



Centre adscrit a:



Grau en enginyeria electrònica industrial i automàtica

**Proposta, disseny i desenvolupament d'una pràctica de laboratoris per
l'assignatura de Robòtica**

Memòria

Carles Ribas Gummà
PONENT: Joan Triadó

PRIMAVERA 2018

Dedicatòria

Dedico aquest projecte a totes les persones que han contribuït en la meva educació en qualsevol moment de la meva vida.

Agraïments

A en Joan Triadó, per dedicar el seu temps i esforç per contribuir en aquest projecte.

Als meus pares per permetre'm el luxe de poder estudiar.

A en Juan David, a en Víctor Hernández per acompanyar-me en el camí d'esforç, dedicació i aprenentatge que han sigut aquests darrers 4 anys.

I especialment a en Pol Gummà, per sempre ser-hi.

A tots ells, moltes gràcies.

Resum

Aquest projecte neix de la inquietud de voler ampliar en els coneixements de robòtica apresos a l'aula. L'objectiu principal és transmetre aquesta inquietud als futurs estudiants del grau d'enginyeria electrònica de Tecnocampus Mataró, i ampliar els seus coneixements per tal d'apropar-los als necessaris per entrar al món laboral mitjançant la proposta, disseny i desenvolupament d'una pràctica de laboratori al voltant de la tecnologia RFID, tant per al seu atractiu com per a la seva flexibilitat a l'hora de desenvolupar aplicacions, per tal d'assolir els esmentats objectius.

Resumen

Este proyecto nace de la inquietud de querer ampliar en los conocimientos de robótica aprendidos en el aula. El objetivo principal es transmitir esta inquietud a los futuros estudiantes del grado de ingeniería electrónica de Tecnocampus Mataró, y ampliar sus conocimientos con el fin de acercarlos a los necesarios para entrar en el mundo laboral mediante la propuesta, diseño y desarrollo de una práctica de laboratorio alrededor de la tecnología RFID, tanto por su atractivo como por su flexibilidad a la hora de desarrollar aplicaciones, con el fin de alcanzar los objetivos ya expuestos.

Abstract

This project is born from the concern of wanting to expand the knowledge of robotics learned in the classroom. The main objective is to transmit this concern to future students of the degree of electronic engineering of Tecnocampus Mataró, and expand their knowledge in order to bring them closer to those needed to enter the world of work through the proposal, design and development of a laboratory practice around RFID technology, both for its attractiveness and for its flexibility when developing applications, in order to achieve the objectives exposed.

Índex

Índex de figures	V
Índex de taules	IX
Glossari de termes	XI
1. Objectius.....	1
1.1 Propòsit	1
1.2 Finalitat	1
1.3 Objecte	1
1.4 Abast	2
1.4.1 Documentació.....	2
1.4.2 Disseny de la pràctica	2
2. Antecedents i necessitats d'informació	3
2.1 Història de l'automatització	3
2.1.1 La robòtica.....	4
2.2 Recull de les pràctiques de laboratori	7
2.2.1 Pràctica 1: Programació a Robot Studio de les trajectòries d'un robot sobre una superfície.....	8
2.2.2 Pràctica 2: Programació a Robot Studio de les trajectòries d'un robot i ús de senyals d'entrada sortida per al sincronitzat de tasques	8
2.2.3 Pràctica 3: Projecte de programació del robot IRB 120 d'ABB.....	9
2.3 Marc legal	10

II

2.3.1	Informació prèvia	11
2.3.2	Primer pas – Avaluació de riscos	15
2.3.3	Mesures de protecció tècniques:	19
2.3.4	Informar dels riscos residuals als usuaris	23
2.3.5	Validació general.....	23
3.	Objectius i especificacions tècniques	25
3.1	Objectius	25
3.2	Especificacions tècniques generals.....	26
3.2.1	Braç robòtic IRB120	27
3.2.2	La controladora IRC5.....	30
3.2.3	Panell HMI Flex Pendant	31
3.2.4	El PLC CompactLogix L32E	32
3.2.5	Altres elements	34
4.	Generació i plantejament de possibles alternatives de solució	37
4.1	Estudi de la seguretat d’una aplicació	37
4.2	Aplicació amb cinta de transport i superposició de moviments	37
4.3	Aplicació amb sensor RFID	38
5.	Selecció de l’alternativa més adequada.....	39
5.1	Paràmetre de selecció	39
5.2	Recollida de dades	39
5.3	Resultats.....	39

6.	Anàlisi de viabilitat.....	43
6.1	Viabilitat tècnica	43
6.1.1	Entrades i sortides de l'aplicació	43
6.1.2	Especificacions equips RFID.....	44
6.2	Viabilitat mediambiental.....	46
7.	Descripció de la solució.....	49
7.1	Enunciat	49
7.2	Descripció i connexió de Hardware	50
7.2.1	Descripció del hardware	50
7.2.2	Connexionat del Hardware	51
8.	Guies de funcionament	53
8.1.1	El sensor RFID	53
9.	Desenvolupament de la solució	61
9.1	Disseny de l'aplicació	61
9.2	Disseny i desenvolupament Software PLC.....	62
9.2.1	Algorisme PLC.....	63
9.2.2	Declaració de variables PLC	64
9.2.3	Software PLC	68
9.2.4	Simulació de funcionament	73
9.3	Disseny i desenvolupament Software RobotStudio.....	81
9.3.1	Algorisme RobotStudio	81

IV

9.3.2	Programació Robot Studio	83
9.3.3	Relació de connexions PLC/IRC5.....	86
10.	Planificació.....	87
11.	Conclusions i futures línies de treball	89
11.1	Desviacions de planificació	89
11.2	Desviacions en el pressupost	92
11.3	Futures línies de treball.....	92
11.4	Conclusions	93
11.4.1	Desviacions	93
11.4.2	Conclusions	93
12.	Bibliografia.....	95

Índex de figures

Figura 2.1: Enviaments de robots industrials a Estats units en milions de dòlars.....	4
Figura 2.2: Comparació dels preus dels robots industrials amb la mà d'obra humana.....	4
Figura 2.3: Braç robòtic IRB120, d'ABB.....	5
Figura 2.4: Simplificació d'un robot de 3 eixos.....	6
Figura 2.5: Plantejaments de cinemàtica inversa.....	7
Figura 2.6: Captura de la pràctica 1 en funcionament.....	8
Figura 2.7: Captura de la pràctica 1 en funcionament.....	9
Figura 2.8: Guia de sis passos.....	11
Figura 2.9: Resum directives i obtenció de CE.....	13
Figura 2.10: Logo ISO.....	14
Figura 2.11: Logo IEC.....	14
Figura 2.12: Procés d'avaluació de riscos.....	16
Figura 2.13: Exemples de perill mecànic en màquines.....	17
Figura 2.14: Exemples de bon disseny.....	19
Figura 2.15: Barreres de seguretat.....	20
Figura 2.16: Escàners de zona de seguretat.....	20
Figura 2.17: Exemple de bon disseny amb barreres de seguretat.....	21
Figura 2.18: Polsador de validació i polsador d'emergència.....	21
Figura 2.19: Diagrama de Performance Level.....	23

Figura 2.20: Senyalitzacions	23
Figura 3.1: Estació de treball.....	27
Figura 3.2: Braç robòtic IRB120.....	28
Figura 3.3: Àrea de treball del robot.	28
Figura 3.4: Radi de gir del robot	29
Figura 3.5: Controladora IRC5.....	30
Figura 3.6: CompactLogix L32E	33
Figura 3.7: Motors de Rotor NL.....	34
Figura 3.8: Variador de freqüència 3G3EV	35
Figura 3.9: Dispensador de peces.....	35
Figura 3.10: Matriu d'emmagatzematge	36
Figura 5.1: Resultats proposta 1	40
Figura 5.2: Reculats proposta 2.....	40
Figura 5.3: Resultats proposta 3	41
Figura 6.1: RFID Simulator	45
Figura 6.2: RFID Simulator	46
Figura 7.1: Arquitectura del projecte	52
Figura 8.1: Connexió entre el PLC i el sensor RFID	54
Figura 8.2: Organitzador del controlador Font: Elaboració pròpia.....	55
Figura 8.3: Creació de mòdul.....	56
Figura 8.4: Selector de mòdul	56

Figura 8.5: Creació de mòdul	57
Figura 8.6: I/O Configuration Font: Elaboració pròpia.....	57
Figura 8.7: Controller tags.....	58
Figura 9.1: Algorisme aplicació	62
Figura 9.2: Algorisme PLC	63
Figura 9.3: Graficet.....	64
Figura 9.4: Rutina principal PLC	70
Figura 9.5: Etapa 1	71
Figura 9.6: Rutina principal PLC	71
Figura 9.7: Subrutina PLC.....	73
Figura 9.8: Watch	73
Figura 9.9: Simulació 1	74
Figura 9.10: Simulació 2	74
Figura 9.11: Simulació 3	75
Figura 9.12: Simulació 4	75
Figura 9.13: Simulació 5	76
Figura 9.14: Simulació 6	76
Figura 9.15: Simulació 7	77
Figura 9.16: Simulació 8	77
Figura 9.17: Simulació 9	78
Figura 9.18: Simulació 10	78

VIII

Figura 9.19: Simulació 11	79
Figura 9.20: Simulació 12	79
Figura 9.21: Simulació 13	80
Figura 9.22: Simulació 14	80
Figura 9.23: Simulació 15	81
Figura 9.24: Algorisme Robot.....	82
Figura 9.25: Rutina principal RAPID	84
Figura 9.26: Recollida i lectura	85
Figura 9.27: Subrutines de posició.....	86
Figura 10.1: Planificació	88
Figura 11.1: Diagrama de Gantt de l'execució	91

Índex de taules

Taula 3.1: Paràmetres de la figura 7.	29
Taula 3.2: Paràmetres de la figura 8.	29
Taula 3.3: Limitació de moviment dels eixos.	30
Taula 3.4: Botons Flex Pendant.....	32
Taula 3.5: Targetes d'E/S del CompactLogix L32E	33
Taula 6.1: Entrades i sortides disponibles	43
Taula 6.2: Nombre d'entrades requerides.....	44
Taula 7.1: Hardware de l'aplicació.....	51
Taula 9.1: Declaració variables PLC	67
Taula 9.2: Senyals provinents de la xarxa	68
Taula 9.3: Definició de posicions	83
Taula 9.4: Relació de connexions PLC / IRC5.....	86
Taula 10.1: Resum de tasques de la planificació.....	87
Taula 11.1: Desviacions del pressupost.....	90

Glossari de termes

ABB	Empresa dedicada principalment a la robòtica
CPU	Unitat central de processament
CRG	Carles Ribas Gummà
IEC	Comissio electrotècnica internacional
IP	Protocol d'internet
IRB 120	Braç robòtic model IRB 120
IRC5	Controladora del braç robòtic model IRC 5
ISO	Organització internacional per a l'Estandarització
PLC	Autòmat logic programable
RAPID	Llenguatge de programació de la controladora IRC5
RFID	Identificació de radiofreqüència
TCM	Tecnocampus Mataró

1. Objectius

1.1 Propòsit

El propòsit d'aquest projecte és proposar, dissenyar i desenvolupar una pràctica de laboratori que pugui ser implementada en el Grau d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica de l'escola Tecnocampus Mataró per apropar els coneixements impartits en l'assignatura de robòtica als coneixements requerits en el mercat laboral.

1.2 Finalitat

El propòsit d'aquest projecte és ampliar la visió i els coneixements pràctics obtinguts pels estudiants d'electrònica de Tecnocampus Mataró, en l'assignatura de robòtica, per tal d'aconseguir que els futurs enginyers del Tecnocampus tinguin una experiència més en disseny d'una aplicació industrial per tal de poder afrontar amb més facilitat els reptes del món laboral.

1.3 Objecte

L'objecte d'aquest projecte és la proposta, disseny i desenvolupament d'una pràctica de laboratori que apropi els coneixements impartits a la universitat als coneixements requerits per a un projecte d'automatització d'un procés industrial real. L'objectiu és que aquest projecte sigui una guia més per als estudiants del Tecnocampus Mataró per consolidar els coneixements teòrics impartits a les aules mitjantçant la pràctica.

Per a fer-ho, s'utilitzarà l'estació de treball de la universitat Tecnocampus Mataró, on es demostraran les capacitats d'un braç robòtic a l'hora de realitzar algun tipus de tasca.

Aquesta estació de treball inclou un braç robòtic IRB120 d'ABB, amb una controladora IRC5, un autòmat programable CompactLogix L32E de Rockwell Automation, una cinta transportadora moguda per quatre motors asíncrons, controlats per un variador de freqüència S82K d'Omron, un sensor òptic, una estació de distribució de peces, i l'aparellatge necessari per a la interconnexió i protecció de tots aquests elements.

1.4 Abast

A continuació es detallarà el contingut del projecte, tant pel que fa a la documentació com pel que fa al disseny de la pràctica.

1.4.1 Documentació

Pel que fa a la documentació, s'inclourà una recerca d'antecedents que ajudi a entendre tant el projecte com al seu context, s'exposaran els objectius d'aquest, així com les especificacions tècniques de l'estació. Es plantejaran possibles alternatives de solució per a desenvolupar aquest projecte i l'estudi de les viabilitats tècnica, econòmica i mediambiental de la solució presentada.

Seguidament, es proposarà un enunciat per la pràctica dirigida als estudiants, amb les guies per a que els estudiants pugin dur a terme la pràctica amb els coneixements dels que disposen.

Per acabar, es presentaran les conclusions del treball amb les desviacions de pressupost i planificació, i línies futures de treball.

1.4.2 Disseny de la pràctica

Per altre banda, també s'inclourà una de les possibles solucions a la pràctica, amb la seva explicació detallada.

Aquesta solució es dividirà en dos apartats, l'algorisme, que podrà servir de punt de partida de la pràctica de laboratori, i un exemple de programació que satisfaci aquest algorisme.

2. Antecedents i necessitats d'informació

En aquest capítol s'explicarà l'origen de la robòtica i la seva evolució, per tal d'entendre el context i la importància d'aquest tipus de tecnologia, es resumiran les pràctiques de laboratori que actualment s'imparteixen a l'assignatura de robòtica per tal de tenir-les en compte més endavant en el projecte, en els capítols 5 i 6 i finalment s'introduirà el marc legal en el que es troben les aplicacions industrials d'aquesta índole amb una petita guia per desenvolupar una màquina segura en 5 passos.

2.1 Història de l'automatització

Des dels inicis de l'automatització, els éssers humans sempre han intentat substituir l'energia provinent dels humans o altres animals, per altres fonts d'energia com l'electricitat, el vent, l'aigua... per reduir l'esforç necessari dels processos productius, reduir-ne el cost, i augmentar vertiginosament la productivitat.

Alguns autors ja han parlat dels perills i beneficis de l'avenç de l'automatització, com Jeremy Rifkin en el seu llibre titulat *"The end of Work"* (1), on parla de les possibles conseqüències de l'automatització, com la progressiva reducció de les jornades laborals a mesura que la productivitat i eficàcia de l'automatització augmenta, per repartir només la feina que no és automatitzable. També opinions totalment contràries com la de Martin Ford, on explica en el seu llibre *"Rise of Robots"* (2), que l'automatització de processos mitjançant la robòtica i la intel·ligència artificial destruirà molts llocs de feina sense ser capaç de produir-ne, el que acabarà generant una societat en crisi on ningú podrà accedir a un lloc de feina, no obstant, en aquest projecte no s'analitzaran aquestes hipòtesis.

Aquest projecte és un exemple d'aquesta automatització, on s'utilitzaran una sèrie d'elements per fer automàtica una funció que abans feia un humà, augmentant-ne radicalment la productivitat i reduint-ne el cost.

Concretament, la base d'aquest projecte és la robòtica, una branca dins les enginyeries de l'automatització que es basa en la substitució de les persones humanes en tasques que es poden realitzar per aparells controlats per la informàtica.

2.1.1 La robòtica

A principis de la dècada dels 1980, hi va haver molta adopció d'aquesta branca de l'automatització i des de llavors aquest mercat ha anat creixent any rere any, amb les baixades puntuals de qualsevol altre mercat.

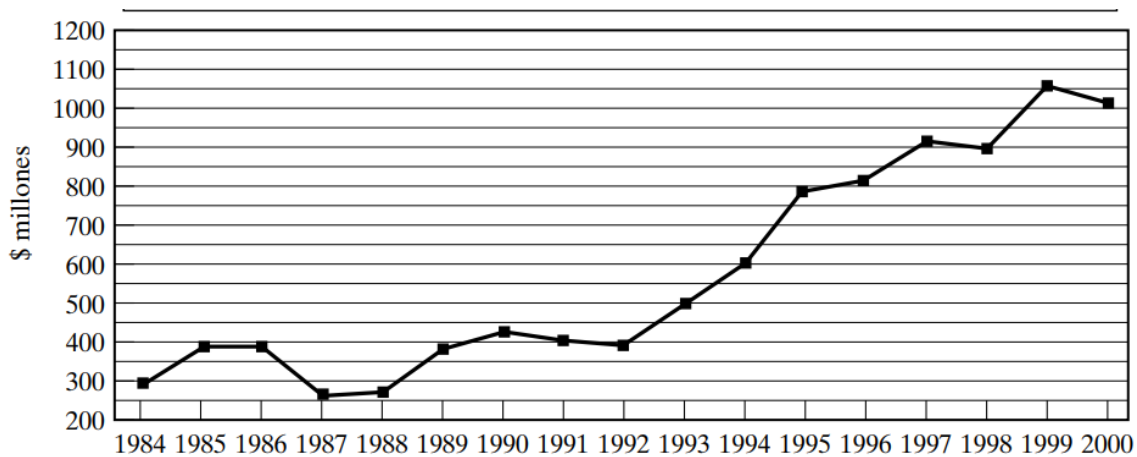


Figura 2.1: Enviaments de robots industrials a Estats units en milions de dòlars.

