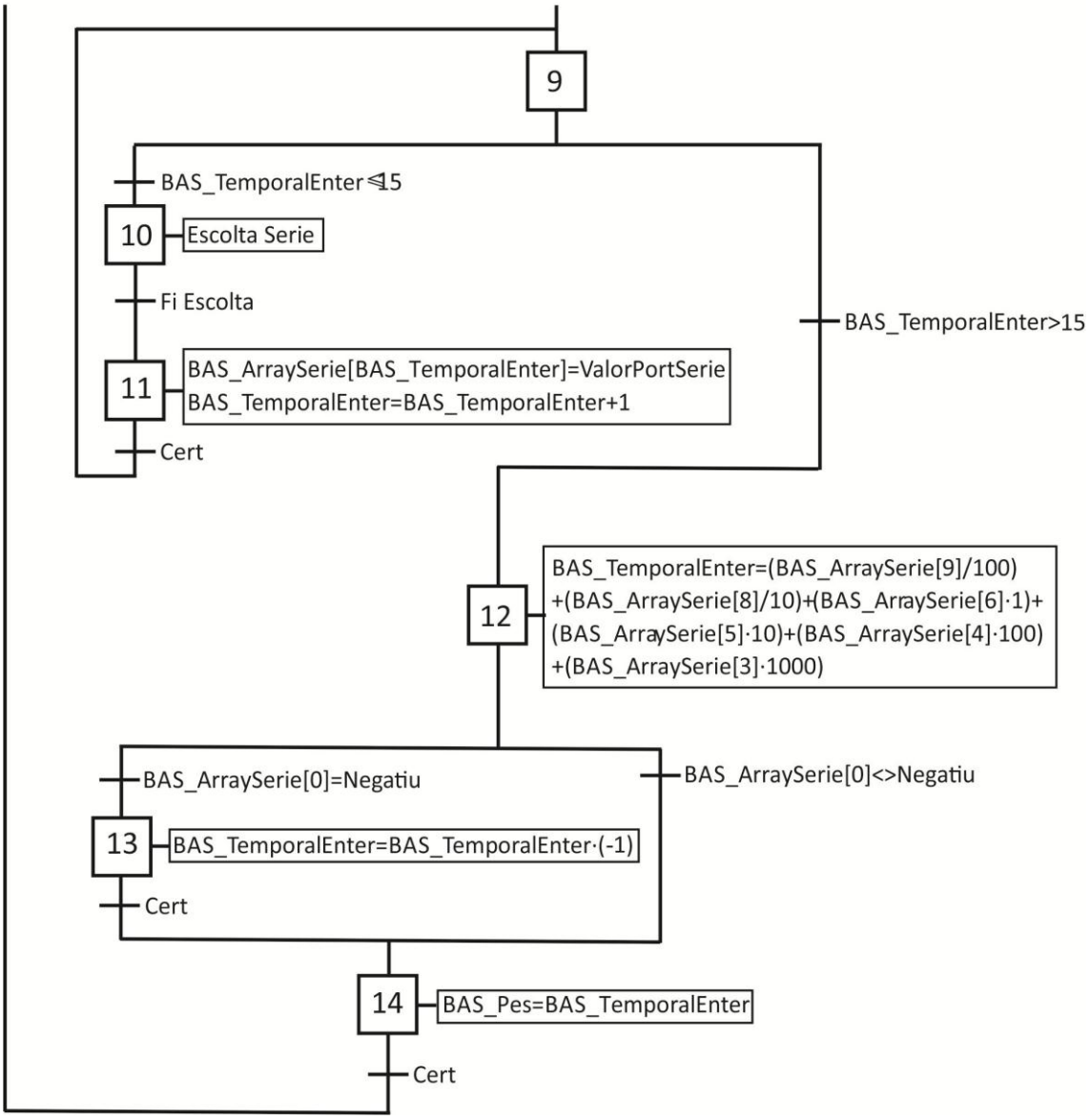
En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 17. *Inicialització variables GRAFCET Pistó (PIST)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
PIST_Estat=0	Booleà
PIST_Feina=0	Booleà
PIST_Funcio=0	Enter

7.10. GRAFCET Bàscula (BAS)





Sempre que la màquina està en funcionament i la balança està activada, aquest GRAFCET s'està processant. El GRAFCET realitza la lectura que la balança li envia a través del port sèrie RS-232.

- L'etapa 1 indica la configuració del port sèrie. La velocitat a la que es faran les transmissions (1200 baud), la paritat, el número de bits que marquen el final de l'enviament de dades i el número de bits total.

- En l'etapa 2 s'inicia el temporitzador que marca l'inici de la següent lectura.

- Quan aquest temps és superior o igual al temps entre lectures, el temporitzador es torna a iniciar (etapa 3).

- En l'etapa 4 s'inicia la lectura del pes. El primer que llegeix el PLC és un 27 que equival a [*ESCAPE*], ja que les dades es transmeten seguint el codi ASCII amb format decimal.

- L'etapa 5 envia un 80 que equival a [P] i s'envia el pes captat per la balança.

- L'etapa 6 envia un 13 [*CARRIAGE RETURN*] i l'etapa 7 un 10 [LINE FEED], que indica que la lectura ha finalitzat.

- L'etapa 8 es guarda com a 0 "BAS_TemporalEnter".

- Mentre el "BAS_TemporalEnter" sigui inferior o igual a 15, es va fent la lectura del pes i es guarda la informació en el "BAS_ArraySerie[]". Aquest bucle està representat en el GRAFCET per les etapes 9, 10 i 11.

- Quan el "BAS_TemporalEnter" val 15, el GRAFCET segueix per l'etapa 12 on cada una de les posicions de l'Array se li donen els decimals que han de tenir per a la correcta lectura.

- Si la posició [0] de "BAS_ArraySerie" és de valor negatiu se'l transforma a positiu en l'etapa 13. Si és positiu es passa a la 14 on s'indica que la variable "BAS_Pes" ha de tenir el valor de "BAS_TemporalEnter". La variable "BAS_Pes" s'utilitza en el GRAFCET Dispensar (DISP) per tal de saber la quantitat de producte que queda per a dosificar.

En iniciar el GRAFCET, la inicialització de variables és la següent:

Taula 18. *Inicialització variables GRAFCET Bàscula (BAS)*

VARIABLE	TIPUS DE VARIABLE
BAS_Estat=0	Booleà
BAS_Timmer=0	Real
BAS_TemporalEnter=0	Enter
BAS_Pes=0	Real

CAPÍTOL 8: GEMMA

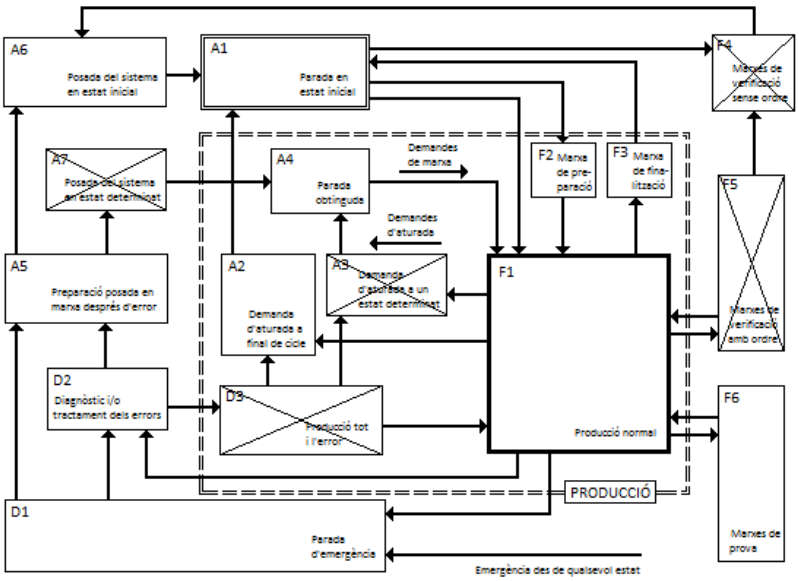


Figura 42. *Representació guia GEMMA*

La guia GEMMA inclou els processos més habituals que formen part d'un mecanisme.

8.1. Grup F: Procediments de funcionament

Conté tots els modes de funcionament necessaris per a l'obtenció de la producció, és a dir els de funcionament normal (F1 a F3) i els de prova i verificació (F4 a F6).

F1- Producció normal: Representa el funcionament bàsic del sistema. Sempre que la màquina està en marxa es troba en un estat de producció normal. Equival al GRAFCET Principal (PR). Quan la màquina està funcionant i un cop s'han verificat alguns aspectes, sempre ens trobem en aquest GRAFCET tot i que apart d'aquest també es criden altres GRAFCET com a subrutines.

F2- Marxa de preparació: En tots els GRAFCET, la primera transició són "Condicions Inicials". Representen els preparatius que cal fer abans d'inicialitzar la marxa.

F3- Marxa de finalització: Abans de la finalització de cada un dels GRAFCET cal que es compleixin unes condicions. Un clar exemple es pot observar en el GRAFCET Control Marxa (CM) on les condicions han de ser correctes per tal de parar-se ("Condicions OK per Paro").

F4- Marxes de verificació sense ordre: Per tasques de manteniment i verificació, la màquina pot realitzar qualsevol moviment normalment per ordre de l'usuari. Aquest mode de funcionament no forma part de la màquina.

F5- Marxes de verificació amb ordre: Tampoc s'aplica en la màquina. Si s'activa un procés es fa normal i no es pot triar l'opció de fer-lo només com a sistema de verificació.

F6- Marxes de prova: Mentre està actiu el GRAFCET Principal (PR), la màquina permet realitzar ajustos a través de la pantalla. Alguns d'aquests ajustos són editar fórmules existents, indicar el número de manxades per tal d'agitar els productes, el temps entre manxades automàtiques... Tots aquests ajustos es fan per part de l'usuari a través de la pantalla.

8.2. Grup A: Procediments de parada

Formen part d'aquest grup aquells modes ens els que el sistema està parat (A1 i A4), aquells que proporcionen la parada del sistema (A2 i A3) i també els modes que permeten passar a un estat de parada des d'un estat de defecte (A5 i A7).

A1- Parada en estat inicial: És l'estat inicial de repòs en el qual es troba la màquina. Si no se li especifica a la màquina fer cap mena d'acció i tampoc no s'està produint una agitació automàtica, la màquina es troba en marxa però en estat de repòs. Aquest estat equival al GRAFCET Principal (PR) que mentre no s'especifiqui a la màquina a través de la interfície de l'usuari si s'ha de dosificar alguna fórmula, agitar algun producte o omplir algun dipòsit i sempre i quan no s'estigui produint com s'ha dit de forma automàtica una agitació, la màquina es manté en un estat de repòs. També correspon a les etapes inicials (0) de la majoria dels GRAFCET, on el procés es manté en aquella etapa fins que no es donen les condicions per avançar a la següent i començar el procés.

A2- Demanda d'aturada a final de cicle: Aquest procés identifica aquelles etapes en les quals la màquina finalitza el procés que estava duent a terme i se li indica que un cop es finalitzi la tasca cal passar a un estat de parada en l'estat inicial. Quan s'ha finalitzat els GRAFCET Omplir (OMP), Dosificació (DOS), Agitació (AGT) i Agitació automàtica (AUT) la màquina torna a l'estat inicial de parada a l'espera d'una nova comanda demanada per l'usuari o d'una nova dosificació automàtica.

A3- Demanda d'aturada en un estat determinat: Quan se li sol·licita a la màquina una aturada en un estat intermedi dels diferents processos. En aquest projecte no hi ha cap aturada amb aquestes propietats.

A4- Parada obtinguda: Tots aquells estats de repòs de la màquina diferents al repòs inicial. En aquest projecte equival a l'espera de la validació per part de l'usuari entre els passos indicats de les dosificacions. Fins que l'usuari no dóna permís a la màquina per seguir amb la dosificació, aquesta roman parada sense fer cap acció. Aquest aspecte de la validació està explicat més detalladament en el punt 12 del projecte (HMI interfície d'usuari).

A5- Preparació per la posada en marxa després de l'error: Quan es produeix algun error o s'ha fet algun canvi, és habitual reiniciar alguns estats

de la màquina. En el nostre projecte es situa el disc en la posició inicial i es comprova que el pistó es troba en la posició indicada, com també l'actuador elèctric. Aquest procés es representa en el GRAFCET Control Marxa (CM), on els mecanismes es situen en el lloc correcte després d'algun error que s'ha produït o després de que la seguretat hagi saltat. Cada cop que es rearma la màquina s'inicia el GRAFCET Control Mara (CM).

A6- Posada del sistema en l'estat inicial: El sistema es porta fins a la situació inicial on la màquina queda en estat de repòs a l'espera de noves accions. Quan s'ha vulnerat la seguretat de la màquina, la màquina torna a l'estat inicial a l'espera de corregir els errors que s'han pogut produir.

A7- Posada del sistema en un estat determinat: Es duu el sistema fins a una situació diferent de l'inicial i la màquina passa a estar en un estat d'aturada. En la màquina quan s'està duen a terme algun del processos no es pot passar a un estat d'aturada exceptuant el cas d'emergència. Aquests aspecte no està contemplat pel mecanisme.

8.3. Grup D: Procediments d'errors

Aquest últim grup conté tots els modes en els que el sistema està en un estat d'error tant si s'està produint (D3), està parat (D1) o està en fase de diagnòstic (D2).

D1- Parada d'emergència: Conté la parada d'emergència i totes les accions necessàries per portar el sistema a una situació de parada segura. La parada d'emergència en la màquina s'activa quan s'obren alguna de les dues portes o bé quan l'usuari prem el polsador d'emergència.

D2- Diagnòstic i/o tractament dels errors: Permet identificar l'error que s'ha produït i eliminar-lo quan s'hagi solucionat. En la pantalla d'interfície de l'usuari s'avisa de l'error que ha causat la parada de la màquina. Quan l'usuari soluciona el problema, aquest es podrà esborrar de la llista d'errors a través de la pantalla.

D3- Producció tot i l'error: Si el sistema pateix un error i no es treballa de forma correcta, la màquina s'atura i no es segueix amb el procés. Per tant, aquest mode no apareix en cap cas de la màquina.

CAPÍTOL 9: CONNEXIONS ELÈCTRIQUES

La seguretat de la màquina es controla a través d'un mòdul de control per a circuits de parada d'emergència i de seguretat. El mòdul de control elegit és l'SPS-AC fabricat per "TELEMECANIQUE SENSORS". En aquest mòdul si connecten en sèrie el polsador de parada d'emergència, el sensor de la porta gran i el sensor de la porta petita. La parada d'emergència i els sensors de les portes són els que marquen si s'està vulnerant la seguretat o no. Si es prem el polsador de rearmar la màquina, es connecten entre sí les entrades Y1 i Y2 d'aquest mòdul i es restableix la configuració inicial del procés. En el mòdul també s'hi connecten el contactors K1 i K2 que estableixen les línies de voltatge que porten emergència i les que no. L'esquema elèctric del mòdul es pot visualitzar en el plànol número 1 de la part elèctrica del document "Plànols".

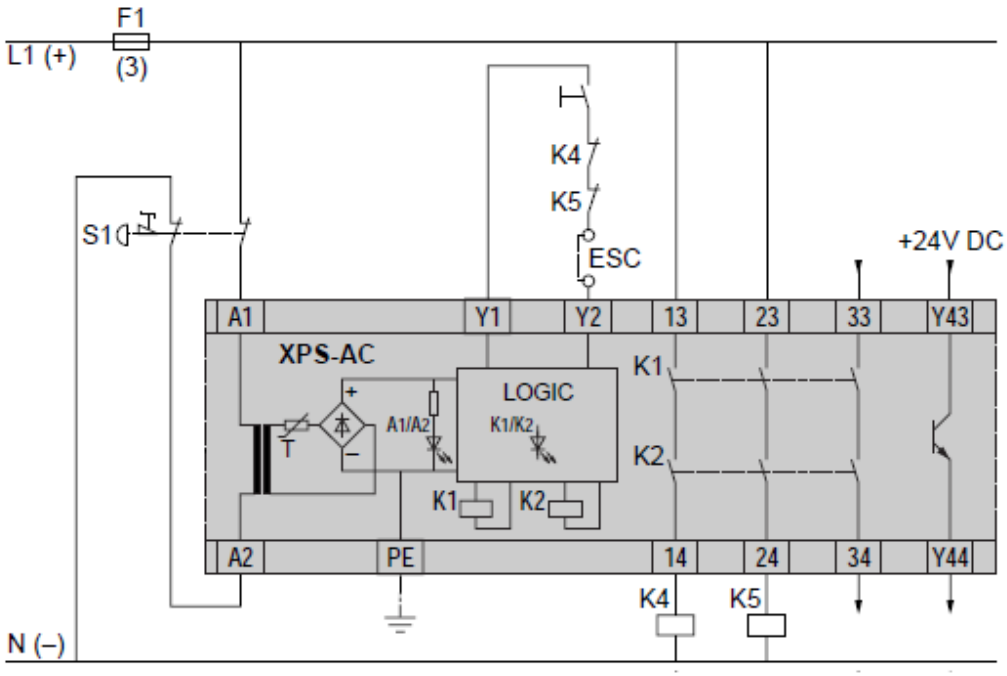


Figura 43. *Esquema mòdul de seguretat XPS-AC (catàleg "TELEMECANIQUE SENSORS")*

Una altra connexió que cal explicar és la que estableix la comunicació entre la balança i el PLC. La comunicació s'estableix a través d'una comunicació sèrie estandarditzada RS-232. La velocitat de transmissió és de 1200 bauds. La balança envia una senyal al PLC de 8 bits. Del bit 0 al 6 s'envia el número que indica el pes calculat per la balança a través de valors digitals (0 i 1). El bit de la posició número 7 també representat amb un 0 o un 1 indica la paritat

del pesatge, és a dir si el pesatge és correcta o no. La paritat controla l'error. Si la paritat és correcta es representa amb un 1 i un 0 en els casos que hi hagi un error. Si el PLC llegeix un 0 en la posició de paritat, no es guarda la informació rebuda per la balança i espera al següent enviament de dades. Apart d'aquests 8 bits, la balança envia també un bit al davant per marcar l'inici de l'enviament i 1 o 2 bits que marquen el final. El primer es coneix com a start bit i els del final es coneixen com a stop bit.

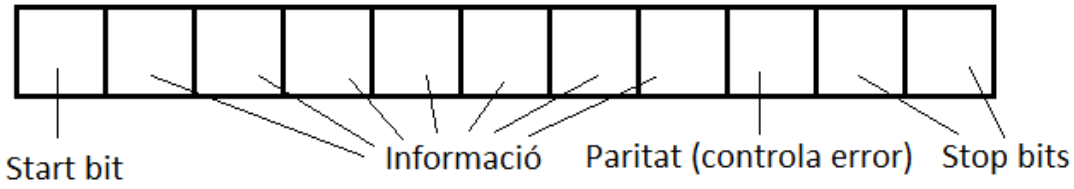


Figura 44. *Esquema dades enviades per comunicació sèrie RS-232*

CAPÍTOL 10: SEGURETAT-AVARIES (DETECCIÓ)

Com s'ha esmentat en punts anteriors, tota la màquina està coberta de planxes d'acer inoxidable AISI 304 per protegir l'usuari. Per poder fer serveis de manteniment o altres accions, les dues carcasses laterals incorporen portes per tal d'accedir amb facilitat a l'interior de la màquina.

Tot el cablejat elèctric i els components electrònics estan correctament protegits seguin les normatives vigents. El PLC i tot el quadre elèctric està situat dins d'un armari protegit amb clau.

Quan la màquina està en funcionament, les portes han de romandre tancades. Si s'obra una de les dues o totes dues, salta l'emergència i la màquina es para automàticament.

La màquina transmet la informació de tots els errors que sorgeixen i si és el cas també informa d'aquells sistemes que no funcionin de forma correcta a l'usuari a través de la pantalla i també a través del semàfor.

Amb cada reinici de la màquina es fa una revisió automàtica de tots els sistemes per validar-ne el bon funcionament.

També s'ha dit que la màquina incorpora un polsador d'emergència i un per rearmar la màquina per quan sigui necessari.

CAPÍTOL 11: NORMATIVA APLICABLE

Totes les màquines s'han d'adequar a unes lleis, unes normes i uns decrets establerts per diversos organismes. Aquesta normalització de les màquines es duu a terme perquè hi hagi una mateixa forma de fer a nivell estatal, continental o fins i tot mundial. Contemplen aspectes com ara l'ús de diferents materials, normes de seguretat, comercialització i transports de les màquines, etc.

Les normatives aplicables al nostre projecte són vàries i s'esmenten a continuació:

- Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel que s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.
- Reial decret 1644/2008, de 10 d'octubre, pel qual s'estableixen les normes per a la comercialització i posada en servei de les màquines.
- Reial decret 494/2012, de 9 de març, pel qual es modifica el Reial decret 1644/2008, de 10 d'octubre, pel qual s'estableixen les normes per a la comercialització i posada en servei de les màquines, per incloure els riscos d'aplicació de plaguicides.

El primer d'aquests decrets estableix les bases per a un funcionament segur de la màquina. Esmenta les diverses mesures a prendre segons els diversos riscos laborals als quals estan exposats els treballadors. També s'exposen les obligacions generals de l'empresari, com fer la comprovació dels equips de treball, obligacions en matèria de formació i informació i consulta i participació dels treballadors.