Font: (3)

Aquest auge de la robòtica és degut a que, a mesura que avança el temps, i en conseqüència la tecnologia, aquests robots són cada cop mes barats, eficients flexibles. Per altra banda, el cost de la mà d'obra humana segueix augmentant, tal i com mostra la figura 2.2.

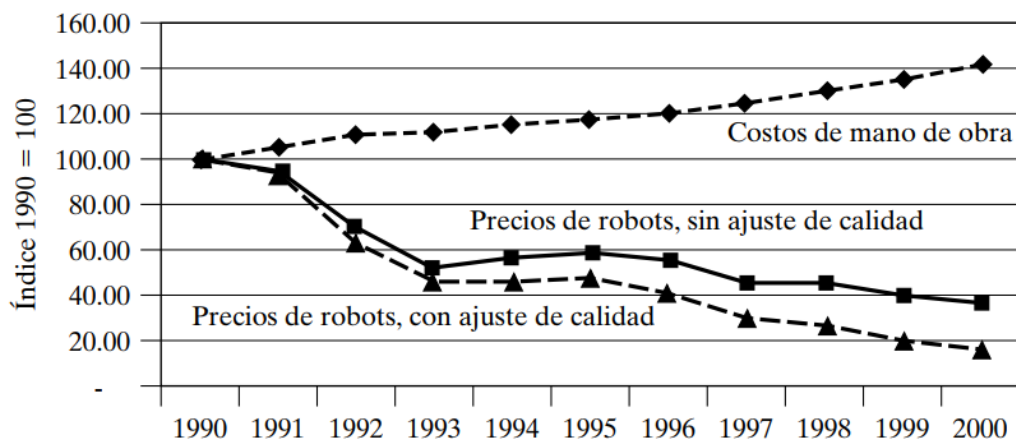


Figura 2.2: Comparació dels preus dels robots industrials amb la mà d'obra humana.

Font: (3)

Tot i que les aplicacions fetes pels robots industrials cada cop són més complexes, a l'any 2000, el 78% dels robots feien tasques de soldadura, o maneig de materials.

En aquest projecte s'utilitzarà un braç robòtic, un tipus de robot que esta permetent dur a terme tasques més elaborades, així com l'assemblatge de peces o la selecció d'aquestes.



Figura 2.3: Braç robòtic IRB120, d'ABB

Font: (3)

Per a la realització de la programació d'aquest robot, s'han d'estudiar conceptes de robòtica, l'estudi del moviment dels eixos d'un robot, la seva velocitat, inèrcia... A continuació es farà una petita explicació de les tècniques utilitzades per a explicar la seva cinemàtica.

La cinemàtica dels robots

La cinemàtica és la ciència que estudia el moviment, en la seves condicions d'espai temps, sense tenir en compte les forces que les ocasionen. Dins de la cinemàtica, els camps d'estudi més habituals són la posició, la velocitat, i la acceleració, en aquest apartat s'explicarà com es treballa la posició dels robots, ja que és una eina necessària que ajudarà a entendre la programació del robot.

Per a estudiar la cinemàtica dels robots, es representen com un conjunt de vincles connectats per articulacions, que permeten el moviment relatiu dels vincles adjunts.

Generalment, en aquest tipus de robot només trobem dos tipus de moviments, lineals o angulars. Concretament, en el nostre robot només hi trobem moviments angulars.

En la següent figura podem veure la simplificació d'un robot de 3 eixos, on només hi trobem moviments angulars.

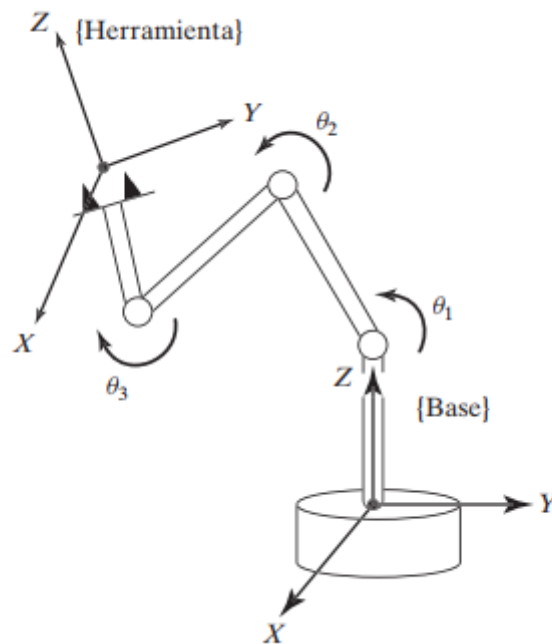


Figura 2.4: Simplificació d'un robot de 3 eixos

Font: (3)

Com es pot veure en la figura 2.4, aquest robot té només 3 variables: θ_1 , θ_2 i θ_3 .

Per a programar el moviment d'aquests robots, cal conèixer la posició dels eixos en tot moment, per això, cadascun d'aquests eixos té un sensor que permet conèixer l'angle en el que es troba l'eix, aquests sensors s'anomenen encoders.

La cinemàtica directa

La cinemàtica directa és el procés pel qual es calcula la posició i orientació d'un vincle, normalment l'associat a l'eina amb la que treballa el robot, donats, en el cas de la figura 2.4, tots els angles dels eixos.

La cinemàtica directa, de forma general, es calcula amb el teorema de *Denavit Hartenberg*, o amb la matriu homogènea.

La cinemàtica inversa

La cinemàtica inversa és el procés pel qual es calcula l'angle o posició dels eixos rotatius o lineals respectivament, donada la posició i orientació del vincle final.

Al contrari que en la cinemàtica directa, la cinemàtica inversa no té una única solució, ja que es pot arribar a un mateix punt final per diferents camins.

Tal i com es pot veure a la figura 2.5, on es planteja la cinemàtica inversa de dues maneres diferents, el punt final és el mateix però la posició i orientació del vincle central no és el mateix.

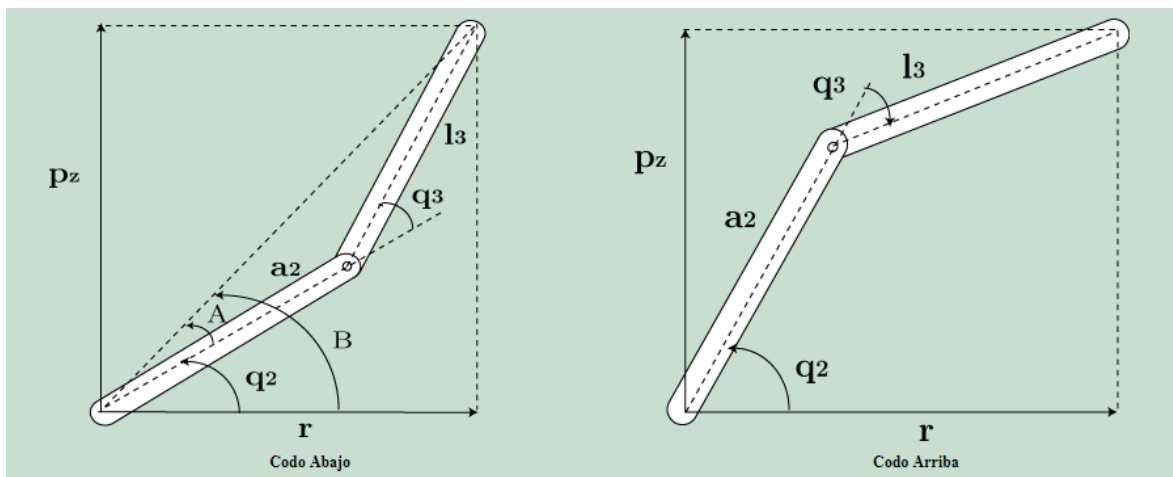


Figura 2.5: Plantejaments de cinemàtica inversa

Font: (4)

De manera general, la cinemàtica inversa es calcula per mètodes geomètrics.

2.2 Recull de les pràctiques de laboratori

En aquest apartat es descriuran les pràctiques que es realitzaven fins ara en l'assignatura de robòtica per poder tenir-les en compte a l'hora de realitzar noves propostes.

2.2.1 Pràctica 1: Programació a Robot Studio de les trajectòries d'un robot sobre una superfície

Aquesta pràctica consisteix en fer una simulació on dos braços robòtics amb una eina cadascun, ressegueixen un sòlid creat pels alumnes amb una ruta fixe.

En aquesta pràctica s'assoleixen els següents coneixements:

- Creació i utilització d'una eina
- Creació d'un entorn, en aquest cas el sòlid que el robot ha de resseguir
- Creació de rutes
- Simulació d'un sistema de funcionament continua amb dos braços robòtic en l'entorn Robot Studio

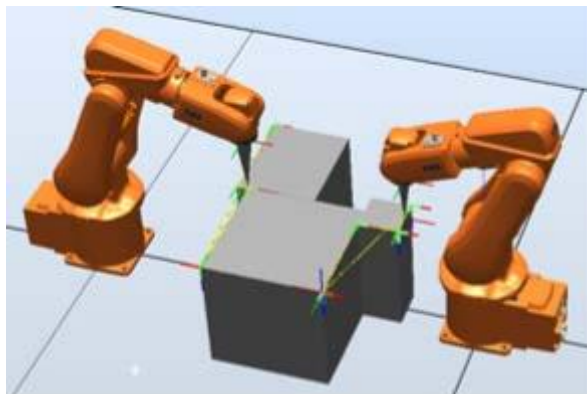


Figura 2.6: Captura de la pràctica 1 en funcionament

Font: Elaboració pròpia

2.2.2 Pràctica 2: Programació a Robot Studio de les trajectòries d'un robot i ús de senyals d'entrada sortida per al sincronitzat de tasques

En aquesta pràctica es treballa sobre el resultat de la pràctica 1. La diferència és que en aquesta pràctica, un dels robots realitza la seva trajectòria i un cop acaba, s'atura i envia un senyal a l'altre robot. Un cop l'altre robot rep el senyal, realitza la seva trajectòria, s'atura, envia un senyal al primer robot, i així successivament.

En aquesta pràctica, a banda dels coneixements assolits en l'anterior, s'afegeixen els següents:

- Creació d'entrades i sortides digitals simulades
- Utilització de les entrades i sortides digitals creades dins del mateix entorn Robot Studio

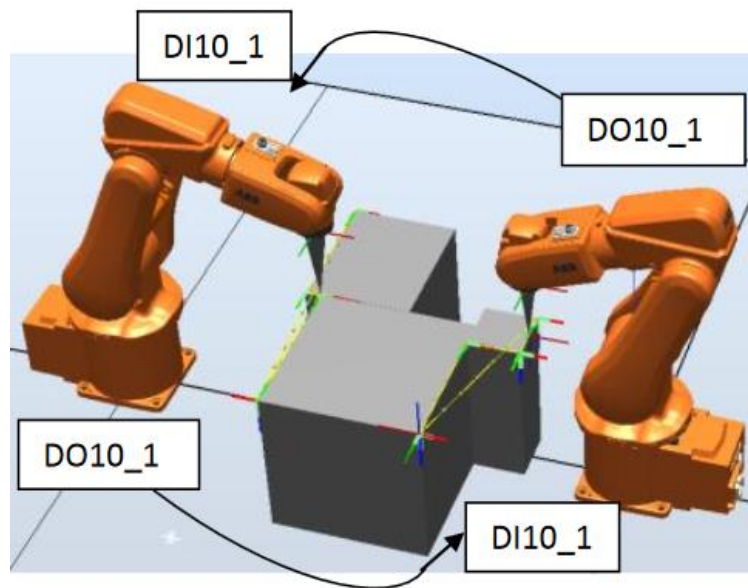


Figura 2.7: Captura de la pràctica 1 en funcionament

Font: Elaboració pròpia

2.2.3 Pràctica 3: Projecte de programació del robot IRB 120 d'ABB

Per últim, aquesta tercera pràctica tracta de programar sobre el braç robòtic real.

La pràctica consisteix en que el robot ha de recollir peces d'un dispensador i col·locar-les en la matriu d'emmagatzematge de peces.

Per al control del dispensador de peces el braç haurà d'enviar un senyal a la controladora PLC, que activarà el dispensador. Un cop el dispensador hagi tret una peça, ha d'enviar una senyal al robot per tal de que sàpiga que la pot recollir.

Malgrat que aquesta aplicació utilitza comunicacions amb un PLC, aquestes ja venen donades per l'enunciat, és a dir, l'alumne no ho ha de programar.

En aquesta pràctica, juntament amb els coneixements de les pràctiques anteriors, també s'assoleixen els següents coneixements

- Captura de punts amb el robot
- Programació d'accions en funció d'entrades externes (provinents del PLC)
- Posta en marxa d'una aplicació amb un robot real

2.3 Marc legal

En aquest apartat es definirà el marc legal en el qual s'ha de trobar tota maquinaria relacionada amb l'àmbit industrial. En qualsevol projecte és molt important el compliment del marc legal, ja que el seu incompliment pot comportar danys en el material i a les persones, la qual cosa pot derivar en responsabilitats fins i tot penals.

En aquest apartat definirem un mètode de sis passos que ens permetrà obtenir una màquina segura, no obstant, abans de poder aplicar-lo, cal conèixer el marc legal, si no es coneix, s'ha de fer una recerca d'informació molt exhaustiva.

La guia que es definirà a continuació esta basada en la guia de 5 passos elaborada per Sick. (5).

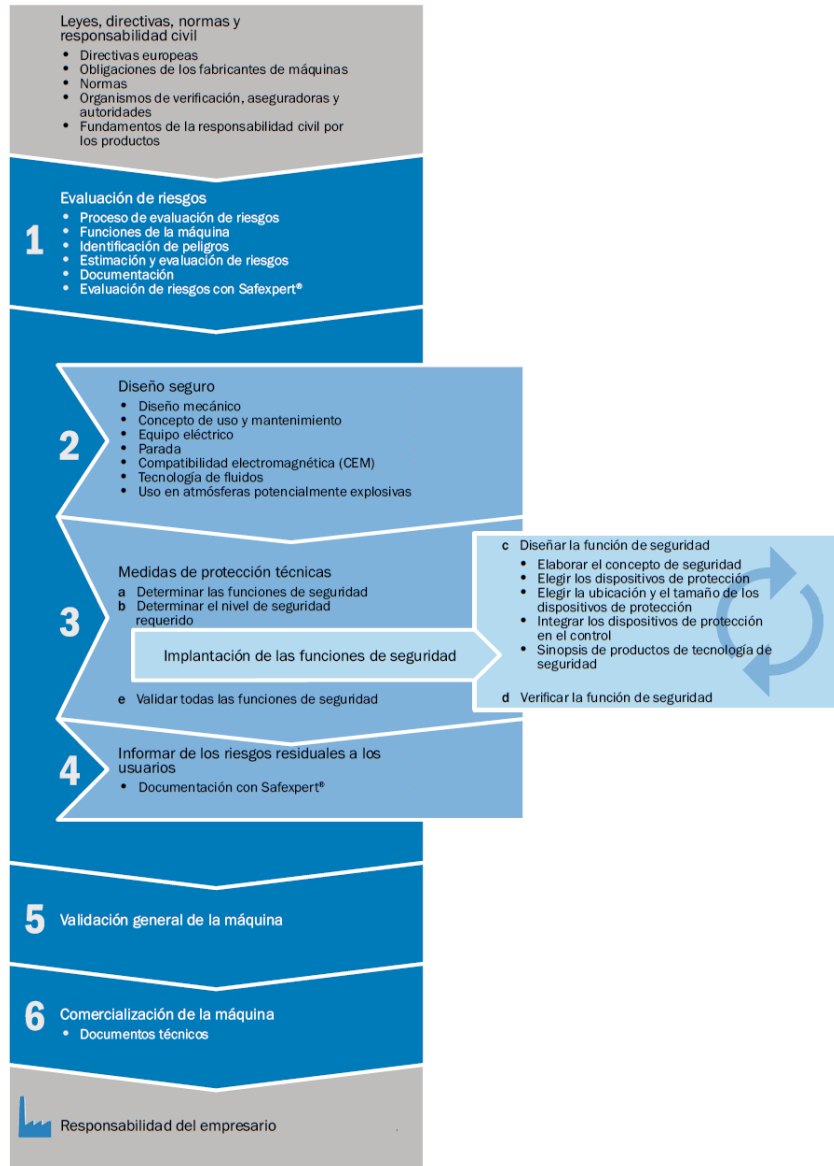


Figura 2.8: Guia de sis passos

Font: Pròpia a partir de (5)

2.3.1 Informació prèvia

Malgrat que s'ha comentat que la guia només te sis passos, s'ha de tenir en compte que abans d'entrar-hi, és absolutament necessària una recerca d'antecedents molt profunda per a conèixer totes les directives i normatives que abracen el nostre projecte, ja que en cas d'incomplir alguna d'aquestes, hi pot haver conseqüències penals. És per això que seguidament s'inclou una petita introducció en el procés d'aquesta recerca d'antecedents.

A continuació es definirà el que és una directiva, i una norma, per tal d'entendre les seves principals diferències.

Directives europees

Dos dels principis fonamentals de la Unió Europea és la protecció de la salut dels seus ciutadans, tant en la seva vida privada com en la seva vida professional, és per això, que d'acord amb el tractat de funcionament de la Unió Europea, per a complir simultàniament els objectius d'aquests dos principis, la Comissió de la Unió Europea i el Consell de la Unió Europea van adoptar varies directrius, que les països membres han de traslladar en lleis nacionals.

Les directrius defineixen objectius i requisits essencials, formulats de la manera més neutral possible en referència a aspectes tecnològics. En l'àmbit de la seguretat en les màquines i la protecció laboral, es van publicar les següents directrius:

- Directiva de màquines: dirigida als fabricants de maquinària
- Directiva d'utilització dels equips de treball: dirigit als operaris de les màquines
- Altres directives addicionals, com les directives de baixa tensió, de compatibilitat electromagnètica, ATEX...

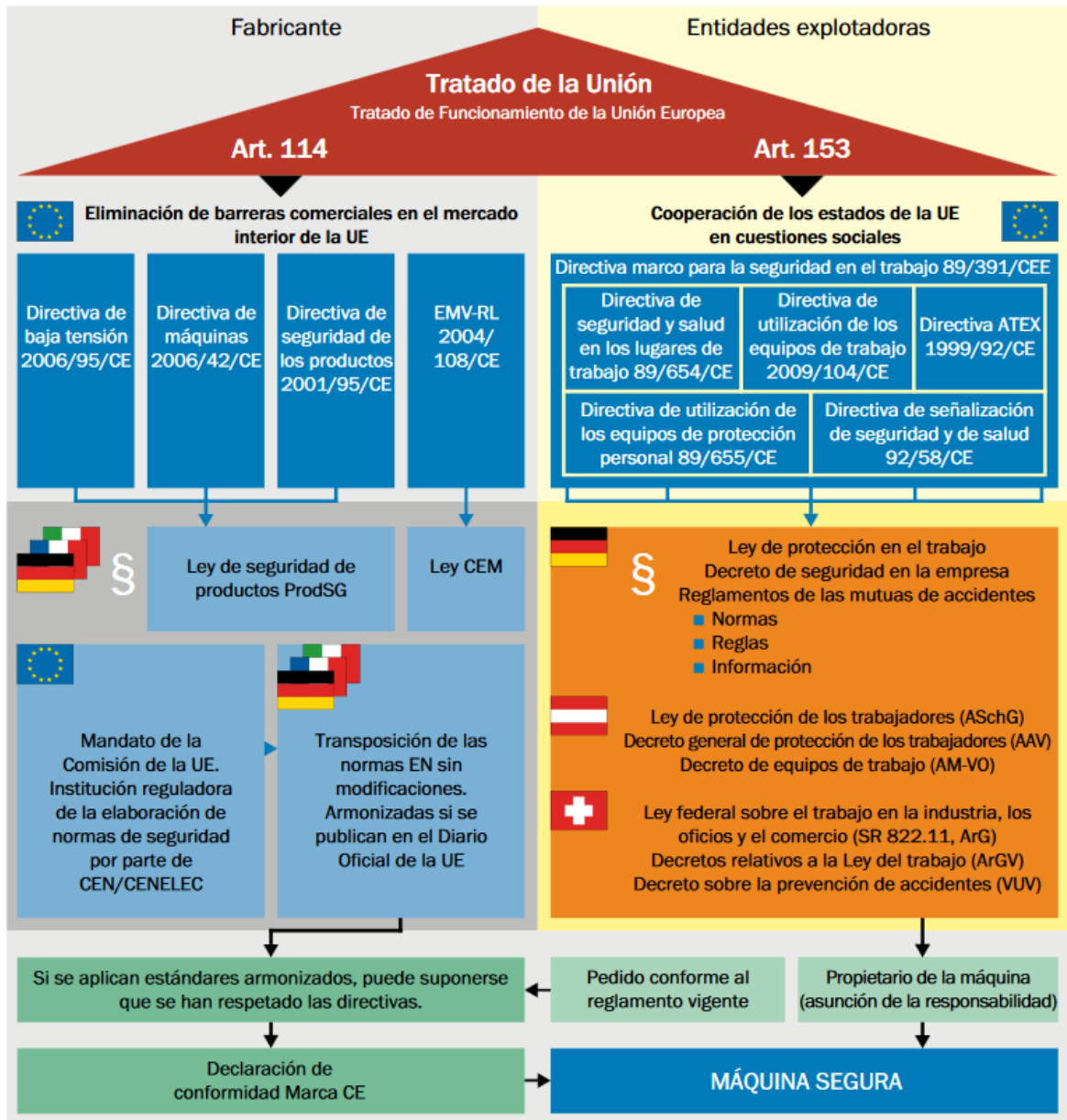


Figura 2.9: Resum directives i obtenció de CE

Font: Pròpia a partir de (5)

Existeixen organismes de verificació que poden atorgar la marca CE. El fabricant ha de proporcionar la màquina i el seu expedient tècnic. Si la màquina compleix els requisits essencials de seguretat i salut, se li atorga la marca CE, d'aquesta manera els usuaris poden estar segurs que la màquina compleix totes les directives europees a la que esta subjecte.

Les normes

Les normes són acords que s'estableixen entre diferents grups d'interès: fabricants, consumidors, organismes de verificació, autoritats de protecció laboral, govern...

En funció del lloc on s'utilitzi la màquina o producte, s'apliquen diferents regulacions que requereixen l'aplicació de diferents normes. L'evolució constant d'aquestes normes ha donat lloc a estàndards vàlids arreu del món, i per tant, existeixen organitzacions i estructures internacionals de normalització, com la ISO i el IEC.

ISO o International Standardization Organisation (Organització Internacional per la Estandarització): És una xarxa internacional formada pels organismes de normalització de 157 països. La ISO elabora i publica estàndards internacionals centrats en tecnologies no relacionades amb l'electricitat.



Figura 2.10: Logo ISO

Font: (5)

IEC o International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional): La IEC és una organització global que elabora i publica estàndards internacionals per als àmbits de la electrotècnia



Figura 2.11: Logo IEC

Font: (5)

Dintre les normes, n'existeixen diferents tipus:

- Normes A: Aquelles que són essencials pel que fa a la seguretat, recullen principis de disseny, i aspectes generals que es poden aplicar a qualsevol màquina
- Normes B: Aquelles que fan referència a un aspecte de seguretat o un dispositiu de seguretat aplicable en una àmplia gama de màquines. Aquestes es divideixen en normes B1, per a aspectes específics de seguretat, i normes B2, per a dispositius de seguretat.
- Normes C: Les normes C contenen tots els requisits de seguretat d'una màquina o d'un grup de màquines específic. Les normes C, al ser les més específiques, són

també les que tenen més prioritats, no obstant, una norma C pot fer menció o contenir fragments de normes A i B.

En l'annex 1 es pot trobar una llista de les normes més importants.

Resum:

- Al fabricant de maquinaria se li aplica, entre d'altres, la directiva de màquines
- Al explotador de la màquina se li aplica la directiva d'utilització d'equips de treball
- Les normes tècniques concreten els objectius definits en les directives europees
- Existeixen normes A (normes essencials), normes B (normes de categoria de seguretat) i normes C (normes per a la seguretat de les màquines. Si existeix una norma C, aquesta té preferència respecte les normes A i B.

2.3.2 Primer pas – Avaluació de riscos

Per tot disseny d'una màquina, és necessària una avaluació de riscos, per tal de detectar-los, i reduir-los. Per realitzar-la, existeixen mètodes d'avaluació estàndard, que defineixen el procés d'avaluació de riscos.

Aquests estàndards són una sèrie de passos lògics que permeten el anàlisi i la valoració de riscos de la màquina, el disseny per tant, haurà de tenir en compte el resultat d'aquest anàlisi.

Habitualment, després d'avaluar els riscos d'una màquina, es prendran mesures per reduir-los, i un cop reduïts, es possible haver de tornar a fer un anàlisi de riscos de manera iterativa fins que aquests arribin a ser nuls o acceptables.

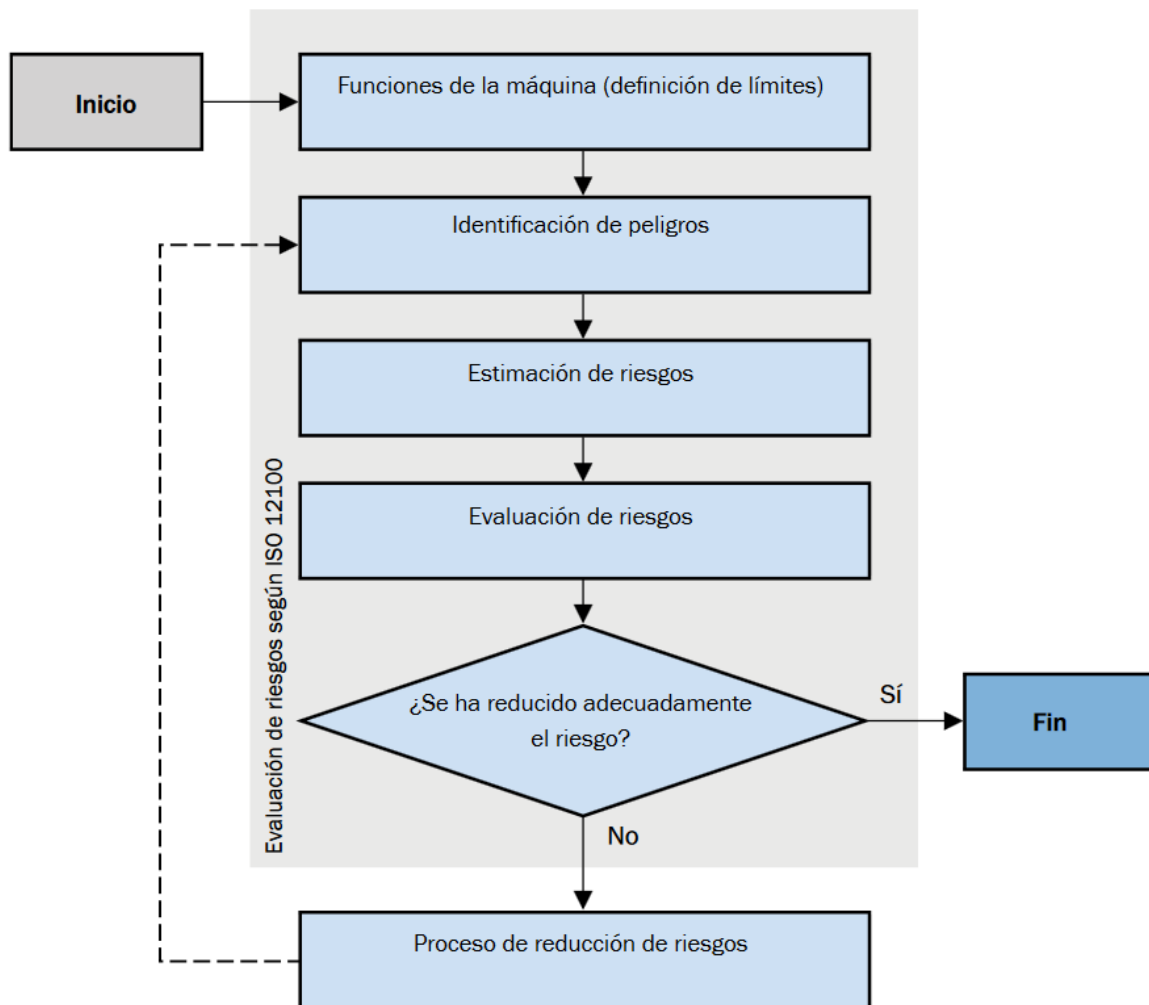


Figura 2.12: Procés d'avaluació de riscos

Font: Pròpia a partir de (5)

Funcions de la màquina

Tal i com es veu en la figura x, el primer pas és definir les funcions de la màquina, com per exemple el rendiment de la màquina, la vida útil prevista, les funcions i modes de funcionament previstos... Cal tenir en compte altres aspectes com l'ús incorrecte previsible, o falles i averies previsible.

Identificació de perills

Un cop establertes totes les funcions de la màquina, s'han d'analitzar per identificar els perills que poden derivar de totes les fases de vida útil de la màquina, és a dir, des de perills mecànics, elèctrics o tèrmics, fins al transport, el muntatge i instal·lació

A la figura 2.13 es poden veure alguns exemples de perills mecànics en una màquina:



Figura 2.13: Exemples de perill mecànic en màquines

Font: Pròpia a partir de (5)

Avaluació de riscos

Un cop s'han definit tots els perills, es procedeix a l'estimació i avaluació de riscos

Aquest risc es calcula mitjançant la següent fórmula:

$$Risc = Magnitud dels danys * Probabilitat de que es produeixin$$

La magnitud dels danys és el perill que pot provocar aquest risc, és a dir, el que es mesura és la magnitud de les lesions que et pot causar el risc.

La probabilitat de que aquests danys es produeixin es calcula a partir del temps l'exposició de la persona, l'aparició d'un esdeveniment perillós, o dels mitjans tècnics i humans per poder evitar-ho.

Tots els càlculs i mètodes utilitzats en aquest procés han de quedar documentats, tot i que la directiva de màquines no exigeix que la documentació de la avaluació de riscos s'adjunti amb la màquina.

Com la definició de la magnitud dels danys i la probabilitat que es produeixin no són trivials, existeixen unes taules i eines que ajuden al fabricant a definir aquests valors.

Aquestes taules i eines es poden trobar en el document ISO/TR 14121-1.

Disseny segur:

En aquest apartat el fabricant ha de fer modificacions en el disseny per tal de reduir en la mesura del possible tots els riscos al mínim. Com ja hem vist en l'apartat anterior, per reduir el risc es pot reduir la magnitud dels danys, la probabilitat de que es produeixin aquests danys, o ambdues coses.

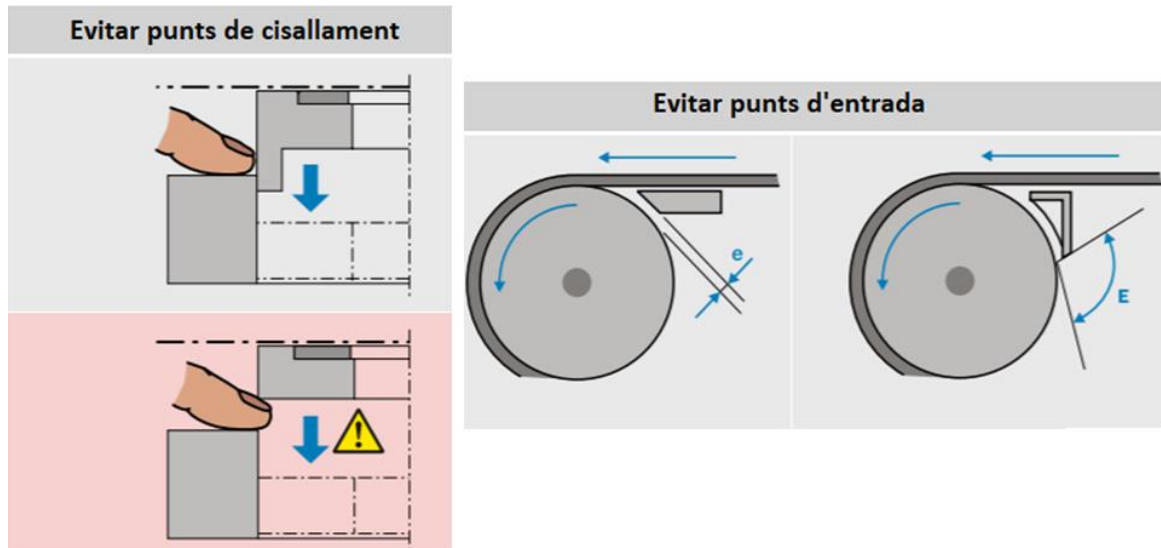


Figura 2.14: Exemples de bon disseny

Font: Pròpia a partir de (5)

2.3.3 Mesures de protecció tècniques:

En aquest apartat es pretén reduir al màxim els riscos restants mitjançant la definició de funcions de seguretat, que duren a terme els dispositius de protecció, unitats de vigilància i limitació, i mesures destinades a reduir emissions i definir el nivell de seguretat requerit per la màquina.

Dins els dispositius de protecció, les unitats de limitació són les més conegudes, ja que són les més visuals.

Un exemple d'ús d'un dispositiu de limitació serien les barreres de seguretat, els escàners de zona o les estores de seguretat, que eviten que la màquina segueixi funcionant si algun operari entra en la zona de perill, tal i com s'observa en les figures 2.15 i 2.16.

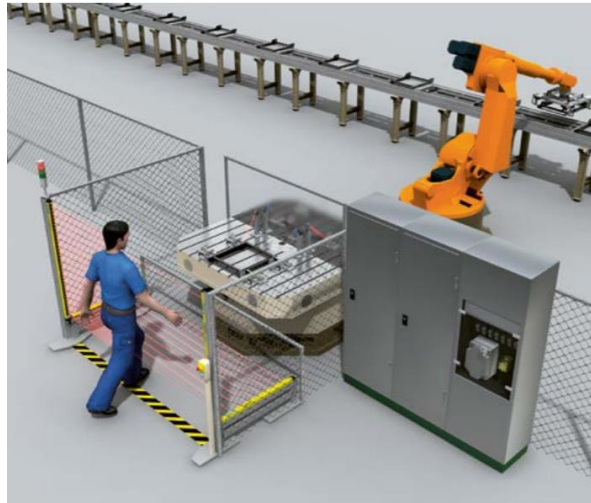


Figura 2.15: Barreres de seguretat

Font: (5)



Figura 2.16: Escàners de zona de seguretat

Font: (5)

A l'hora d'aplicar aquests elements, s'ha de tenir en compte el procés de producció, ja que en cas de no dissenyar correctament una aplicació de seguretat, aquesta podria afectar greument al sistema de producció.