El Reial decret 1644/2008 especifica les normes bàsiques que cal seguir una màquina si es vol comercialitzar i/o posar en servei. Si la màquina no compleix alguna de les normes explicades en aquest decret no es pot vendre i ni tan sols utilitzar-la. Algunes de les matèries exposades en aquest decret són els equips de treball, els cables, la comercialització, la maquinària, la normalització, la seguretat i higiene en el treball, la seguretat industrial entre d'altres. També s'exposa tot el que ha de complir la màquina per tal de rebre el marcat CE. El marcat CE és el procés mitjançant el qual el fabricant/importador informa als usuaris i autoritats competents que l'equip comercialitzat compleix amb la legislació obligatòria en matèria de requisits essencials.

Finalment, l'últim dels decrets esmentats modifica alguns articles del decret anterior en matèries de comercialització, maquinària, plaguicides, productes fitosanitaris, seguretat i higiene en el treball i seguretat industrial.

CAPÍTOL 12: HMI INTERFÍCIE D'USUARI

La interfície d'usuari és el sistema que estableix la comunicació entre la màquina i l'usuari. En aquest projecte s'ha ideat un sistema on l'usuari dóna les instruccions a la màquina a través d'una pantalla tàctil. El sistema és còmode i fàcil d'utilitzar i proporciona la informació necessària en tot moment.

A continuació es mostren les pantalles de la interfície dissenyada.

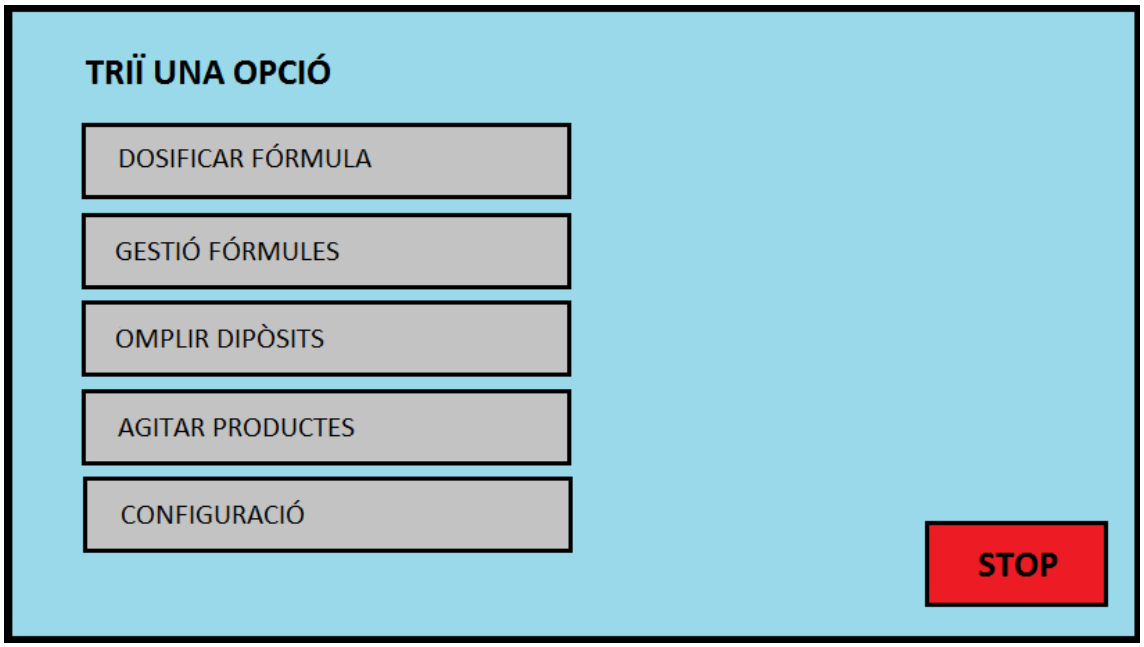


Figura 45. *Pantalla inicial*

La pantalla inicial dóna l'opció a l'usuari de dosificar una fórmula, entrar en un menú on gestionar les fórmules, omplir algun o tots els dipòsits I agitar algunes o totes les dissolucions. També hi ha una opció de configuració per veure l'estat de la màquina i/o modificar alguns aspectes. Apart d'aquestes opcions hi ha un botó vermell anomenat "STOP" per aturar la màquina.

12.1. Dosificar fórmula

Si es selecciona l'opció "DOSIFICAR FÓRMULA" es passa a una pantalla on cal seleccionar la fórmula que es vol dosificar.

Figura 46. *Pantalla llistat de fórmules per dosificar*

La interfícies mostra a l'usuari totes les fórmules disponibles per fer-ne la dosificació. Es pot buscar la fórmula navegant a través del llistat o bé introduint el nom en la finestra de "BUSCAR". En totes les pantalles on es pot escriure ja sigui el nom d'una fórmula, el pes o alguna altra opció, quan es prem la finestra es desplega un teclat virtual per poder escriure la fórmula a buscar o el que calgui en cada cas. L'opció "TORNAR" que apareix en la majoria de pantalles, ofereix l'opció de retornar a la pantalla anterior en la qual l'usuari es troba en aquell moment.

Un cop seleccionada la fórmula a dosificar cal indicar a la màquina quina quantitat es vol.

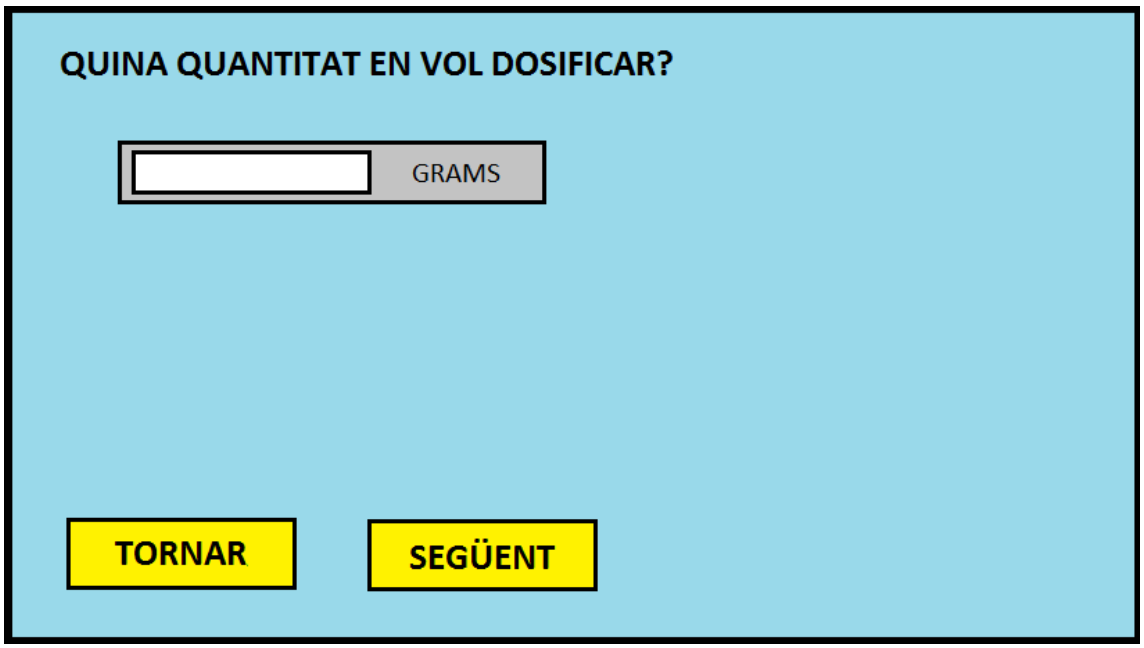


Figura 47. *Pantalla quantitat a dosificar*

Un cop entrada la quantitat, cal prémer següent per seguir endavant.

Finalment i en cas de seguretat, demana a l'usuari si vol iniciar la dosificació.

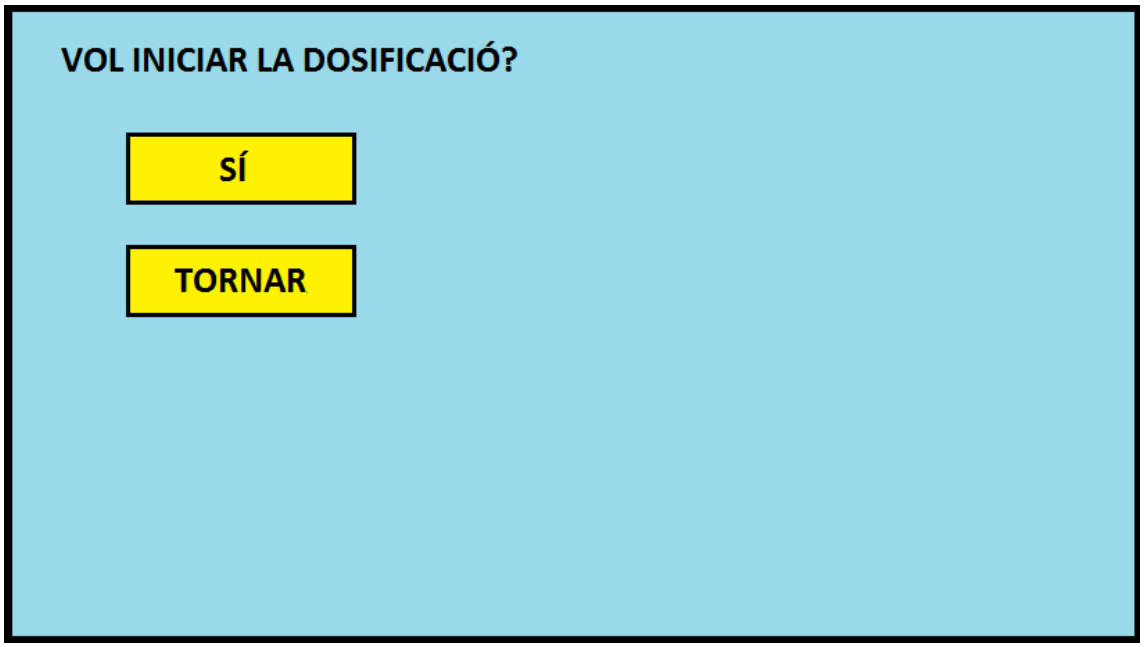


Figura 48. *Pantalla verificar dosificació*

12.2. Gestió de fórmules

En el menú de gestió de fórmules l'usuari pot triar entre editar una fórmula existent, esborrar una fórmula, editar els productes que hi ha en cada un dels deu dipòsits, consultar les fórmules i finalment, crear una nova fórmula.