Un exemple de bon ús d'aquests elements el podem trobar a la figura 2.17, on podem observar un sistema de seguretat que només s'accionaria amb la presència d'operaris però permet el pas d'elements mòbils de la producció, degut a l'altura en la que es mouen.

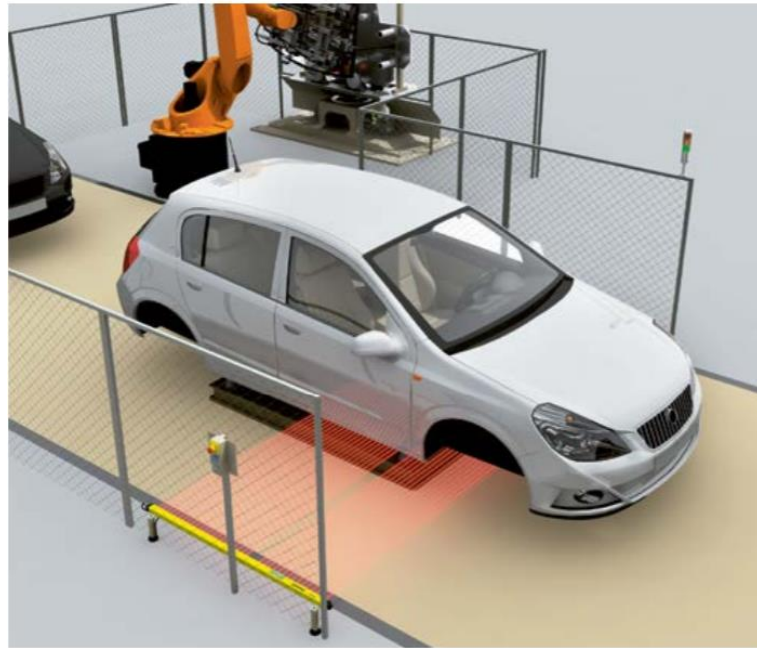


Figura 2.17: Exemple de bon disseny amb barreres de seguretat

Font: (5)

Altres elements que s'utilitzen habitualment poden ser el pulsador d'emergència, o pulsador de validació. Cal esmentar que l'elecció dels elements depèn sempre de l'aplicació i dels riscos que derivin de la mateixa.



Figura 2.18: Pulsador de validació i pulsador d'emergència

Font: (5)

Un cop implementats els dispositius, es procedeix a avaluar el nivell de seguretat requerit. En general, a les normes de tipus C, s'especifica el nivell de seguretat necessari per tipus concrets de màquines. El nivell de seguretat necessari ha de definir-se individualment per a cada funció de seguretat, i és vàlid per tots els components implicats.

No obstant, si no es disposa de norma C, el nivell de seguretat requerit es determina per les normes ISO 13849-1 i IEC 62061.

Aquest nivell es determina mitjançant el Performance Level (PL).

El nivell PL es determina a partir de tres variables:

Magnitud de la lesió:

- S1: Lleu
- S2: Greu

Freqüència d'exposició al risc:

- F1: Breu
- Alta

Possibilitat d'evitar el risc o de limitar els danys d'aquest:

P1: Possible

P2: Casi impossible

Un cop més, definir aquests valors pot ser subjectiu per lo que aquesta norma inclou taules i eines per ajudar al fabricant a determinar el valor d'aquestes variables.

Un cop es determina el valor de cada variable, s'obté el performance level requerit mitjançant la figura 2.19.

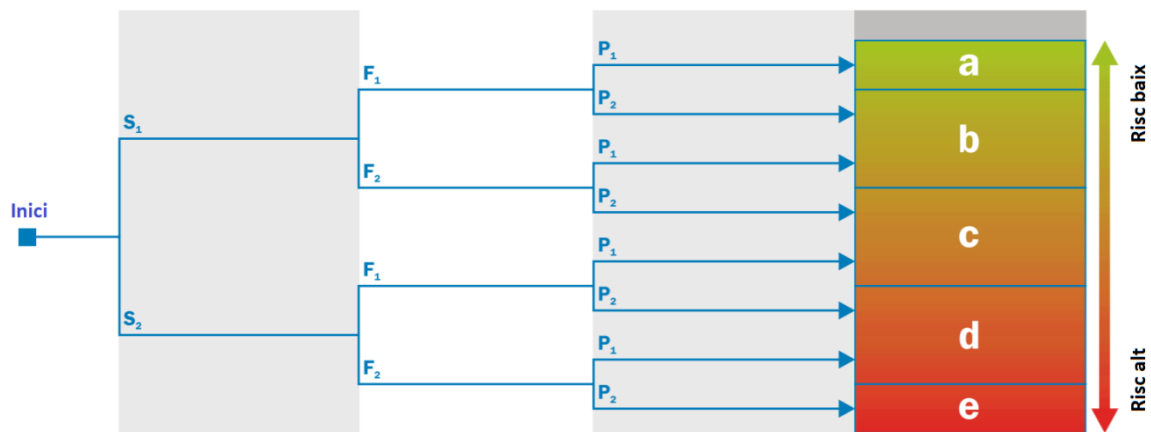


Figura 2.19: Diagrama de Performance Level

Font: (5)

Després de determinar el nivell de seguretat requerit, s'implementen totes les funcions de seguretat definides en aquest apartat, i es comprova que s'arribi al nivell PL requerit, en cas contrari, s'ha d'iterar el procés fins que aquesta condició es compleixi.

2.3.4 Informar dels riscos residuals als usuaris

En aquest punt és on es determinen les senyalitzacions necessàries per avisar als usuaris dels perills que no s'han pogut neutralitzar.

Aquest senyals poden ser acústics, visuals, o instruccions d'ús.



Figura 2.20: Senyalitzacions

Font: (5)

2.3.5 Validació general

En aquest últim pas del procés, és on res dur a terme una validació general del procés realitzat per a la validació de la màquina, on és revisen totes les mesures constructives, tècniques i organitzatives.

Un cop superat aquest pas, es pot considerar la màquina que s'ha dissenyat, és segura.

3. Objectius i especificacions tècniques

Com ja s'ha comentat en els apartats anteriors, l'objectiu final d'aquest projecte és proporcionar als futurs estudiants del Tecnocampus Mataró una eina més per a consolidar els seus coneixements teòrics tant de robòtica, automatització i d'altres assignatures impartides en el grau en enginyeria electrònica.

És per això que en aquest apartat s'estableixen una sèrie d'objectius que s'han considerat tant útils pel desenvolupament professional en el camp de l'enginyeria dels estudiants com assequibles partint de la base dels coneixements que s'assoleixen en el transcurs del grau.

3.1 Objectius

Tal i com s'ha pogut veure en l'apartat 2.3, les pràctiques de l'assignatura de robòtica han estat dissenyades per anar introduint nous conceptes, seguint una línia de desenvolupament clara. Des de la simulació del funcionament d'un braç robòtic seguint una trajectòria contínua, al desenvolupament i posta en marxa d'una aplicació de pick and place en el braç robòtic real de les aules. També cal tenir en compte els coneixements assolits pels estudiants en programació PLC en assignatures del grau, ja que ens permetran desenvolupar aplicacions més complertes.

És per això, que s'ha considerat que aquest projecte parteixi de les bases apreses en les altres pràctiques, i faci un pas més enllà per anar introduint coneixements de manera adequada.

D'acord amb el que s'acaba de comentar, el projecte hauria d'estar en línia amb els objectius apresos fins ara, que són els següents:

- Creació i utilització d'una eina
- Creació d'un entorn, en aquest cas el sòlid que el robot ha de resseguir
- Creació de rutes
- Simulació d'un sistema de funcionament continu amb dos braços robòtic en l'entorn Robot Studio
- Creació d'entrades i sortides digitals

- Utilització de les entrades i sortides digitals creades dins del mateix entorn Robot Studio
- Captura de punts amb el robot
- Programació d'accions en funció d'entrades externes (provinents del PLC)
- Posta en marxa d'una aplicació amb un robot real

Seguint amb aquesta línia, s'han proposat un objectius addicionals, els quals s'aprofitaran en el plantejament d'alternatives de solució, i els que finalment no siguin escollits, s'aprofitaran per les línies de desenvolupament futur.

Els conceptes proposats son:

- Control de les cintes de transport
- Superposició de moviments i trajectòries: Permetent, per exemple, aplicacions de pick and place combinats amb la cinta transportadora on el robot es sincronitza amb la cinta per tal d'agafar i deixar elements mentre aquesta esta en moviment
- Disseny de xarxes: Dissenyar una xarxa amb varis elements de la estació de treball per a entendre i aprendre com fer funcionar elements de diferents marques de manera conjunta, aprofitant les capacitats i les dades que generen individualment, tal i com es fa en les fàbriques reals
- Normativa i disseny de mesures de seguretat de màquines industrials
- Ús de sensors RFID

3.2 Especificacions tècniques generals

En aquest apartat s'exposaran les especificacions tècniques generals dels elements que componen l'estació de treball per tal de poder generar alternatives de solució d'acord amb el material que incorpora l'estació.

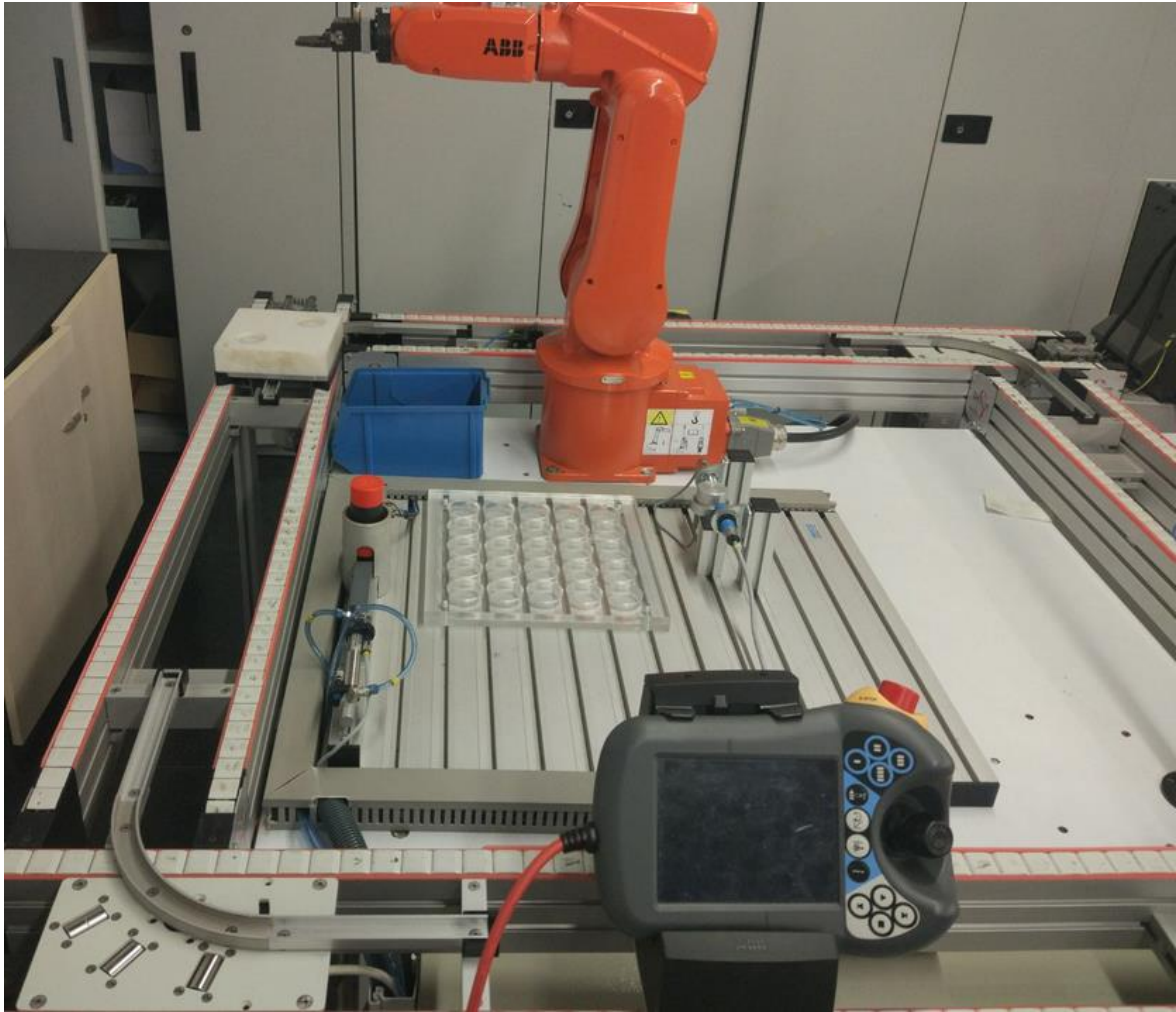


Figura 3.1: Estació de treball

Font: Elaboració pròpia

3.2.1 Braç robòtic IRB120

En aquest apartat s'exposaran les especificacions tècniques més rellevants del braç robòtic. Tota la informació d'aquest apartat s'ha extret del manual tècnic del robot IRB120. (6).

Descripció general

L'IRB120 és membre de la generació de robots industrials de 6 eixos d'ABB Robotics, esta dissenyat específicament per a tasques industrials de fabricació amb una automatització flexible, presentant una càrrega útil de 3 Kg, i grans possibilitats de comunicació.

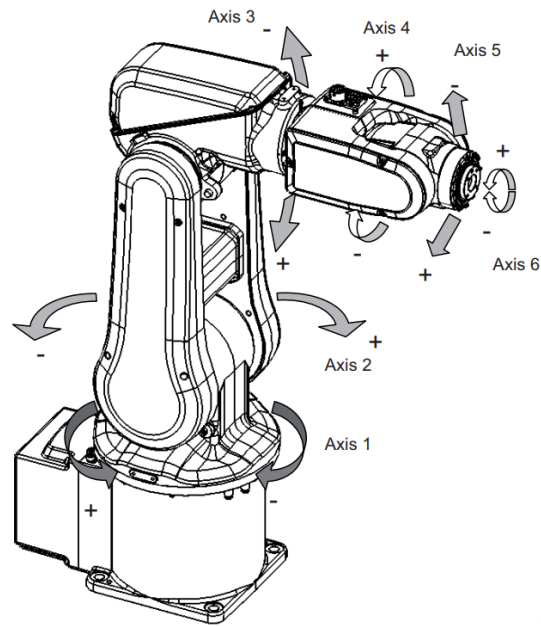


Figura 3.2: Braç robòtic IRB120

Font: (6)

Àrea de treball i limitacions de moviment del robot

A les següents figures es poden observar l'àrea de treball del robot, els seus angles de gir i les limitacions de moviment dels eixos.

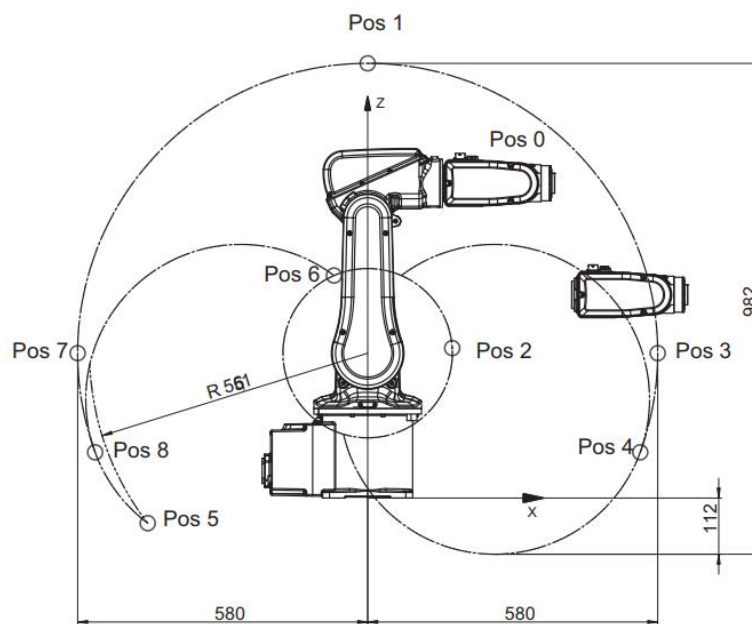


Figura 3.3: Àrea de treball del robot.

Font: (6)

Posició	Posició al centre del canell		Angle (graus)	
	X	Z	Eix 2	Eix 3
A	302 mm	630 mm	0°	0°
B	0 mm	870 mm	0°	-77°
C	169 mm	300 mm	0°	+70°
D	580 mm	270 mm	+90°	-77°
E	545 mm	91 mm	+110°	-77°
F	-440 mm	-50 mm	-110°	-110°
G	-67 mm	445 mm	-110°	+70°
H	-580 mm	270 mm	-90°	-77°
J	-545 mm	91 mm	-110°	-77°

Taula 3.1: Paràmetres de la figura 7.

Font: Elaboració pròpia a partir de (6)

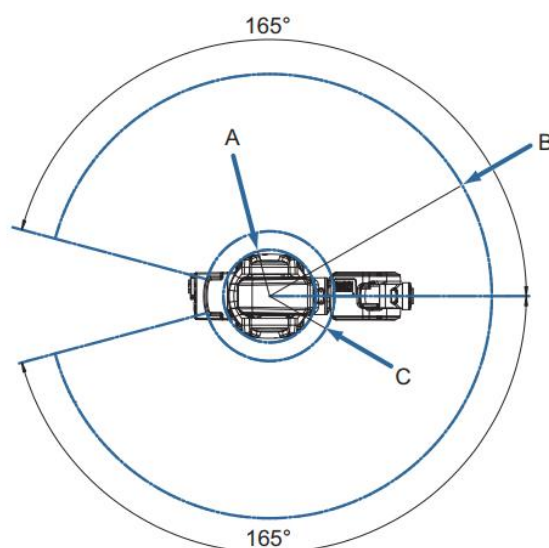


Figura 3.4: Radi de gir del robot

Font: (6)

Variant del robot	Pos. A	Pos. B	Pos. C
IRB 120-3/0.6	R121	R580	R169.4

Taula 3.2: Paràmetres de la figura 8.

Font: (6)

Ubicació del moviment	Tipo de moviment	Àrea de moviment
Eix 1	Moviment de rotació	De +165º a -165º
Eix 2	Moviment del braç	De +110º a -110º
Eix 3	Moviment del braç	De +70º a -110º
Eix 4	Moviment del canell	De +160º a -160º
Eix 5	Moviment del doblegat	De +120º a -120º
Eix 6	Moviment de rotació	De +400º a -400º

Taula 3.3: Limitació de moviment dels eixos.

Font: (6)

3.2.2 La controladora IRC5

En aquest apartat s'exposaran les especificacions tècniques de la controladora IRC5. Tota la informació d'aquest apartat s'ha extret del seu manual tècnic (7), que s'adjuntarà als annexos.

Descripció general

La controladora IRC5 del robot IRB120 és la que conté tots els elements electrònics necessaris per a controlar el braç robòtic, els eixos addicionals que s'hi puguin col·locar i equips perifèrics que s'hi puguin connectar. Aquest equip disposa d'un total de 40 ports destinats a entrades i sortides.



Figura 3.5: Controladora IRC5.

Font: (7)

Llenguatge de programació RAPID

El llenguatge de programació d'aquesta controladora, i per tant, el llenguatge amb el que haurem de programar el braç robòtic, és l'anomenat RAPID.

Segons descriu ABB en el seu manual (7), RAPID és un llenguatge de programació que combina simplicitat, flexibilitat i potència. Algunes de les seves característiques a continuació:

- Estructura de programa jeràrquica i modular, per permetre la programació estructurada i reutilitzar fragments de codi
- Inclou funcions i procediments
- Inclou la possibilitat de tenir dades o rutines globals i locals
- Noms de variables, E/S i rutines definides per l'usuari
- Gestió d'interrupcions
- Expressions aritmètiques i lògiques
- Instruccions definides per l'usuari
- Gestió d'errors

Durant el desenvolupament del projecte, es mostrarà tota la programació en RAPID per tal d'ampliar aquesta informació.

Per a més informació sobre RAPID, es pot consultar el seu manual (7).

3.2.3 Panell HMI Flex Pendant

El Flex Pendant es tracta del panell HMI que anirà connectat a la controladora IRC5 i ens permetrà portar el control del programa RAPID. Aquest panell ens permetrà tant fer un seguiment de la rutina del robot, com forçar entrades, ja siguin d'emergència o de control.

Totes les tasques de programació poden ser realitzades des del Flex Pendant, això permet fer petits ajustos del programa de manera ràpida, o capturar punts de manera senzilla al laboratori.



Taula 3.4: Botons Flex Pendant

Font pròpia a partir de (7)

Per a més informació del Flex Pendant, es pot consultar el seu manual (7).

3.2.4 El PLC CompactLogix L32E

Per tal de gestionar totes les entrades i sortides de l'estació de treball, així com els motors que controlen les seves cintes transportadores, s'hi va fer instal·lar un controlador lògic programable de Rockwell Automation, el CompactLogix L32E.

Descripció general

Com ja s'ha explicat anteriorment, aquest element és un controlador lògic programable, en concret, es tracta d'un CompactLogix de la família 5880.



Figura 3.6: CompactLogix L32E

Font: (8)

Aquest controlador inclou un port Ethernet integrat, que permet connectar altres dispositius a la controladora.

Per altre banda, no disposa de cap entrada ni sortida integrada, és per això que, al tractar-se d'un PLC modular, se li han d'afegir targetes d'entrades i sortides.

En concret, el PLC de la estació de treball, disposa de 6 targetes d'E/S.

Número de targetes	Tipus de targetes
3	16 entrades digitals a 24V
2	16 sortides digitals a 24V
1	16 sortides analògiques 4-20 mA

Taula 3.5: Targetes d'E/S del CompactLogix L32E

Font: Pròpia a partir de (8).

Llenguatges de programació del PLC

De la mateixa manera que la controladora del braç robòtic té el seu llenguatge de programació el PLC, de Rockwell Automation, disposa de 4 llenguatges de programació: el ladder, el diagrama de funcions seqüencials, el text estructurat i el diagrama de blocs de funcions.

En aquest projecte ens centrarem en el llenguatge ladder ja que és el que s'utilitza en les assignatures d'automatització i encara avui dia, és el més estès en la indústria.

3.2.5 Altres elements

Fora dels elements principals de l'estació de treball, també hi ha altres elements destinats a realitzar diferents simulacions amb la mateixa estació. Com aquests elements no són fixes en totes les aplicacions, s'enumeraran i se'n farà una petita descripció, i en cas de ser utilitzats en la solució final, se n'explicaran les seves especificacions tècniques en el primer apartat del capítol 7, viabilitat tècnica.

Motors de Rotor NL

L'estació de treball disposa de 4 motors asíncrons de Rotor NL que permeten el moviment de les cintes de transport col·locades al voltant de l'estació de treball.

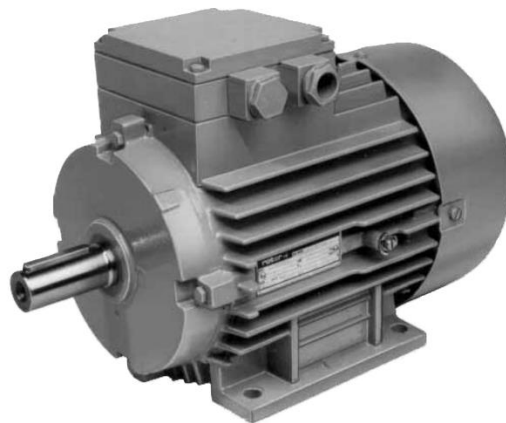


Figura 3.7: Motors de Rotor NL

Font: (9)

Variadors de freqüència d'Omron

Per al control dels motors anteriorment esmentats, es disposa d'un variador de freqüència 3G3EV d'Omron, que permet controlar la posició i la velocitat.



Figura 3.8: Variador de freqüència 3G3EV

Font: (10)

El dispensador de peces

Es tracta d'un dispensador de peces capaç d'emmagatzemar fins a 10 peces cilíndriques. El dispensador té un sensor de final de carrera per detectar si ha expulsat la peça correctament, i un actuator encarregat d'empentar les peces.



Figura 3.9: Dispensador de peces

Font: Elaboració pròpia

Matriu d'emmagatzematge

L'estació de treball disposa d'una matriu d'emmagatzematge de peces de la mida de les peces, per tal de poder utilitzar-la en qualsevol aplicació. Es pot observar la matriu a la figura següent.



Figura 3.10: Matriu d'emmagatzematge

Font: Elaboració pròpia

4. Generació i plantejament de possibles alternatives de solució

Seguidament, tenint en compte les pràctiques que es realitzen a l'escola, exposades en l'apartat 2.2 juntament amb el material disponible, explicat en l'apartat 3.2, i els objectius de l'apartat 3.1, es generaran diferents alternatives de solució i posteriorment s'analitzaran en l'apartat 5 amb el fi de trobar la solució que més encaixi. Les alternatives que no siguin escollides es consideraran com a línies de desenvolupament futur per a altres projectes.

Totes les alternatives que es mostraran a continuació són resultat d'un filtratge d'una llista més gran d'opcions, on s'ha tingut en compte l'interès personal, l'interès del tutor, que no es fessin actualment a l'assignatura, i que tinguem tot, o gairebé tot el material per a realitzar-les.

4.1 Estudi de la seguretat d'una aplicació

Estudiar el marc legal al voltant de l'aplicació de la tercera pràctica, esmentada en l'apartat 2.2, on s'avaluïn els riscos d'aquesta aplicació i es dissenyin els sistemes de seguretat pertinents d'acord amb la normativa vigent.

Coneixements addicionals a les pràctiques actuals:

- Normativa i disseny de mesures de seguretat de màquines industrials

4.2 Aplicació amb cinta de transport i superposició de moviments

Es tracta de desenvolupar una aplicació de pick and place on intervinguin les cintes de transport. S'haurà de demostrar també que el braç robòtic és capaç de sincronitzar-se amb el moviment de la cinta de transport, recollint i deixant objectes mentre aquesta es mou.

D'aquesta manera, s'espera que aquesta solució porti els següents coneixements:

- Control de les cintes de transport
- Superposició de moviments i trajectòries: Permetent, per exemple, aplicacions de pick and place combinats amb la cinta transportadora on el robot es sincronitza amb la cinta per tal d'agafar i deixar elements mentre aquesta esta en moviment

4.3 Aplicació amb sensor RFID

L'objectiu d'aquesta aplicació es realitzar una aplicació amb el braç robòtic amb un sensor RFID, que basi el seu funcionament en la comunicació entre el braç robòtic i el PLC. S'haurà de dissenyar també la xarxa i les comunicacions de tots els elements necessaris per a l'aplicació

- Dissenyar una xarxa amb varis elements de la estació de treball per a entendre i aprendre com fer funcionar elements de diferents marques de manera conjunta, aprofitant les capacitats i les dades que generen individualment, tal i com es fa a la realitat.
- Ús de sensors RFID

5. Selecció de l'alternativa més adequada

En aquest aparta es seleccionerà l'alternativa més adequada.

5.1 Paràmetre de selecció

Com la proposta d'alternatives de solució ja s'ha fet en funció dels objectius del projecte, i també han entrat en joc variables com l'interès personal, o la viabilitat general de les propostes, el paràmetre decisor serà purament l'interès dels alumnes que hagin de dur a terme aquesta assignatura en els propers anys, que serà valorat de l'1 al 10 en una petita enquesta.

Donada el petit volum d'alumnes que normalment hi ha inscrit en l'assignatura de robòtica, considerarem que amb una participació de més de 20 persones ja aconseguirem un resultat representatiu. No obstant, si cap de les propostes aconseguix una puntuació mitja superior a 6, no es donaran com a vàlides degut al baix interès per part dels alumnes.

Evidentment, la proposta escollida també requerirà el vistiplau del professor que imparteix les pràctiques de robòtica, Joan Triadó, tutor d'aquest projecte.

5.2 Recollida de dades

Per a la recollida de dades, s'ha creat una enquesta amb una breu explicació per posar en context als alumnes, així com una petita explicació de cada proposta.

L'enquesta es poden trobar en l'annex 2.

5.3 Resultats

Un cop completat el procés, s'han recollit 33 resultats en les enquestes. En aquest apartat se'n mostrarà els resultats

Proposta 1: Estudi de la seguretat d'una aplicació

La primera proposta ha obtinguts els següents resultats:



Figura 5.1: Resultats proposta 1

Amb una puntuació mitja de 2.4 punts.

Proposta 2: Aplicació amb cinta de transport i superposició de moviments

La segona proposta ha obtingut els següents resultats:

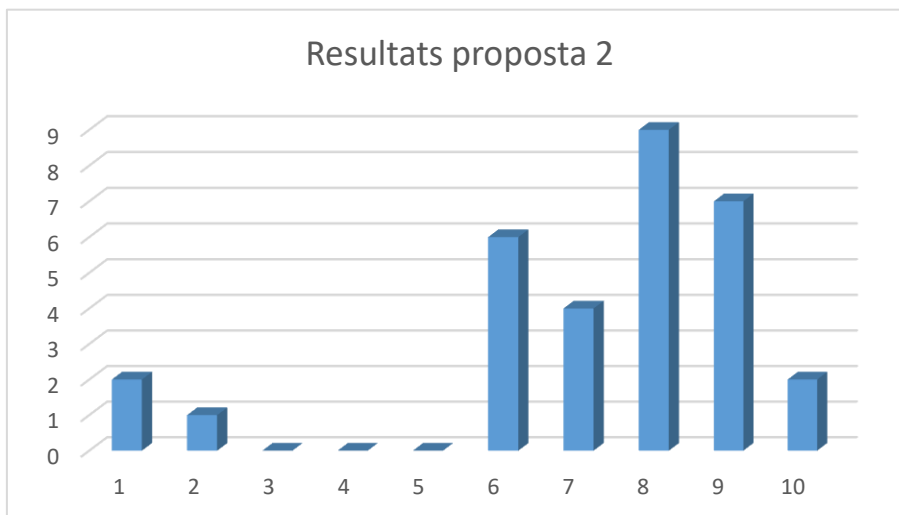


Figura 5.2: Resultats proposta 2

Font: Elaboració pròpia

Amb una mitja de 7.2 punts.

Proposta 3: Aplicació amb sensor RFID

La tercera proposta ha obtingut els següents resultats:

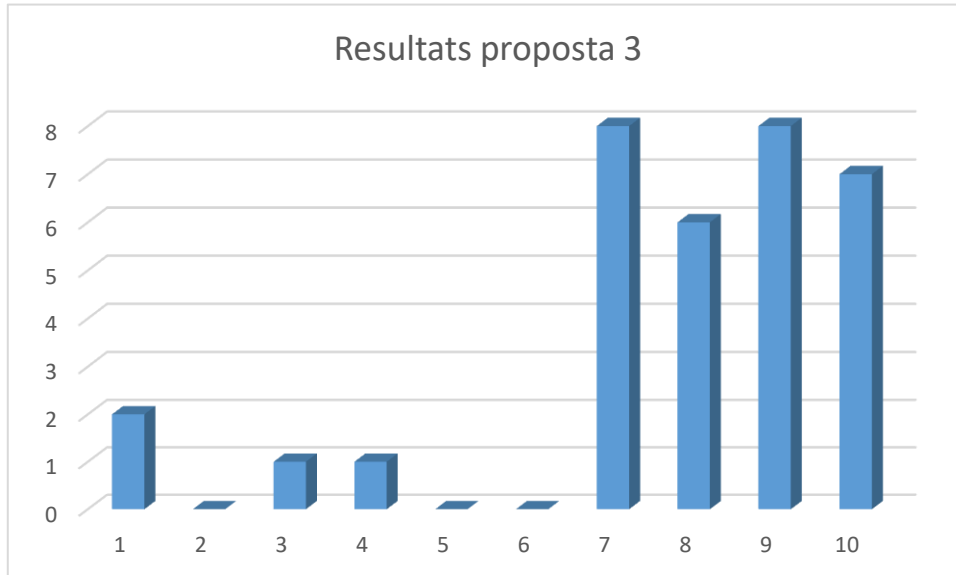


Figura 5.3: Resultats proposta 3

Font: Elaboració pròpia

Amb una mitja de 7.7 punts.

Selecció de la proposta:

Degut a aquests resultats, es selecciona la proposta 3, que consisteix en el desenvolupament d'una aplicació amb el braç robòtic conjuntament amb un sensor RFID. Amb una mitja de 7.7 es considera que aquesta pràctica serà prou interessant per a la majoria d'estudiants.

6. Anàlisi de viabilitat

6.1 Viabilitat tècnica

En aquest apartat es demostrarà la viabilitat tècnica de la solució. Degut a que aquesta pràctica serà una extensió de la pràctica 3 de l'assignatura, mencionada en els antecedents, només es treballaran els elements que han canviat respecte aquesta, ja que la realització de la pràctica 3 és la prova de que es tècnicament viable.

Els únics factors que varien respecte la pràctica 3, i que poden limitar l'aplicació, són el nombre d'entrades sortides i les limitacions del sensor RFID pel que fa a velocitat de lectura, distancia de lectura i capacitat dels TAGS RFID.

6.1.1 Entrades i sortides de l'aplicació

En aquest apartat es determinarà si els equips actualment disponibles tenen la capacitat suficient, pel que fa a entrades i sortides, per poder realitzar aquesta proposta de pràctica. En cas contrari, s'haurà d'ajustar la pràctica o adquirir nou material.

Pel que fa a limitacions d'entrades i sortides, en aquest apartat s'han de tenir en compte tant les entrades i sortides del PLC, com les entrades i sortides de la controladora IRC50.

Tal i com s'ha mostrat en les especificacions tècniques, els equips que actualment hi ha a l'estació de treball tenen les següents entrades/sortides:

Equip:	Nº entrades	Nº sortides
PLC	48	32
IRC5	20	20

Taula 6.1: Entrades i sortides disponibles

Font: Elaboració pròpia

Tenint en compte que el PLC i la controladora del braç robòtic es comunicaran a partir d'entrades sortides, i després de realitzar un estudi previ de la solució, s'ha determinat que seran necessàries el següent nombre d'entrades/sortides:

Equip:	Nº entrades:	Nº sortides:
PLC	3	5
IRC5	5	3

Taula 6.2: Nombre d'entrades requerides

Font: Elaboració pròpia

Així doncs, queda demostrat que no és necessari ni reduir el nombre d'entrades sortides requerides per l'aplicació ni adquirir nou material.

6.1.2 Especificacions equips RFID

En aquest apartat es detallaran les limitacions dels equips RFID. Per a aquest projecte, el que s'ha de tenir en compte són els següents punts:

- Distància de lectura
- Capacitat d'escriptura

També podríem tenir en compte la capacitat del lector per llegir un tag que passa a certa velocitat per damunt seu, no obstant, en aquesta aplicació no és necessari llegir tags en moviment.

Distància de lectura:

Per a determinar la distància màxima de lectura, s'ha utilitzat un software, cortesia del fabricant, Rockwell Automation, que permet reproduir escenaris de lectura.