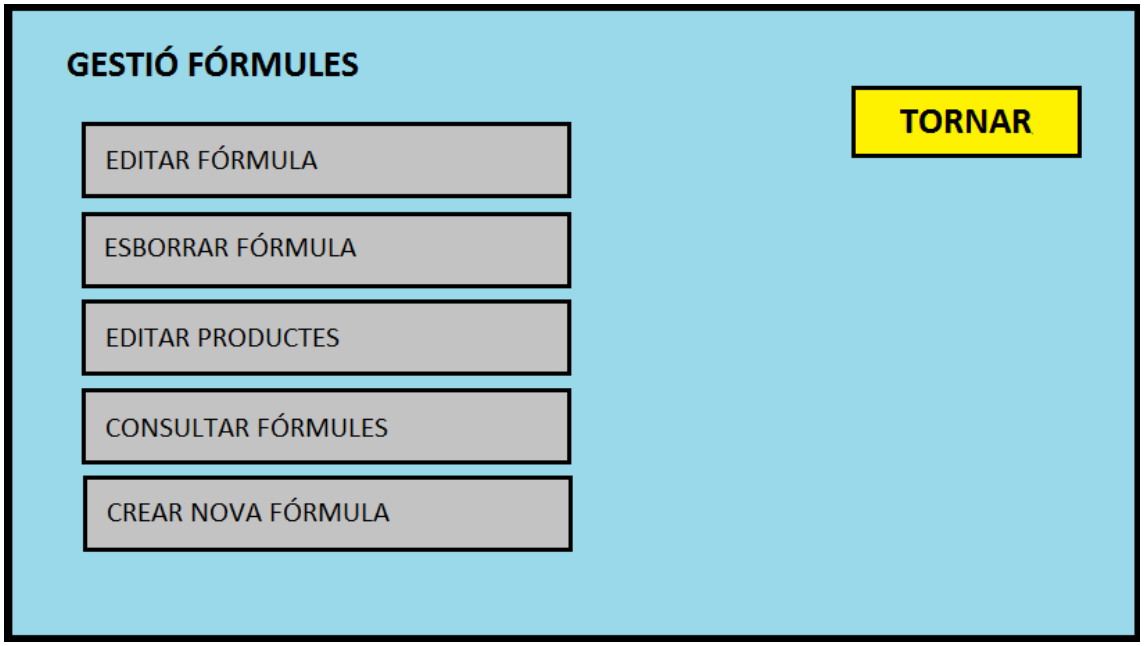


Figura 49. *Pantalla gestió fórmules*

12.2.1. Editar fórmula

La pantalla mostra el llistat complet de fórmules entrades i espera a que l'usuari en seleccioni una per tal d'editar-la.

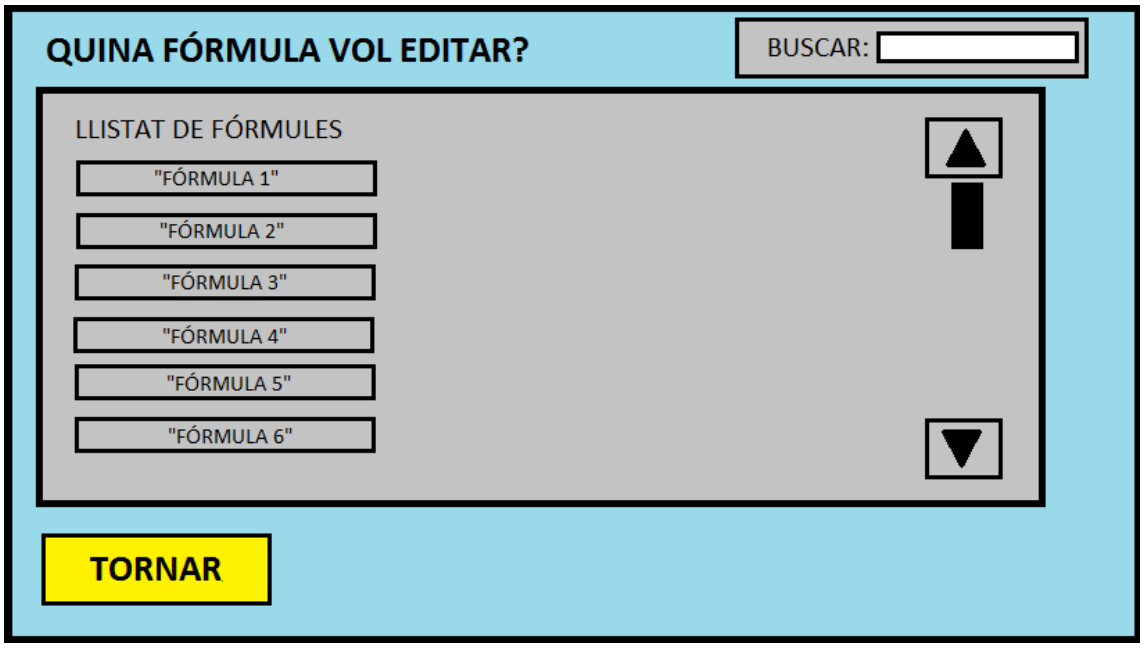


Figura 50. *Pantalla llistat de fórmules per editar*

Quan es selecciona una de les fórmules es passa a la pantalla d'edició de fórmula, on se li pot canviar el nom, afegir o treure passos, canviar la quantitat de cada un dels productes en els diversos passos i finalment també canviar l'opció de si esperar o no. Un cop fets tots els canvis cal prémer "GUARADAR FÓRMULA".

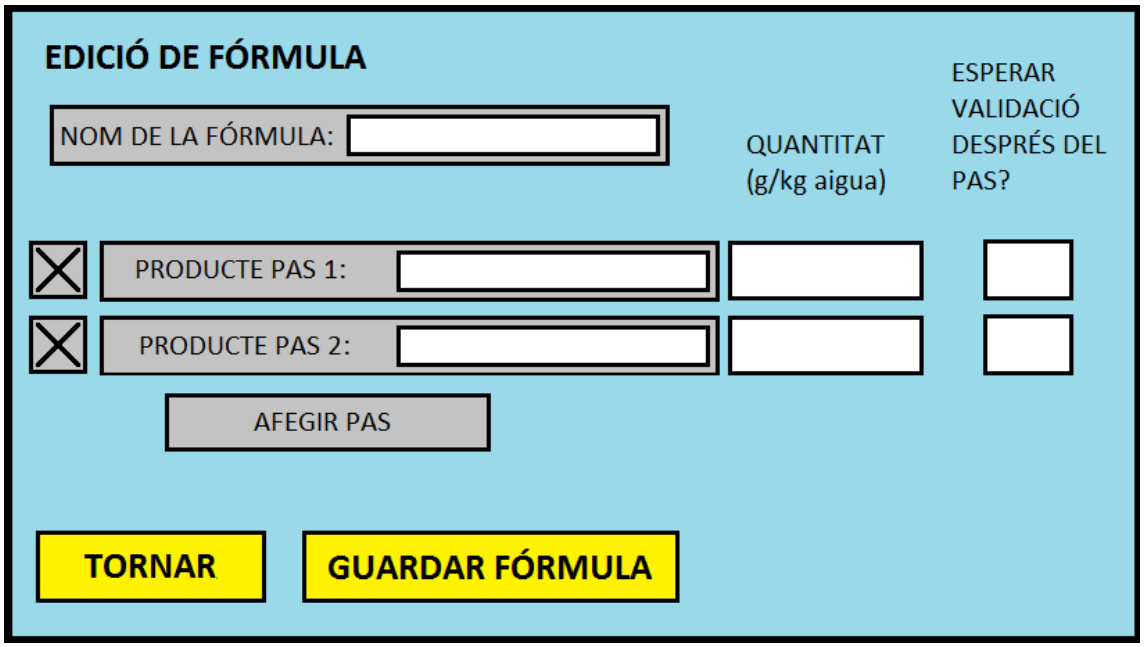


Figura 51. *Pantalla edició de fórmula*

Per seguretat, es demana a l'usuari si vol guardar els canvis fets de forma definitiva. Cal tenir en compte que si es prem "SÍ" s'esborraran totes les dades velles de la fórmula i es tornarà a la pantalla inicial.

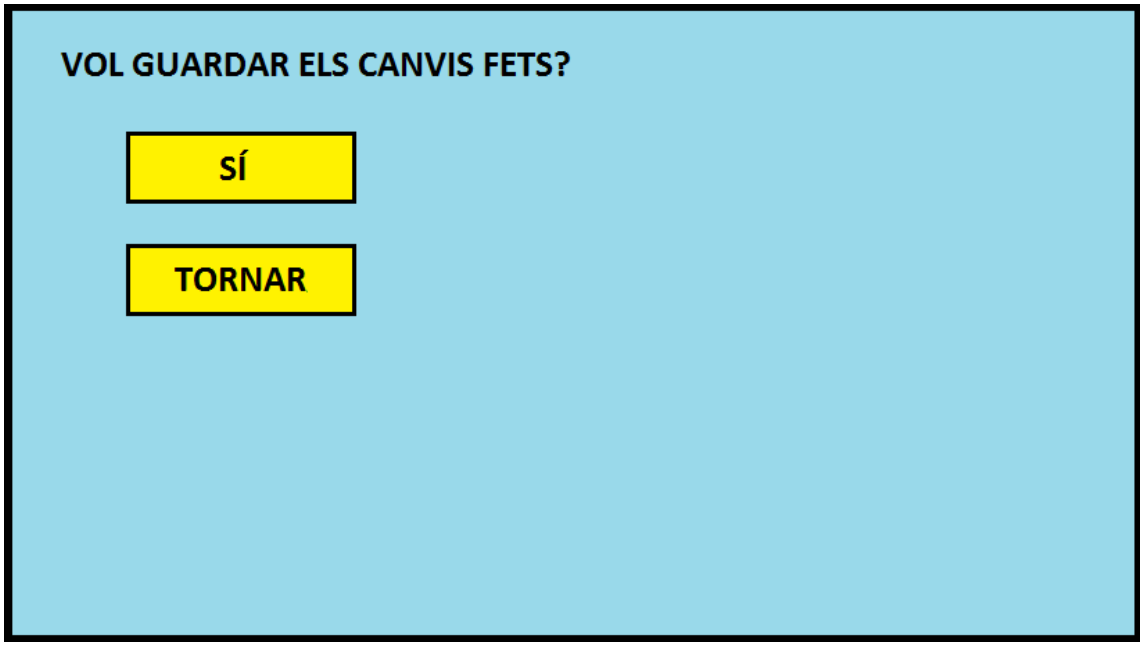


Figura 52. *Pantalla verificar canvis (1)*

12.2.2. Esborrar fórmula

El programa a part de fer canvis en les fórmules també permet esborrar-les. Un cop seleccionat "ESBORRAR FÓRMULA", torna a aparèixer el llistat de fórmules per tal de seleccionar quina de les quals és la fórmula que es vol esborrar.

Figura 53. *Pantalla llistat de fórmules per esborrar*

A continuació ja apareix la pantalla de seguretat de si es vol esborrar la fórmula. Si es prem "SÍ" la fórmula s'esborrarà completament i es tornarà a la pantalla inicial.