En les següents imatges es pot observar com a una distància de 124,5 mm, el tag encara esta en la zona de lectura segura. Encara que en aquest projecte no serà necessari, cal tenir en compte que el lector també seria capaç de llegir el tag estant en perpendicular, no és necessari que es trobin paral·lels l'un amb l'altre.

Donat que les peces que s'utilitzaran tenen un gruix de 60 mm, el lector serà capaç de llegir el tag sense dificultats, ja que posant la peça pel mig, el tag segueix estant en la zona de lectura segura.

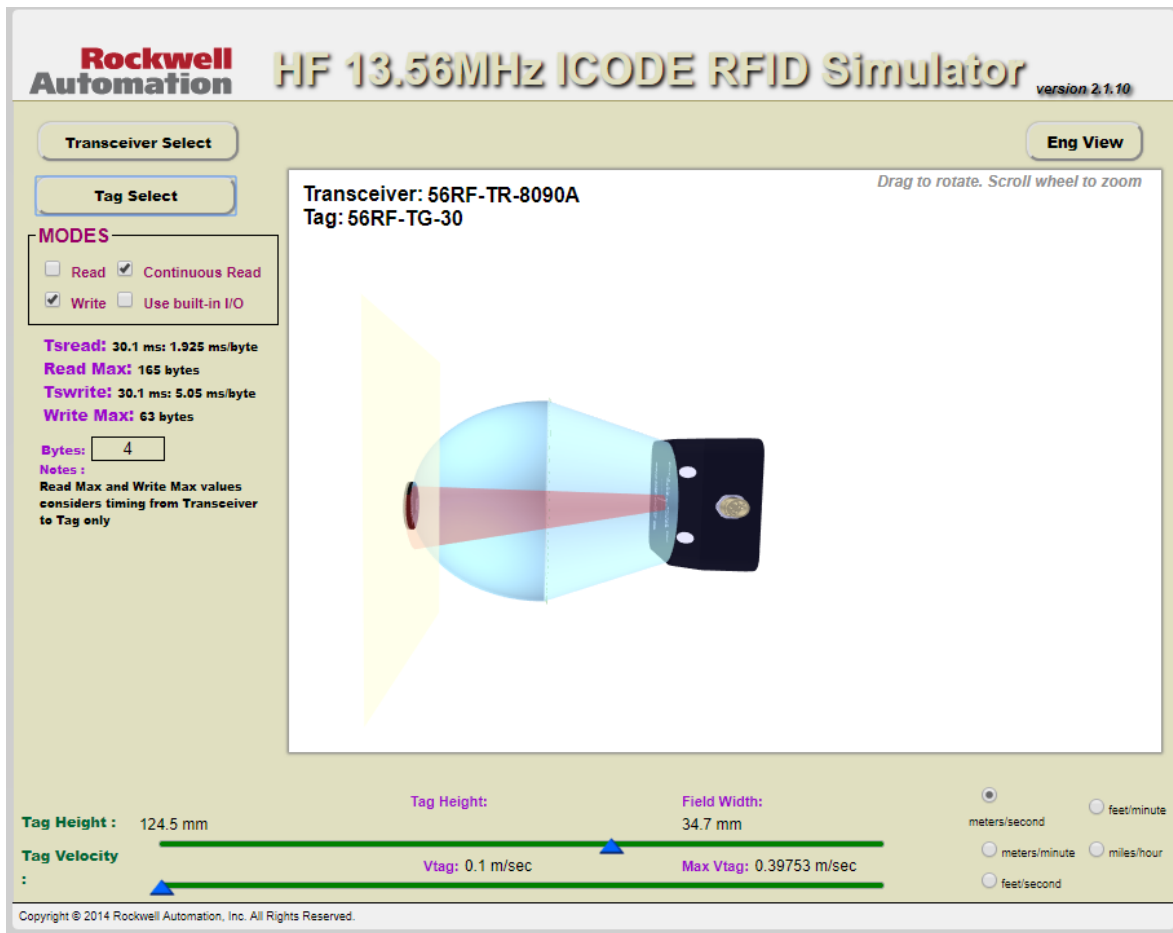


Figura 6.1: RFID Simulator

Font: Elaboració pròpia

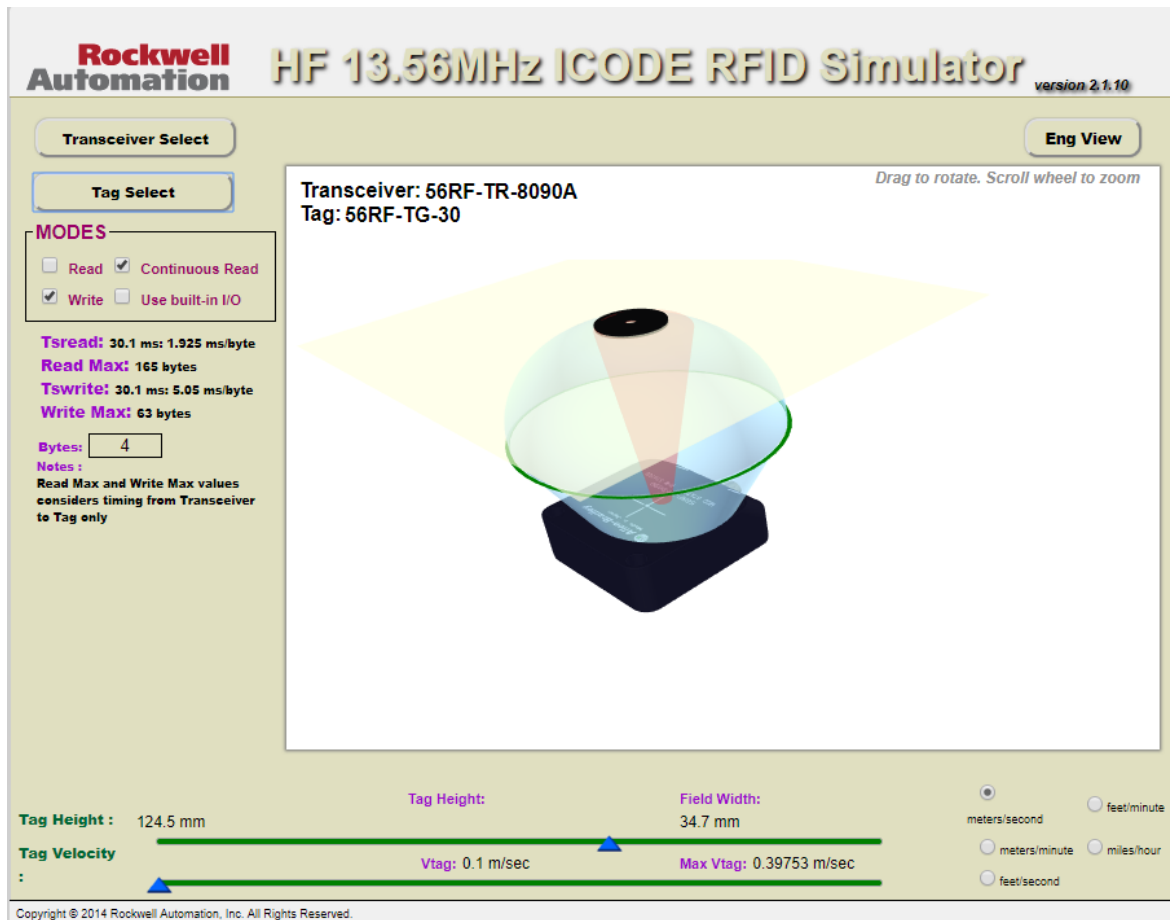


Figura 6.2: RFID Simulator

Font: Elaboració pròpia

Capacitat d'escriptura:

En aquest projecte només necessitem escriure una lletra per tag. Tenint en compte que cada lletra ocupa un Byte, amb la capacitat de 165 bytes que podem veure a la figura 6.2, en tenim més que suficient.

6.2 Viabilitat mediambiental

Aquest és un projecte on majoritàriament es programarà un software i es farà servir en terminals ja construïts i manufacturats per empreses especialitzades, en les quals ja s'ha fet prèviament un estudi sobre aquest tema. Hi ha molts altres factors que no s'han tingut en compte perquè el projecte s'ha implementat al laboratori de la universitat, per tant no hi ha cap mena de construcció o edificació la qual pugui provocar algun tipus d'impacte o afectar al medi ambient.

L'impacte ambiental d'aquest projecte és bastant reduït ja que es tracta d'un projecte de recerca i programació, més que orientat a la producció a gran escala.

7. Descripció de la solució

En aquest apartat es descriurà l'aplicació que ha de desenvolupar. Aquest apartat servirà també d'enunciat per als estudiants que realitzin la pràctica, és per això que s'explicaran també els objectius que persegueix el desenvolupament de la mateixa.

7.1 Enunciat

En aquesta pràctica es treballarà amb el braç robòtic i amb el PLC conjuntament, tal li com s'ha fet en la pràctica 3. També s'hi afegirà un nou component, un sensor RFID que es connectarà al PLC mitjançant connexió Ethernet.

Els objectius principals d'aquesta pràctica són els següents

- Treballar amb més profunditat la interconnexió de sistemes per al seu funcionament com a conjunt
- Conèixer el funcionament de la tecnologia RFID, i aprendre a programar-la
- Desenvolupar un software més complex i semblant a lo que podria ser una aplicació industrial real

Prèviament a la posta en marxa del robot, s'equiparan les peces cilíndriques del dispensador amb unes etiquetes RFID, a les quals se'ls hi escriurà una lletra.

L'aplicació començarà amb l'usuari seleccionant una paraula preprogramada des del Flex Pendant, un cop seleccionada, el braç robòtic haurà d'anar agafant les peces del dispensador i les haurà d'anar col·locant ordenadament per tal de que la paraula escollida per l'usuari es pugui llegir. Les "lletres", seran les peces cilíndriques etiquetades.

Un cop definida quina serà l'aplicació, s'han establert una sèrie d'especificacions tècniques que ha de complir l'aplicació desenvolupada per l'estudiant.

- El robot haurà de poder identificar les peces segons quina lletra hi hagi escrita a la seva etiqueta

- El robot haurà de ser capaç de distribuir les peces a la matriu d'emmagatzematge en funció de la paraula escollida, i tenint en compte que les peces no estaran ordenades en el dispensador de peces.
- El robot haurà de ser capaç de descartar les peces que no necessita, independentment de si la lletra no apareix a la paraula o si aquella lletra ja ha estat col·locada i esta repetida.
- L'aplicació haurà de tenir com a mínim opció de seleccionar dues paraules amb un mínim de tres lletres cadascuna.

Per a realitzar aquesta pràctica s'espera que l'estudiant tingui els coneixements impartits fins ara durant el grau, els més importants són els següents:

- Programació ladder
- Programació RAPID
- Funcionament de Robot Studio

7.2 Descripció i connexió de Hardware

En aquest apartat s'exposarà tot el Hardware necessari per la seva aplicació, així com el seu connexionat, per tal de que l'estudiant pugui realitzar la pràctica sense necessitat d'haver de comprovar-lo físicament.

7.2.1 Descripció del hardware

En la taula següent es poden observar tots els elements necessaris per a la realització de la pràctica.

Quantitat	Fabricant	Referència	Descripció
1	Rockwell	1769-ECRK	Tapa final de bus de CompactLogix
1	Rockwell	1769-L32EK	CompactLogix EtherNet Controller , 750k Memory
1	Rockwell	1769-IQ16	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module
1	Rockwell	1769-OV16	16 Point 24 VDC Sinking Output Module
1	Rockwell	56RF-IN-IPD22	Capçal per connectar el sensor RFID
1	Rockwell	56RF-TR-8090	Sensor RFID
10	Rockwell	56RF-TG-50	Tag RFID
1	Omron	S82K-10024	Font d'alimentació 4.2A 100W 80% 24V
1	ABB	IRB120 m2004	Braç robòtic
1	ABB	IRC5 M2004	Controladora Braç Robòtic
1	ABB	Flex Pendant	Pantalla d'usuari FlexPendant

Taula 7.1: Hardware de l'aplicació

Font: Elaboració pròpia

En la taula 7.1 es contempla que entre el material necessari només hi ha 16 entrades i 16 sortides en el PLC. Tot i que el laboratori disposa de més targetes, s'ha considerat que per a solucionar aquesta pràctica, aquestes entrades/sortides són més que suficients.

7.2.2 Connexionat del Hardware

Els elements que formen l'equip d'aquesta pràctica estan connectats de la següent manera:

Tant el Flex pendant com el braç robòtic IRB120, estan connectats a la controladora IRC5 a partir de les seves connexions de sèrie.

El sensor RFID esta connectat al Compact Logix mitjançant connexió Ethernet.

La connexió de la controladora IRC5 i el PLC Compact Logix esta fet a través de les entrades sortides directament, és a dir, algunes de les entrades del Compact Logix estan connectades amb les sortides del IRC5, i a l'inrevés.

En la següent imatge es poden observar els elements principals de la pràctica i un mapa conceptual de les seves connexions.

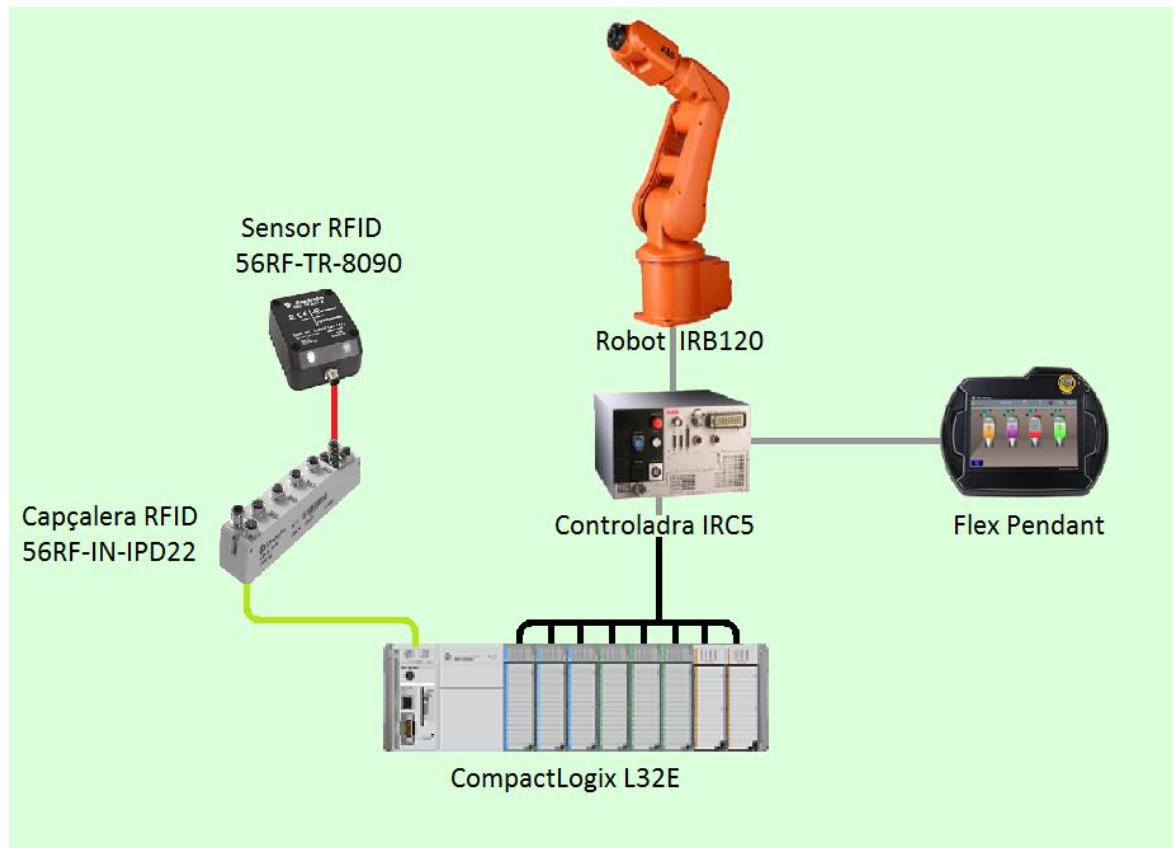


Figura 7.1: Arquitectura del projecte

Font: Pròpia a partir de (6), (7) i (8).

8. Guies de funcionament

En aquest apartat s'exposaran tots els coneixements que es creuen necessaris per a desenvolupar el projecte, que els estudiants no hagin tingut l'oportunitat d'adquirir durant el grau, és a dir, la informació específica sobre el sensor RFID, que no han tingut l'oportunitat d'utilitzar durant el grau.

8.1.1 El sensor RFID

En aquest apartat s'estudiarà com fer funcionar la tecnologia RFID adaptada en aquest projecte.