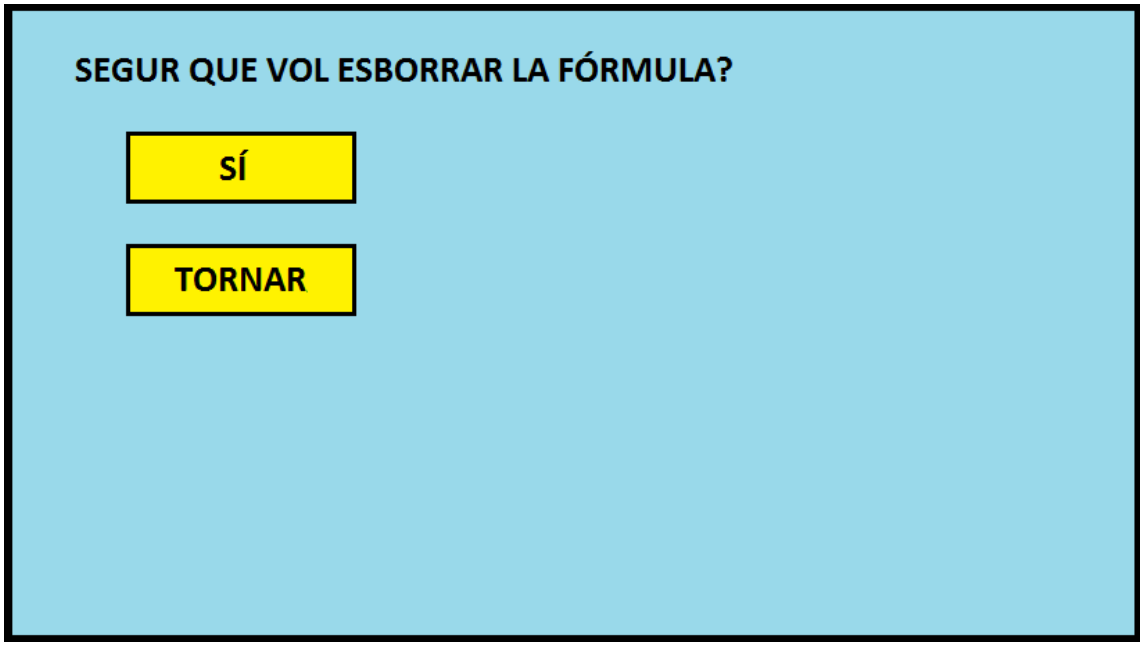


Figura 54. *Pantalla verificar esborrar fórmula*

12.2.3. Editar productes

La pantalla següent permet a l'usuari indicar quin producte hi ha en cada dipòsit. Un cop entrats tots els productes que calguin fins a un límit de deu que són els dipòsits dels quals disposa la màquina, cal prémer "GUARDAR".

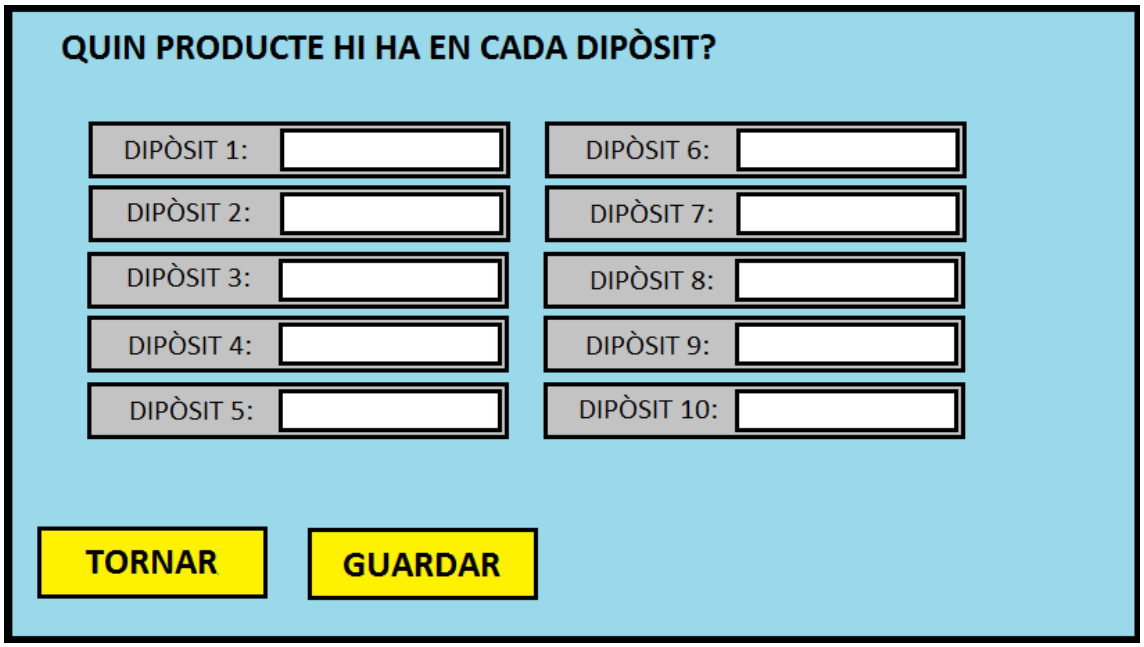


Figura 55. *Pantalla productes per dipòsit*

La màquina com en altres casos també demana si es volen guardar els canvis fets. Si és que sí, cal prémer "SÍ" i el software retorna a la pantalla inicial.

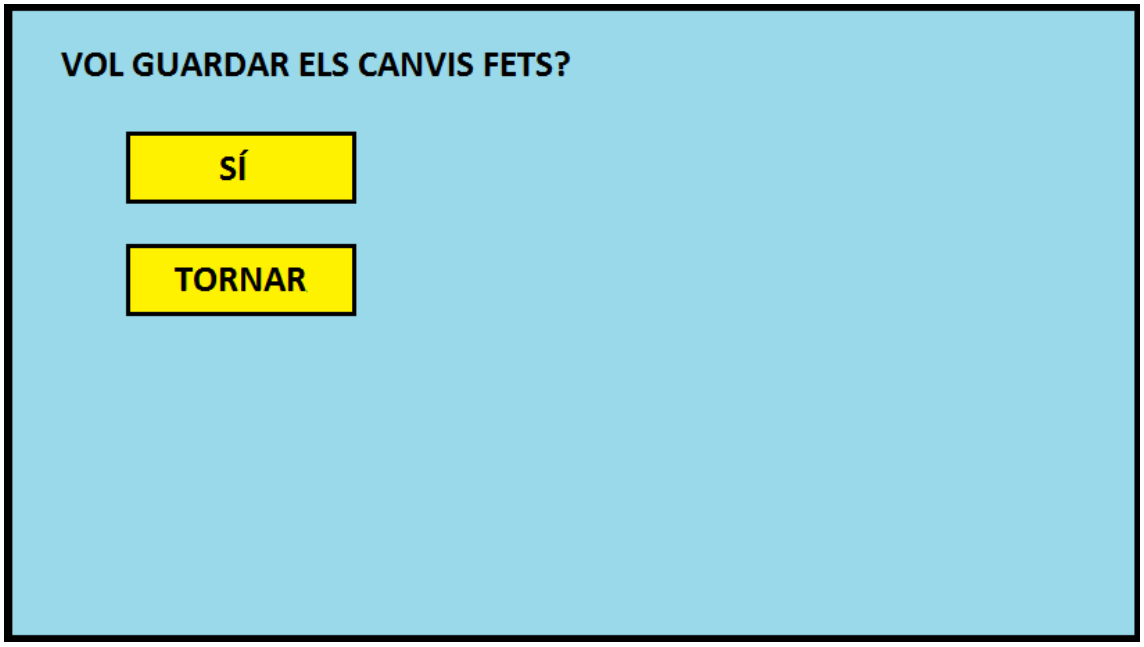


Figura 56. *Pantalla verificar canvis (2)*

12.2.4. Consultar fórmula

El software permet l'opció de visualitzar totes les fórmules i les seves dades però sense possibilitat ni risc de fer canvis. Dins del menú "CONSULTAR FÓRMULA", es torna a mostrar la totalitat de fórmules entrades per tal d'elegir aquella que es vol consultar.

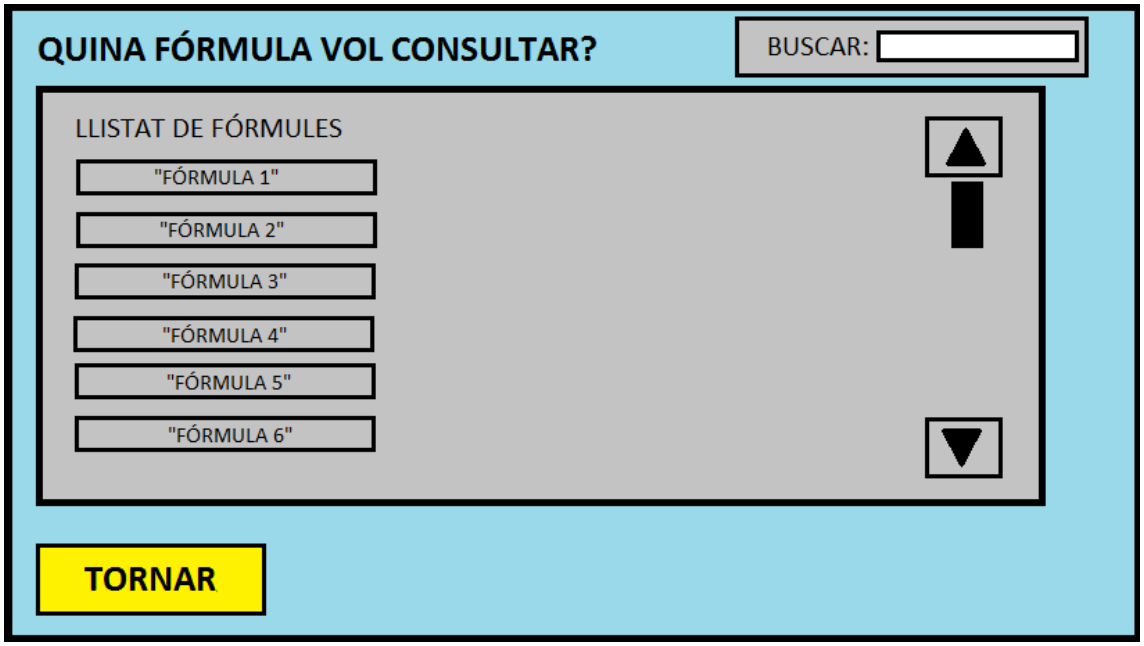


Figura 57. *Pantalla llistat de fórmules per consultar*

Un cop seleccionada la fórmula en qüestió, es visualitzen totes les dades referents a aquesta fórmula. Per tornar a la pantalla inicial només cal prémer "FINALITZAR".

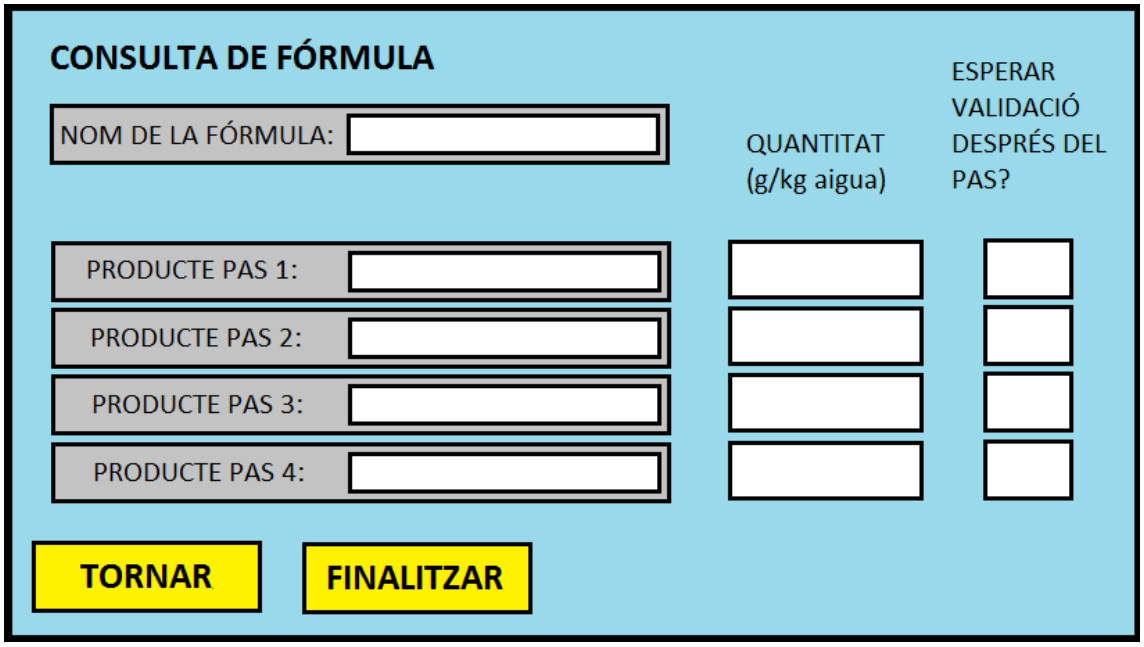


Figura 58. *Pantalla consulta de fórmula*

12.2.5. Crear nova fórmula

Existeix l'opció d'entrar noves fórmules en la màquina. És possible que algunes fórmules a entrar s'assemblin molt a alguna de les fórmules ja existents i per tal d'estalviar feina a l'usuari i alleugerar el procés d'entrada de dades, es dóna l'opció d'entrar una nova fórmula des d'una fórmula existent o entrar una fórmula totalment nova.

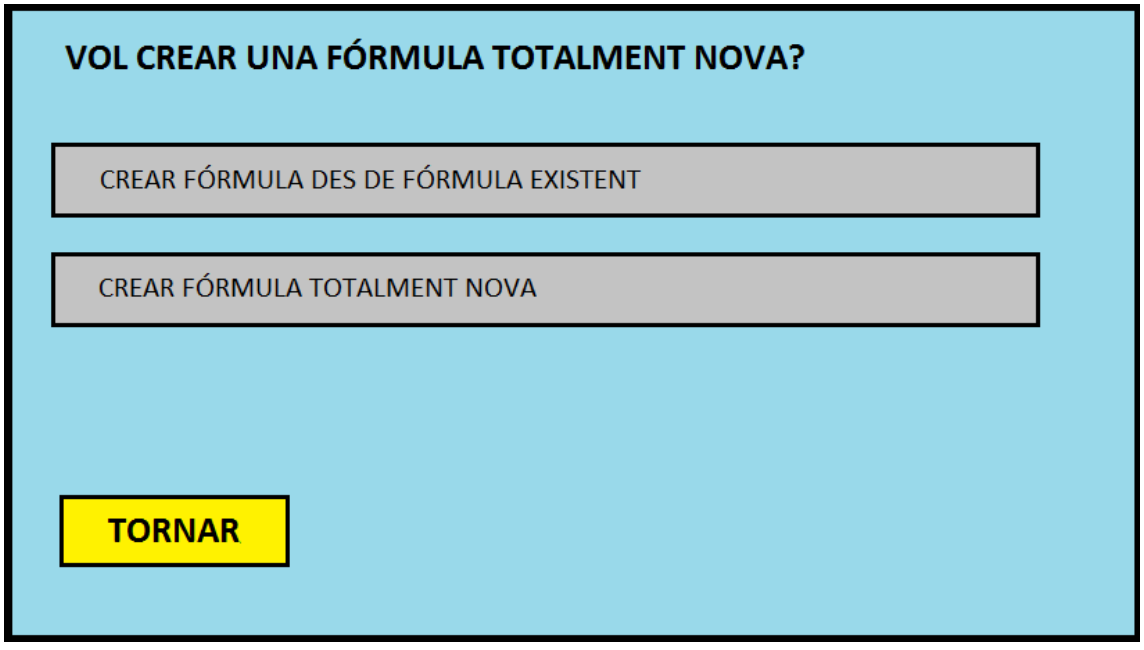


Figura 59. *Pantalla creació de fórmula totalment nova o des de fórmula existent*

Si es selecciona "CREAR FÓRMULA DES DE FÓRMULA EXISTENT" apareix el llistat de fórmules.

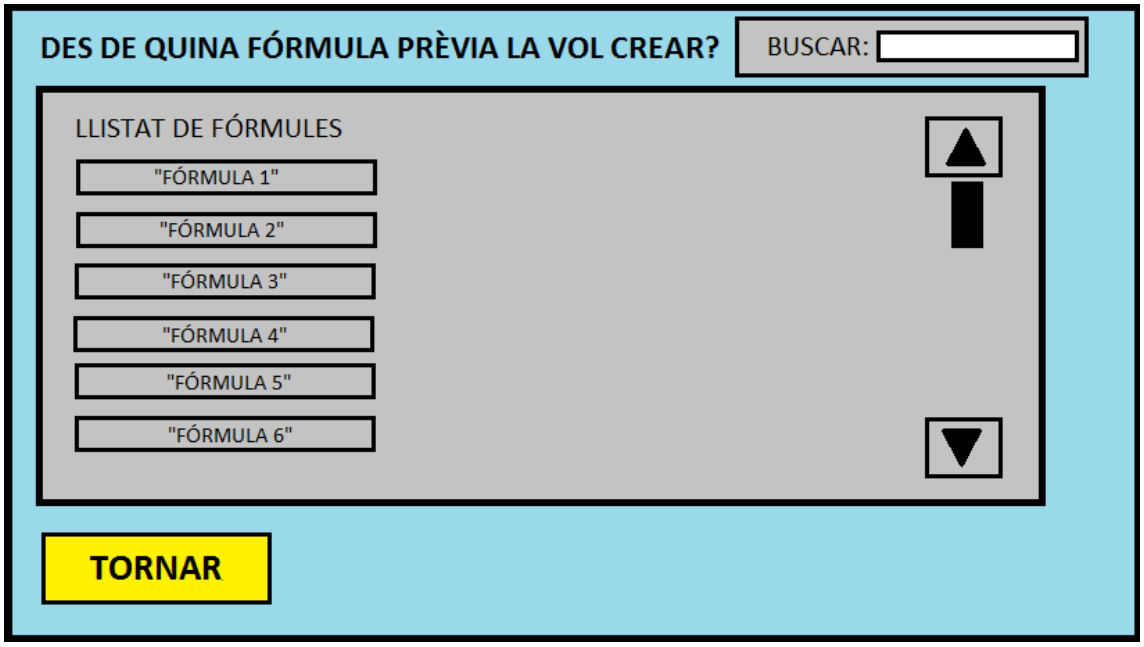


Figura 60. *Pantalla llistat de fórmules per crear*

Apareixen les dades de la fórmula seleccionada en la pantalla anterior, però cal introduir un nom a la fórmula i editar les opcions que calgui. El software dóna l'opció de treure o afegir passos, de canviar el producte en els passos, de canviar la quantitat i d'esperar la validació de l'usuari després de la dosificació de cada un dels productes o no. Hi ha casos en què després de la dosificació d'alguns productes, és necessari que l'usuari mescli la barreja dels productes durant un cert temps abans de dosificar el següent producte. Per tant si es tria "SÍ" en la finestra d'esperar validació, l'usuari ha de prémer un botó per seguir amb la dosificació després de que ell mateix hagi mesclat els productes.

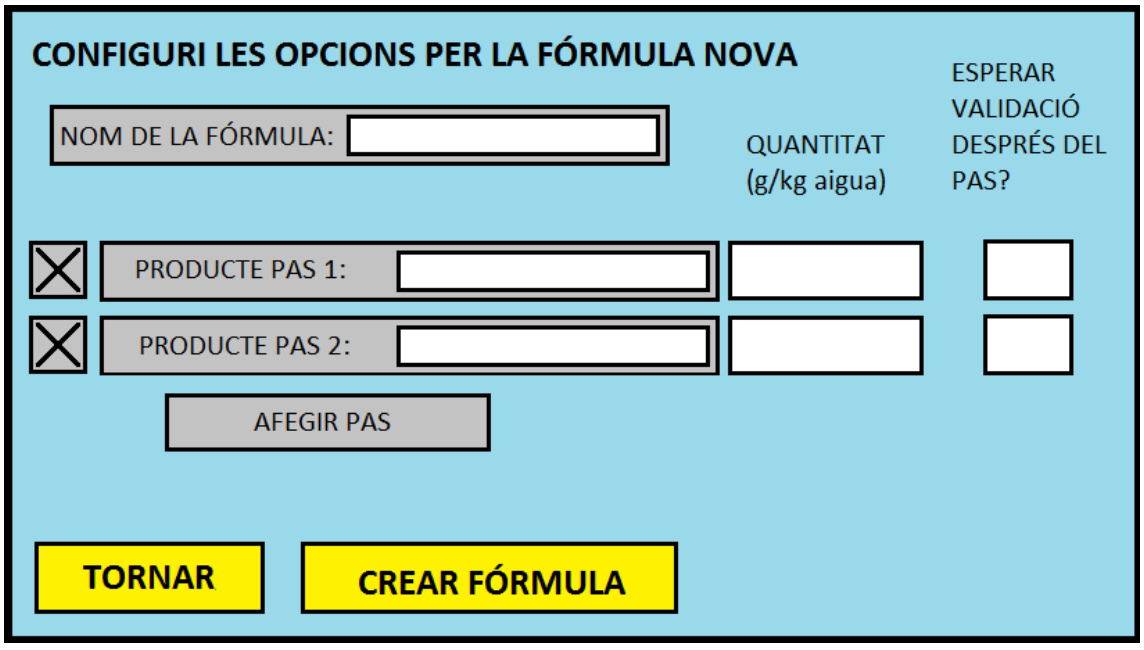


Figura 61. *Pantalla creació de fórmula des de fórmula existent*

Si en comptes de seleccionar l'opció "CREAR FÓRMULA DES DE FÓRMULA EXISTENT" es selecciona "CREAR FÓRMULA TOTALMENT NOVA", la pantalla que apareix és la següent on no hi ha cap dada entrada.