El material que necessitarem per poder configurar el sensor i completar aquest apartat amb èxit és:

- CPU: CompactLogix L32E
- Capçalera: 56RF-IN-IPD22
- Sensor RFID: 56RF-TR-8090
- Tag RFID

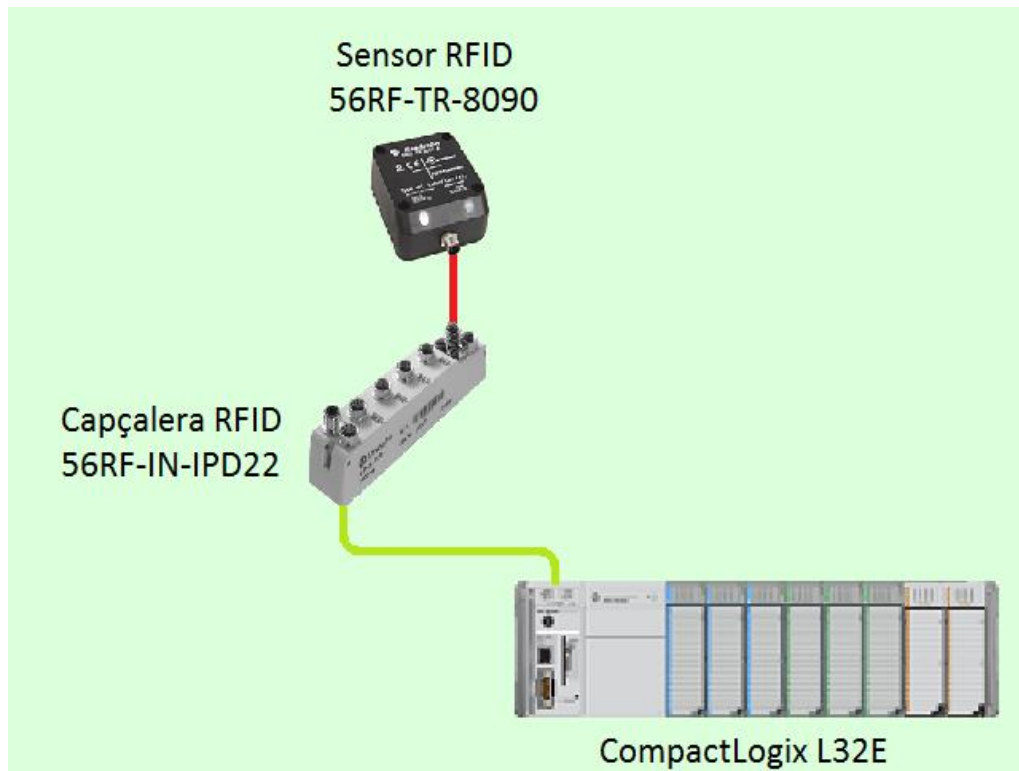


Figura 8.1: Connexió entre el PLC i el sensor RFID

Font: Elaboració pròpia

Declaració del Hardware

El primer pas es declarar el hardware en el projecte del PLC. Cal destacar que només haurem de declarar la capçalera, ja que aquesta es la que ens permetrà configurar el funcionament del sensor. Pel que fa al sensor, simplement haurà d'anar connectat a la capçalera físicament.

Dins l'organitzador de la controladora, es pot observar que a la part inferior hi ha una carpeta de "I/O Configuration".

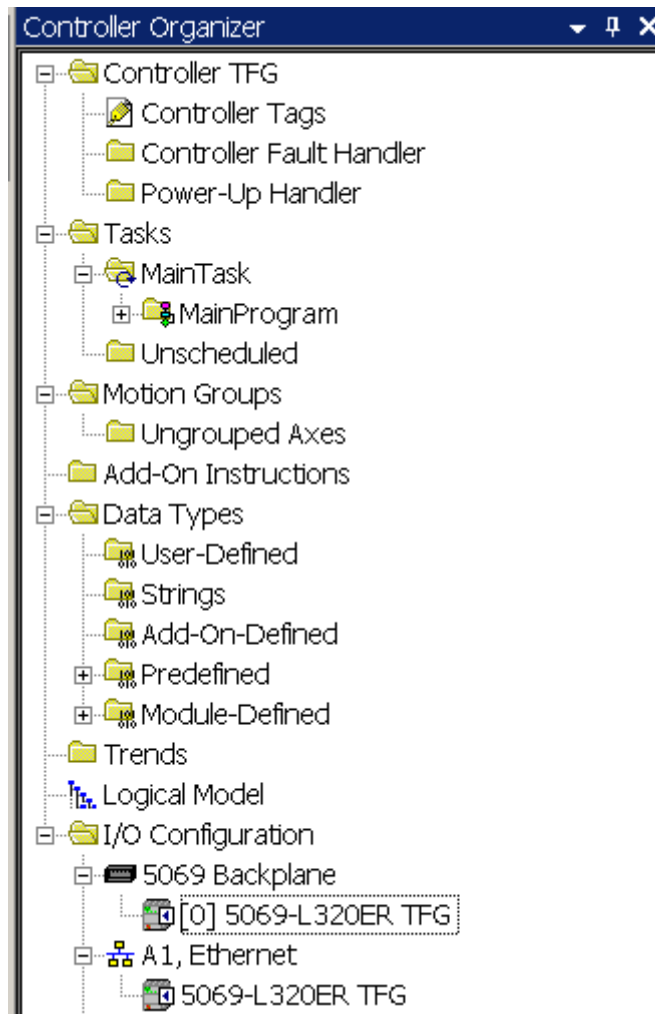


Figura 8.2: Organitzador del controlador

Font: Elaboració pròpia

Tal i com s'ha explicat anteriorment, la capçalera va connectada a la CPU mitjançant el seu port ethernet, per tant, és allà on s'ha de declarar el mòdul.

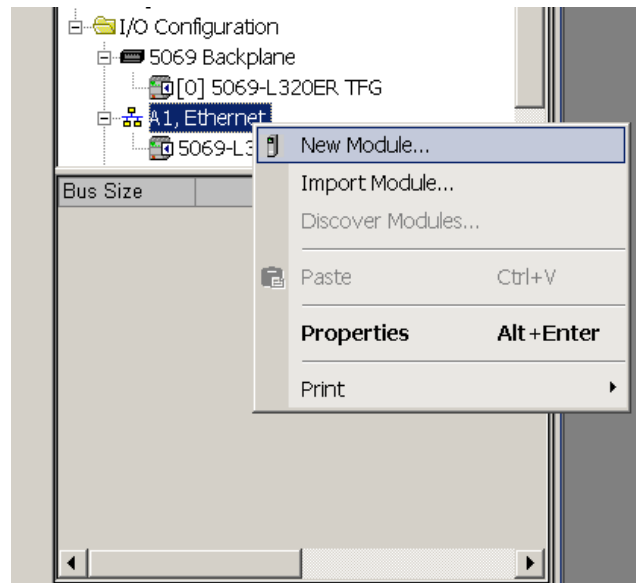


Figura 8.3: Creació de mòdul

Font: Elaboració pròpia

Un cop seleccionat “New Module”, introduïm la referència de la capçalera dins el filtre i seleccionem la capçalera “56RF-IN-IPD22”

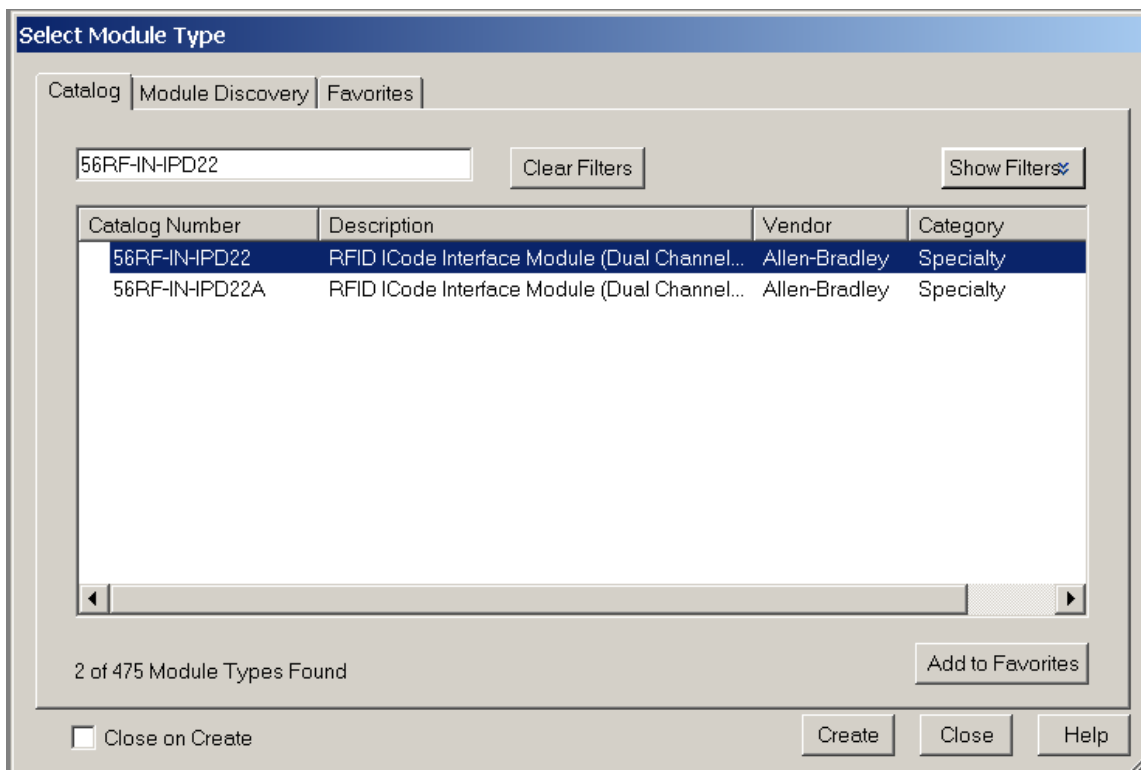


Figura 8.4: Selector de mòdul

Font: Elaboració pròpia

Un cop creem el mòdul, ens apareixerà una finestra on haurem d'introduir el nom que li volem donar al seu mòdul, així com la seva adreça IP. No serà necessari que hi canviem res més.

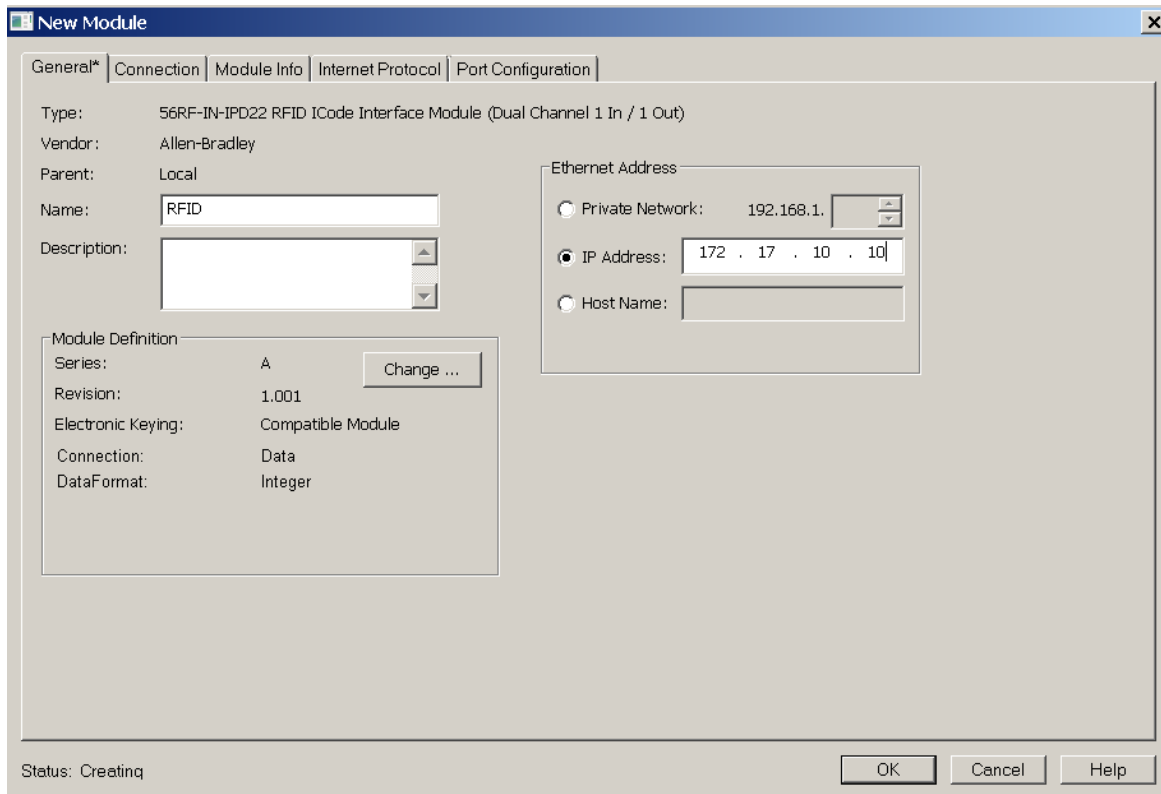


Figura 8.5: Creació de mòdul

Font: Elaboració pròpia

Si s'han realitzat aquests passos correctament, podem veure com aquest mòdul ha aparegut en l'organitzador de la controladora.

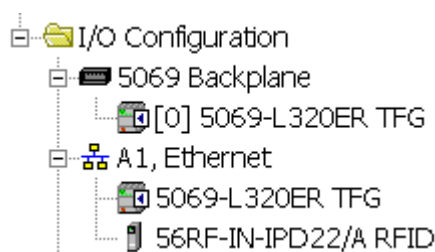


Figura 8.6: I/O Configuration

Font: Elaboració pròpia

Un cop ens aparegui, ja hem acabat de definir el hardware. Ara apareixeran a “Controler_tags”, els tags relacionats amb la capçalera RFID, que és el que ens permetra configurar-la per poder llegir i escriure en un tag.

Configuració per a lectura i escriptura:

Hi ha molts mètodes de configurar aquest dispositiu, degut a la naturalesa d'aquest projecte, en aquest apartat es configuraran les opcions “Read byte command” i “Write byte command”

Per activar aquests comandaments s’ha d’accedir als tags del controlador, tal i com es veu a la figura x:

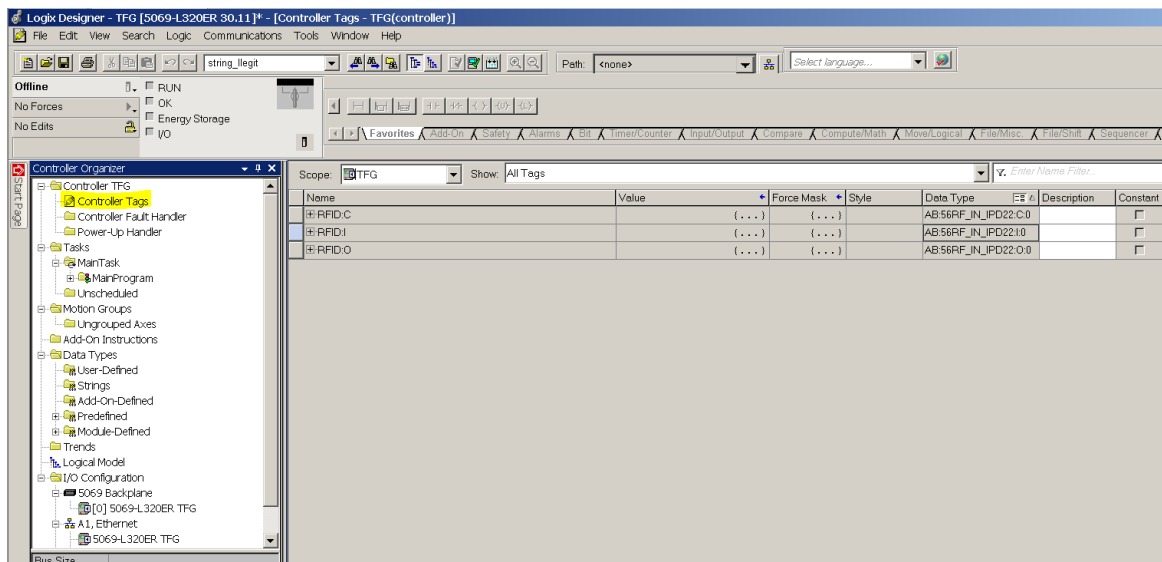


Figura 8.7: Controller tags

Font: Elaboració pròpia

Després, hem d’accedir als inputs del RFID i configurar-los de la següent manera:

Per “Read byte command”:

- xx:O.Channel[0].Command = 4
- xx:O.Channel[0].Address = starting address to read
- xx:O.Channel[0].BlockSize = 0

- d. `xx:O.Channel[0].Data[0] = 1`
- e. `xx:O.Channel[0].Length = 1`
- f. `xx:O.Channel[0].Reset = 0`
- g. `xx:O.Channel[0].Timeout = 0`
- h. `xx:O.Channel[0].UIDLow = 0`
- i. `xx:O.Channel[0].UIDHi = 0`

Configurant-lo d'aquesta manera, el PLC activarà un “flag” al llegir correctament un tag.

Per “Write byte command”:

- a. `xx:O.Channel[0].Command = 14`
- b. `xx:O.Channel[0].Address = 0`
- c. `xx:O.Channel[0].BlockSize = 0`
- d. `xx:O.Channel[0].Data[0...111] = [La lletra que es vulgui escriure]`
- e. `xx:O.Channel[0].Length = 1`
- f. `xx:O.Channel[0].Reset = 0`
- g. `xx:O.Channel[0].Timeout = 0`
- h. `xx:O.Channel[0].UIDLow = 0`
- i. `xx:O.Channel[0].UIDHi = 0`

Amb aquest comandament, el PLC escriurà la llera escollida a tot tag que posem davant el sensor RFID.

9. Desenvolupament de la solució

En aquest apartat es desenvoluparà tota la solució tècnica, el que podria ser una de les solucions a la pràctica proposada. S'inclourà l'algorisme que s'ha seguit per al desenvolupament de la solució, així com un algorisme del funcionament del braç robòtic i del PLC, amb l'explicació detallada de tota la programació.

9.1 Disseny de l'aplicació

Per a l'explicació del disseny de l'aplicació, s'ha decidit representar l'algorisme de manera gràfica. Aquest algorisme ens permetrà després extreure'n dos per separat, un pel robot i un altre pel PLC.



Figura 9.1: Algorisme aplicació

Font: Elaboració pròpia

9.2 Disseny i desenvolupament Software PLC

En aquest apartat es definirà l'algorisme que ha de seguir el seu PLC, així com el desenvolupament del seu programa.