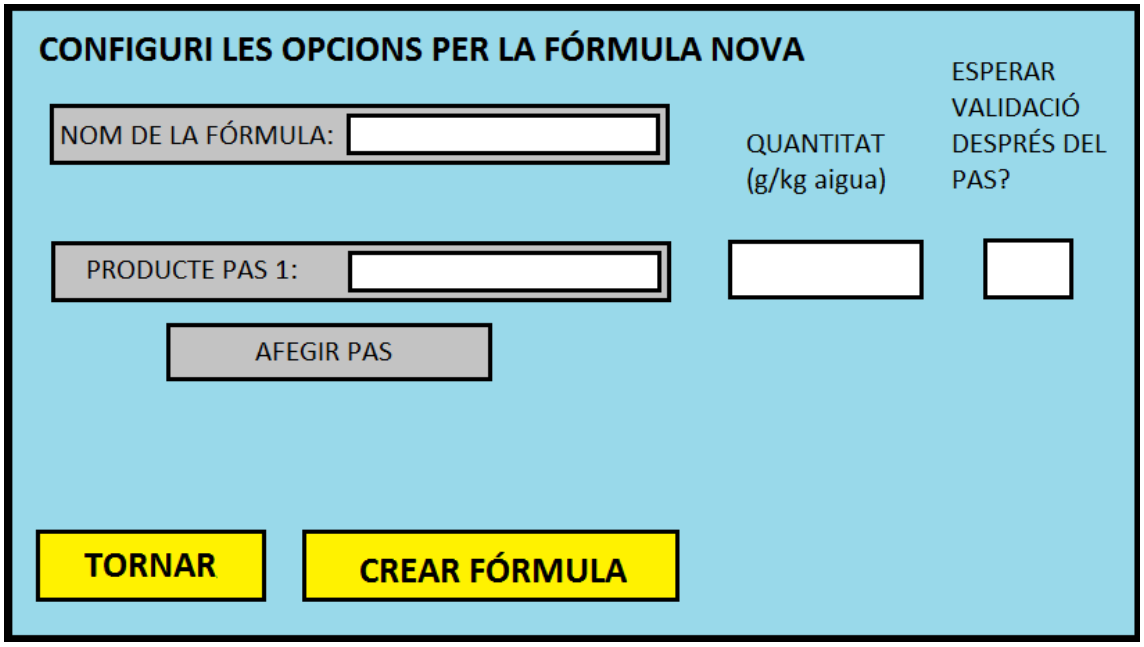


Figura 62. *Pantalla creació de fórmula totalment nova*

Un cop finalitzada l'entrada de dades apareix una pantalla de seguretat per si es vol crear la fórmula definitivament i si es prem l'opció "SÍ" es crea la fórmula i es torna a la pantalla inicial.

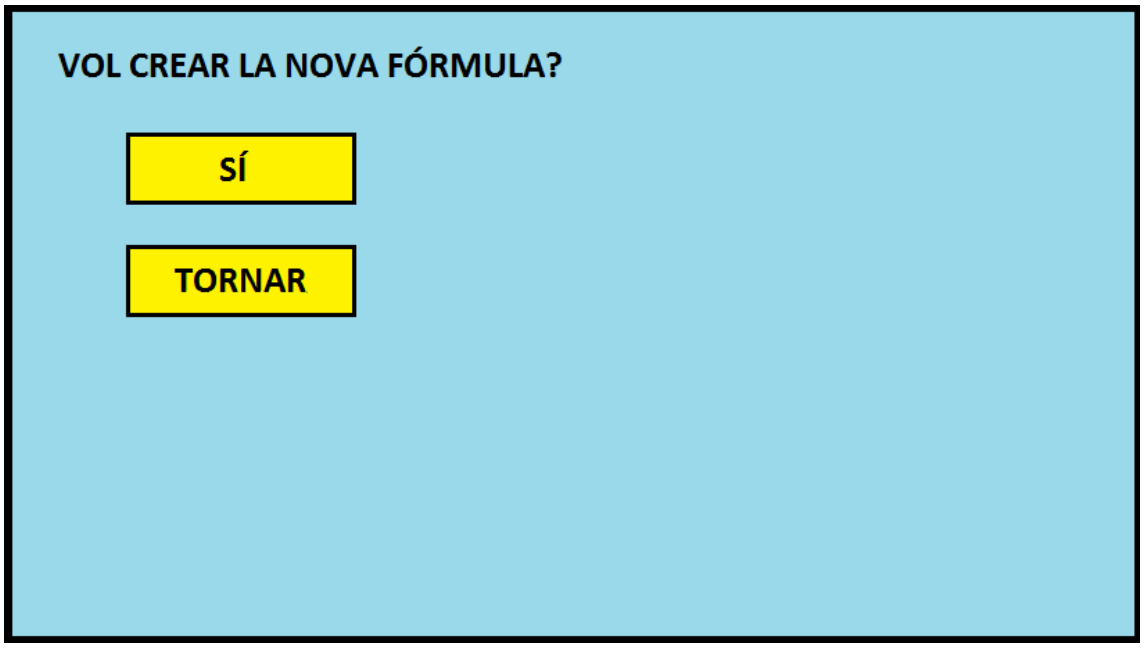


Figura 63. *Pantalla verificar fórmula nova*

12.3. Omplir dipòsits

Si es selecciona "OMPLIR DIPÒSITS" en la pantalla inicial, es dóna l'opció a l'usuari de seleccionar quin dels dipòsits vol omplir. Quan es prem la finestra

"DIPÒSIT A OMPLIR" es desplega un llistat amb els 10 productes i es selecciona aquell que cal omplir. Un cop seleccionat el producte cal prémer el botó verd "OMPLIR". Aleshores, el disc gira fins a la posició indicada de manera que el dipòsit a omplir queda al costat de la porta gran que incorpora la màquina. Un cop el disc està situat en la posició indicada, la màquina permet obrir la porta i omplir el dipòsit. Amb l'obertura de la porta s'altera la seguretat de la màquina i saltarà l'emergència. Tot i això es pot omplir el dipòsit en qüestió sense dificultats. Un cop omplert l'usuari tanca la porta i la màquina tornarà automàticament a la pantalla inicial i caldrà prémer el botó de rearmar per iniciar el procés que l'usuari vulgui.

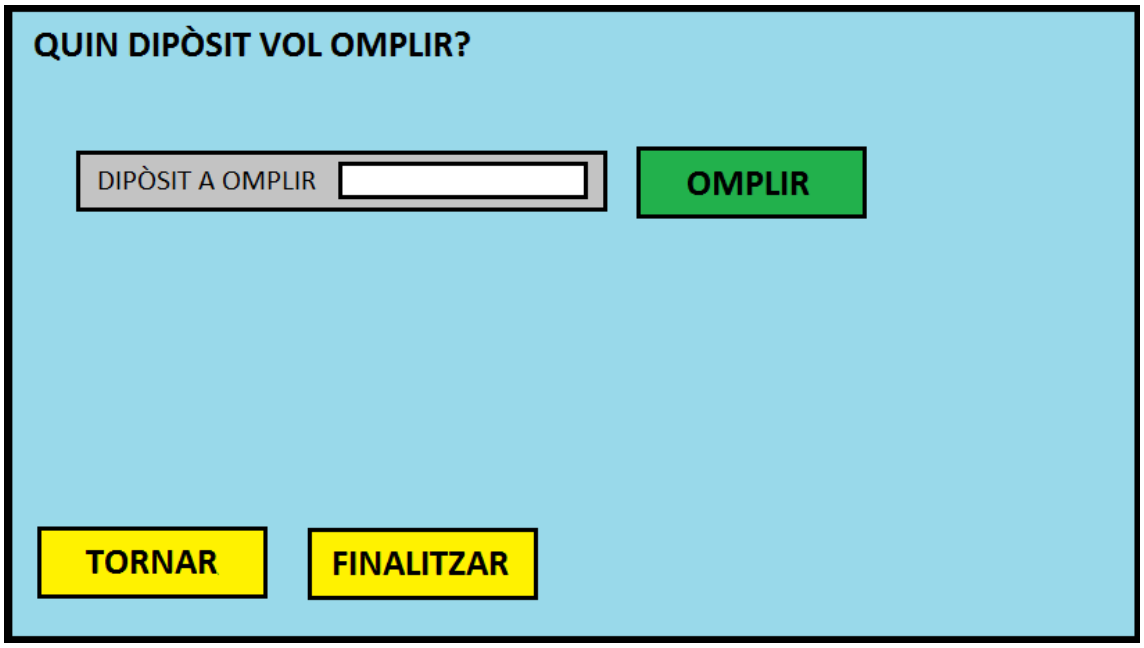


Figura 64. *Pantalla omplir dipòsits*

12.4. Agitar productes

La pantalla és similar a l'anterior d'omplir dipòsits. El programa dóna l'opció a triar quin dels productes es vol agitar o també si es volen agitar tots. Un cop agitats tots els productes que calguin, es prem "FINALITZAR" i es retorna a la pantalla inicial.

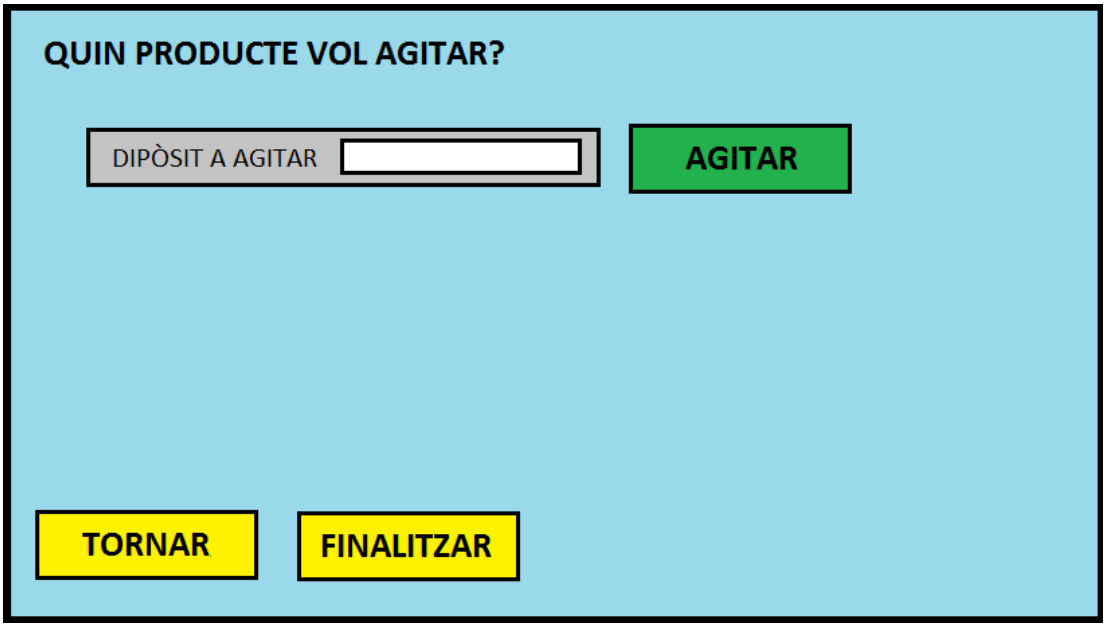


Figura 65. *Pantalla agitar productes*

12.5. Configuració

En el menú configuració, el control permet introduir el temps entre agitacions automàtiques que fa la màquina per si sola, indicar el número de manxades que cal fer per agitar els productes, especificar el màxim error que se li permet fer a la màquina en el procés de pesatge, establir el temps de duració de bufada per tal de fer la neteja, mostrar l'estat en el que es troba la màquina, i finalment, indicar el pendent de la recta per determinar la velocitat del pistó. Com més elevat és aquest pendent, més poc serà el temps de frenada del pistó des de la velocitat màxima fins a l'aturada del mateix. La frenada es fa de forma gradual. En el cas del màxim error permès, si aquest màxim es supera, salta un senyal d'avís a la pantalla indicant la incidència.

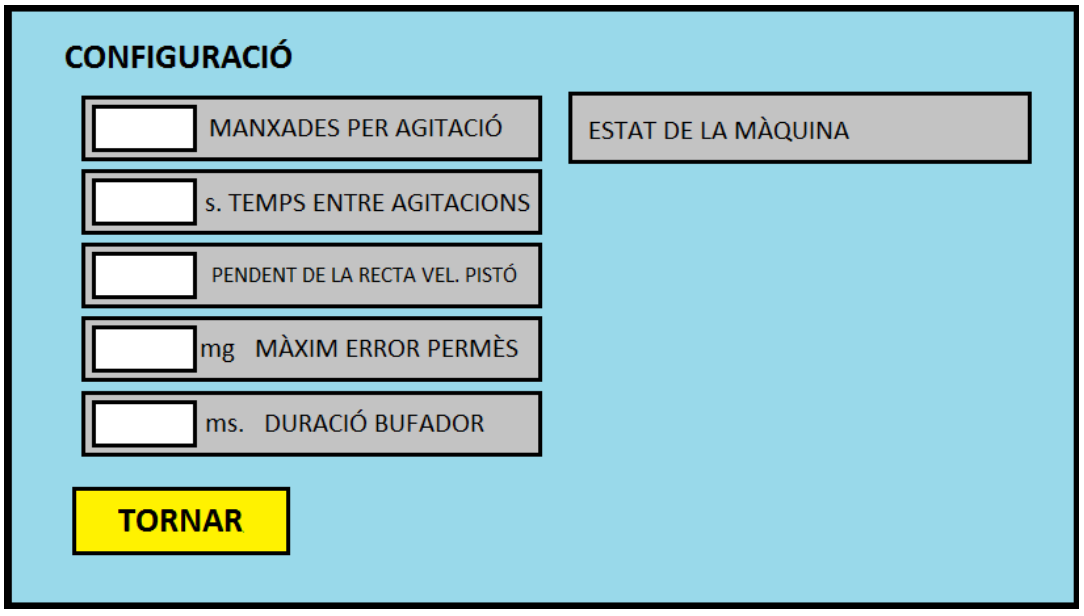


Figura 66. *Pantalla configuració*

12.5.1. Estat de la màquina

Per últim, el software disposa d'una opció on es mostra informació de la màquina com ara, si les portes estan ben tancades, quina és la posició del pistó, quin producte es troba en posició de dosificar i també s'hi mostren possibles errors que s'han pogut produir i que un cop arreglats es permet a l'usuari esborrar-los prement la "X" que apareix al costat de cada error. Prement "FINALITZAR" es retorna a la pantalla inicial.

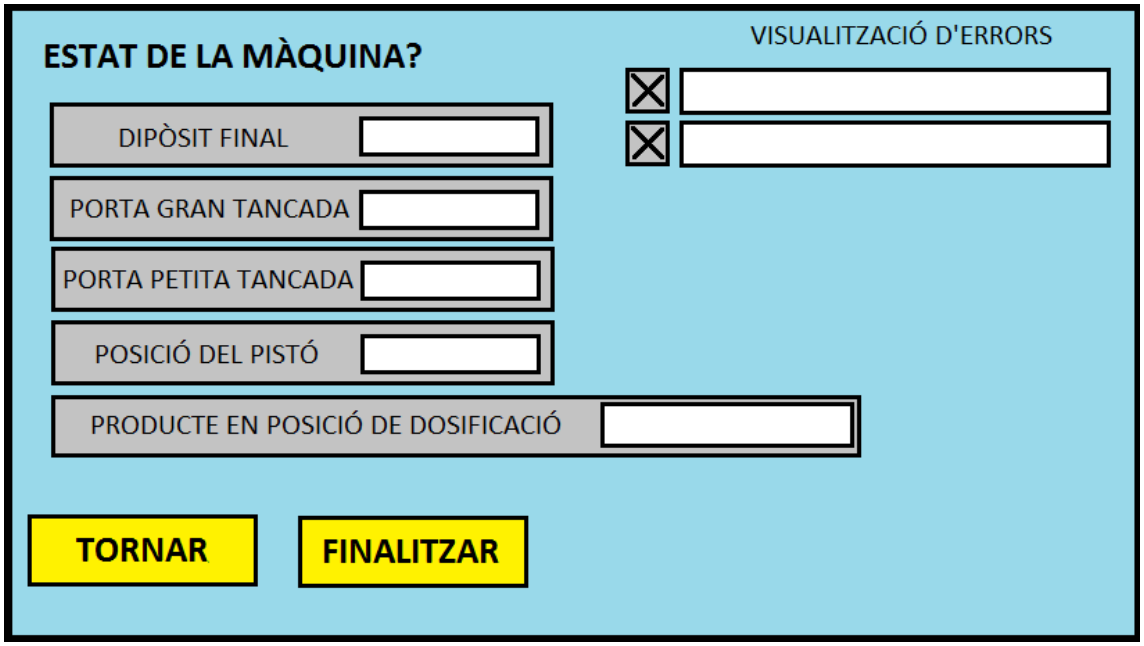


Figura 67. *Pantalla estat de la màquina*

CAPÍTOL 13: CONCLUSIONS I FUTURES MILLORES

13.1. Conclusions

Amb la realització d'aquest projecte s'han assolit varis dels objectius marcats en l'inici.

- S'ha automatitzat el sistema de pesatge dels productes a tractar garantint una bona seguretat a l'usuari.
- El sistema creat és senzill i compleix les funcions necessàries.
- La interfície d'usuari que estableix la comunicació entre màquina i usuari és entenedora i senzilla de seguir.
- S'ha aconseguit l'estabilització de les dissolucions.
- S'han cercat els elements que tenen una bona relació qualitat-preu.
- Els punts on es pot acumular brutícia en la màquina són de fàcil accés per a fer-ne una neteja quan sigui necessari.

A nivell personal he augmentat el coneixement prèviament aconseguit al llarg del grau, he après com de diferent es treballa en el món laboral en comparació amb l'acadèmic, he millorat els coneixements en el disseny a través de les eines CAD. També m'ha servit per millorar en l'organització a l'hora de realitzar les diverses tasques que han format part del projecte.

Puc concloure que estic satisfet amb la feina realitzada i la meva confiança davant del món laboral al qual d'aquí poc m'hauré d'enfrontar ha millorat de forma considerable.

13.2. Futures millores

El projecte es pot expansionar i millorar en varis punts. Algunes d'aquestes millores no s'han incorporat per falta de coneixements, eines i /o informació. Aquestes possibles millores són:

- Incorporar un sistema de recollida quan s'hagi acabat la dosificació per evitar que es dosifiqui una quantitat massa gran de producte en el cas que el motor pas a pas no sigui prou ràpid en l'aturada.
- Augmentar el nombre de productes a dosificar. Expansionant el diàmetre del disc i canviant el plat divisor, o bé creant un mecanisme on la balança tingués la possibilitat de desplaçar-se entre diverses bases, utilitzant una cinta transportadora.
- Automatitzar la mescla de les diverses dissolucions per evitar que l'hagi de realitzar l'usuari.
- Implementar un sistema que avisi si un producte s'està exhaurint.

- Aplicar altres sistemes de seguretat. Com per exemple incorporar un detector per saber si hi ha dipòsit, implementar senyals acústiques per avisar a l'usuari...
- Utilització d'un ordinador en detriment de la pantalla tàctil.

CAPÍTOL 14: BIBLIOGRAFIA

14.1. Referències bibliogràfiques

Norma DIN 125 de volanderes planes.

Norma DIN 472 d'anells de seguretat.

Norma DIN 6325 de passadors cilíndrics.

Norma DIN 912 de cargols cilíndrics amb hexàgon interior.

Norma DIN 933 de cargols amb cap hexagonal.

Norma DIN 936 de femelles hexagonals.

Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel que s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball

Reial decret 1644/2008, de 10 d'octubre, pel qual s'estableixen les normes per a la comercialització i posada en servei de les màquines.

Reial decret 494/2012, de 9 de març, pel qual es modifica el Reial decret 1644/2008, de 10 d'octubre, pel qual s'estableixen les normes per a la comercialització i posada en servei de les màquines, per incloure els riscos d'aplicació de plaguicides.

14.2. Bibliografia de consulta

Catàleg ESTANUEIDAD 2009
(http://www.epidor.com/documentos/CATALOGO_ESTANQUEIDAD_09.pdf).

Catàleg Mesa divisora electromecànica TC-T WEISS.

Manual Entris Extend ED GK GW Interface Description WED6003-e. Sartorius Entris Manual.

Normativa UNE 17701 de rosques mètriques ISO per usos generals. Perfil de base.

Normativa UNE 17702 de rosques mètriques ISO per usos generals. Sèrie general de diàmetres i passos.

Normativa UNE 1-027-95 de plegat de plànols.

Promptuari metal·lúrgic de Unión de Almacenistas de Hierros de España (UAHE).