9.2.1 Algorisme PLC

A partir de l'algorisme de la figura 9.1, extraiem l'algorisme de la figura 9.2.

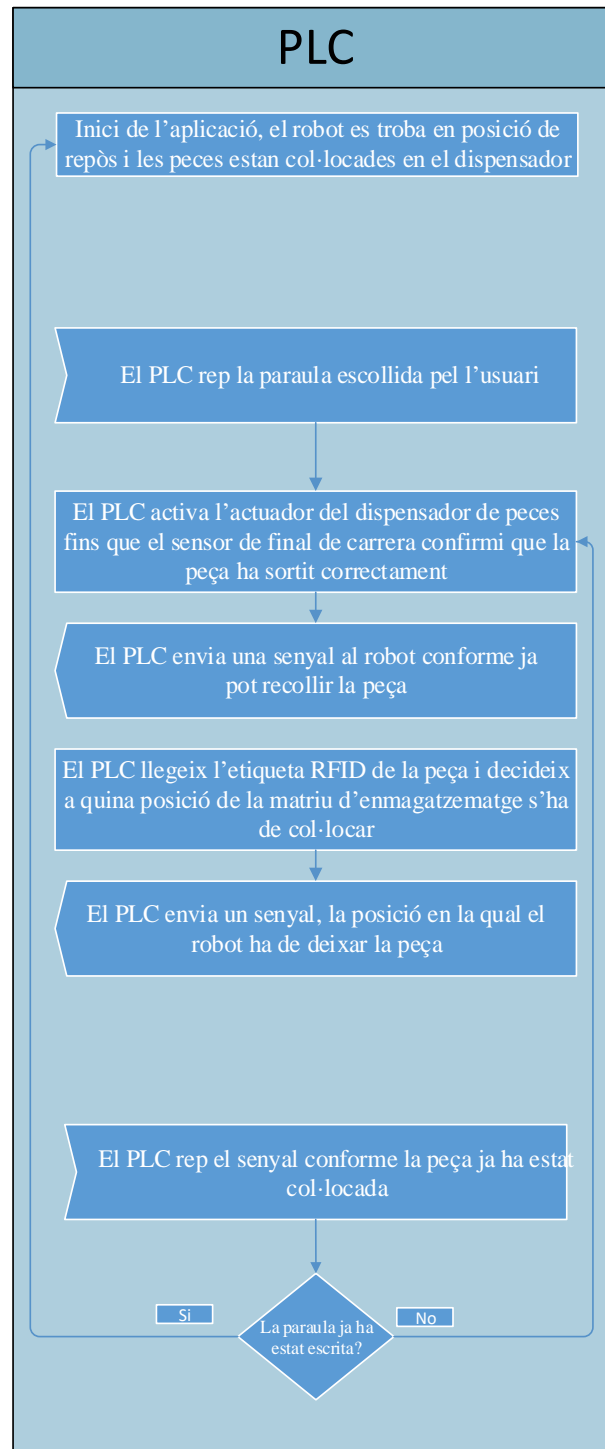


Figura 9.2: Algorisme PLC

Font: Elaboració pròpia

Aquest algorisme ens permet treballar el software del PLC independentment del braç robòtic, d'aquesta manera el problema queda simplificat i també permetrà als estudiants repartir-se la feina.

Tot i que l'algorisme ja deixa clar el funcionament del software del PLC, s'ha elaborat un grafcet ja que és el mètode que s'utilitza en les aules del Tecnocampus.

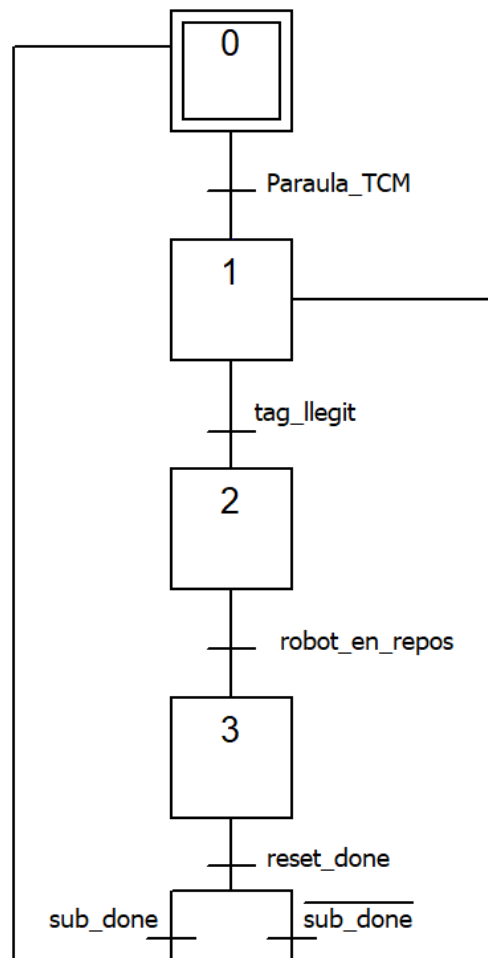


Figura 9.3: Grafcet

Font: Elaboració pròpia

9.2.2 Declaració de variables PLC

En aquest apartat es definiran totes les variables que s'utilitzaran en la programació del PLC, així com la seva descripció, i el tipus de variable.

També s'inclourà una columna on s'indicarà si la variable és interna (simulada, que no prové d'una entrada ni activa cap sortida real) o externa.

Nom tag	Descripció tag	Tipus(intern/extern)	Tipus(bool/int)
Etapa0	Tag que defineix l'etapa 0 del grafcet.	Intern	BOOL
Etapa1	Tag que defineix l'etapa 1 del grafcet.	Intern	BOOL
Etapa2	Tag que defineix l'etapa 2 del grafcet.	Intern	BOOL
Etapa3	Tag que defineix l'etapa 3 del grafcet.	Intern	BOOL
T	Tag que conté una lletra "T"	Intern	String
C	Tag que conté una lletra "C"	Intern	String
M	Tag que conté la lletra "M"	Intern	String
R	Tag que conté la lletra "R"	Intern	String
G	Tag que conté la lletra "G"	Intern	String
L1	Variable que indica quina és la primera lletra de la paraula escollida	Intern	String
L2	Variable que indica quina és la segona lletra de la paraula escollida	Intern	String
L3	Variable que indica quina és la tercera lletra de la paraula	Intern	String

Nom tag	Descripció tag	Tipus(intern/extern)	Tipus(bool/int)
Lletra_colocada [1]	Tag que indica si la primera lletra ha estat col·locada.	Intern	BOOL
Lletra_colocada [2]	Tag que indica si la segona lletra ha estat col·locada.	Intern	BOOL
Lletra_colocada [3]	Tag que indica si la tercera lletra ha estat col·locada.	Intern	BOOL
Calcul_posicio	Tag de control de la subrutina que realitza el càlcul de posició	Intern	BOOL
Reset_done	Tag que indica que el reset de les posicions ja ha estat realitzat	Intern	BOOL
Sub_done	Tag que indica que la paraula ja ha estat escrita, i per tant, la subrutina ja ha acabat la seva feina	Intern	BOOL
Paraula_TCM	Tag que indica que la paraula escollida ha sigut "TCM"	Extern, Input	BOOL
Paraula_CRG	Tag que indica que la paraula escollida ha sigut "CRG"	Extern, Input	BOOL
Tag_llegit	Tag que indica que l'etiqueta RFID ha estat llegida correctament	Extern, Input	BOOL

Nom tag	Descripció tag	Tipus(intern/extern)	Tipus(bool/int)
String_llegit	Tag que conté l'informació llegida de l'etiqueta	Extern, Input	String
Robot_en_repos	Tag que indica que el robot esta en repòs	Extern, Input	BOOL
FC	Tag que indica que el final de carrera del dispensador esta activat	Extern, Input	BOOL
Dispensador	Tag que activa el dispensador	Extern, Output	BOOL
Posicio_1	Tag que indica en quina posició s'ha de deixar la peça (1x1 en la matriu)	Extern, Output	BOOL
Posicio_2	Tag que indica en quina posició s'ha de deixar la peça (1x3 en la matriu)	Extern, Output	BOOL
Posicio_3	Tag que indica en quina posició s'ha de deixar la peça (1x3 en la matriu)	Extern, Output	BOOL
Posicio_Waste	Tag que indica en quina posició s'ha de deixar la peça (zona de peces descartades)	Extern, Output	BOOL

Taula 9.1: Declaració variables PLC

Font: Elaboració pròpia

Hi ha altres senyals que no estan cablejats, sinó que es comuniquen per xarxa:

Provenen de:	Dirigides a:	Tipus de xarxa:	Tag	Descripció
Lector RFID	PLC	Ethernet	string_llegit	Contingut de l'etiqueta llegida pel sensor RFID
Lector RFID	PLC	Ethernet	tag_llegit	Flanc conforme s'ha llegit el tag

Taula 9.2: Senyals provinents de la xarxa

Font: Elaboració pròpia

9.2.3 Software PLC

Per al desenvolupament del software del PLC, s'han creat dues rutines, per tal de separar conceptes.

La primera i principal rutina, "Main Routine", és l'encarregada de controlar la transició d'etapes i de controlar la majoria d'entrades i sortides.

La segona rutina, és l'anomenada "Calcul_posicio", que en el cas de la nostre solució, se li faciliten tres entrades: la primera lletra de la paraula "L1", la segona lletra de la paraula "L2" i la tercera lletra de la paraula "L3" (ja que hem previst que l'aplicació només utilitzarà paraules de tres lletres). Un cop facilitades les entrades, aquesta rutina és l'encarregada de decidir a quina posició cal posar la peça recollida. Cal comentar que aquesta subrutina també té en compte si les peces ja han estat col·locades, si les peces no són necessàries, i també avisa a la "Main Routine" si la paraula ja ha estat escrita.

A continuació es faran algunes explicacions del desenvolupament del Software.

Rutina principal - Main Routine:

En la figura 9.4, podem observar totes les transicions d'etapa a etapa il·lustrades en el graficet de la figura 9.3.

Durant l'explicació del desenvolupament de la solució, ens referirem a les línies de programa com a "Rungs". És a dir, quan es mencioni la Rung n, vol dir que ens estem referint a la línia de programa 0.

En la figura 9.4 podem veure tota la gestió de transició de rutines, que ocupa de la Rung 0 a la Rung 5. A continuació l'explicació de cada Rung.

Rung 0: En el primer cicle d'escàner, el controlador activa l'etapa 0, i desactiva qualsevol etapa que pogués haver quedat encesa, d'aquesta manera assegurem que al encendre el controlador comencem en condicions inicials.

Rung 1: Al estar en l'etapa 0, si el PLC rep el senyal conforme l'usuari ha seleccionat qualsevol de les dues paraules, es passa a l'etapa 1.

Rung2: Al estar en l'etapa 1, quan el PLC rep l'ordre que el tag s'ha llegit correctament, es passa a l'etapa 2.

Rung 3: Al estar en l'etapa 2, quan el PLC rep l'ordre de que el robot ja esta en repòs, es passa a l'etapa 3.

Rung 4: Al estar en l'etapa 3, quan ja s'han resetejat les sortides, si la subrutina indica que la paraula ja ha estat escrita, es torna a l'etapa 0, per tant el programa torna a les condicions inicials.

Rung 5: Al estar en l'etapa 3, quan ja s'han resetejat les sortides, si la subrutina no indica que la paraula ja estat escrita, es torna a l'etapa 1 per seguir col·locant peces.

D'aquesta manera ja s'ha solucionat la transició entre rutines mostrada en el graficet de la figura 9.3.



Figura 9.4: Rutina principal PLC

Font: Elaboració pròpia

En la figura 9.5, podem observar la gestió d'accions en funció de l'etapa en la que ens trobem, aquesta gestió ens ocupa des de la Rung 6 fins a la Rung 9.

Rung 6: En l'etapa 0 es reinicien els tags utilitzats durant el programa per detectar quines lletres han esta col·locades, i el tag que ens indica si la paraula ja ha esta escrita.

Rung 7: En l'etapa 1 es copien les lletres de la paraula escollida en les variables internes, i s'activa el dispensador per tal de que el robot pugui agafar la peça. Cal comentar que en aquest punt no s'ha tingut en compte el final de carrera ja que és una solució simulada, en el cas d'aplicar la solució al robot final es faria una petita variació, afegint-lo perquè el dispensador es desactives al activar-se el final de carrera, tal i com s'observa en la següent figura.

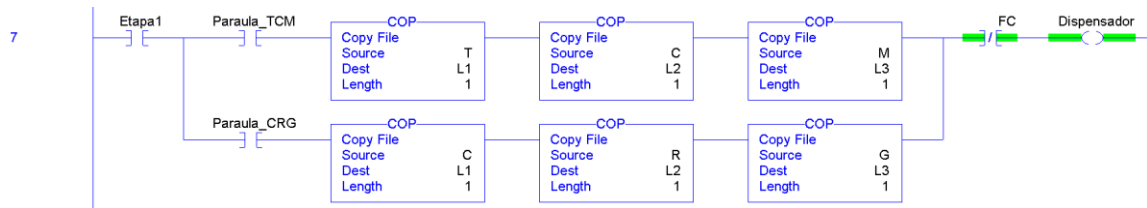


Figura 9.5: Etapa 1

Font: Elaboració pròpia

Rung 8: En l'etapa 2, s'activa un flanc que provoca l'execució de la subrutina "Calcul_posicio" una sola vegada. Se li proporcionen les variables guardades en la Rung 7, i la subrutina s'encarrega d'activar la sortida de la posició a la que ha de deixar la peça el robot.

Rung 9: En l'etapa 3, es desactiven els senyals que indiquen la posició al robot, i s'activa un senyal conforme ja s'ha fet aquest reset. Com es pot observar s'utilitza la instrucció de la bobina, perquè la senyal no es quedi fixada. Aquest senyal és el que s'assegura que el programa passi per l'etapa 3 i no transicions directament a l'etapa 0 o 1.

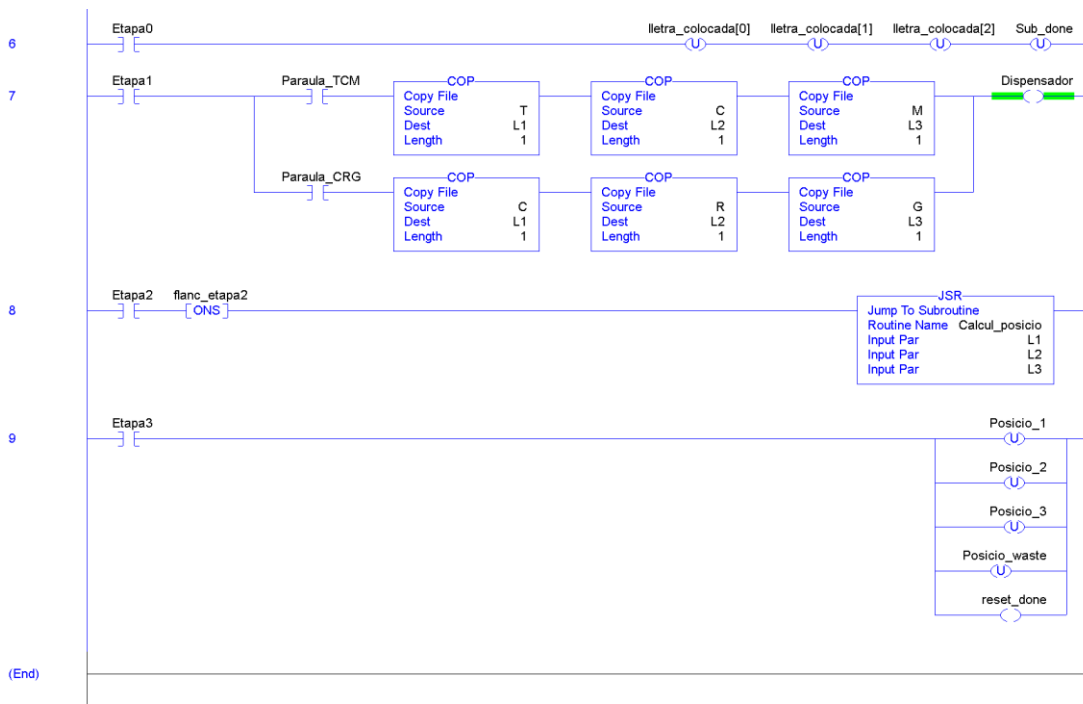


Figura 9.6: Rutina principal PLC

Font: Elaboració pròpia

Només amb aquestes 10 línies es resol la rutina principal del programa.

Subrutina – Càlcul posició

Com ja s’ha comentat anteriorment, aquesta subrutina s’encarrega de calcular la posició a la que s’ha de col·locar la peça.

Tal i com s’observa en la figura 9.7, s’ha resolt només en 5 línies.

Rung 0: Si la primera lletra no ha estat col·locada, i la lletra que s’ha llegit del tag es T1 (primera lletra de la paraula escollida) s’activa el senyal de posició 1, i es registra que la primera lletra ja ha estat col·locada.

Rung 1: Si la segona lletra no ha estat col·locada, i la lletra que s’ha llegit del tag es T2 (segona lletra de la paraula escollida) s’activa el senyal de posició 2, i es registra que la segona lletra ja ha estat col·locada.

Rung 2: Si la tercera lletra no ha estat col·locada, i la lletra que s’ha llegit del tag es T3 (tercera lletra de la paraula escollida) s’activa el senyal de posició 3, i es registra que la tercera lletra ja ha estat col·locada.

Rung 3: Si cap de les posicions ha estat activada, vol dir que la peça no és necessària, per tant s’activa la “Posició_waste”

Rung 4: Un cop les tres lletres han estat col·locades, s’activa el tag “Sub_done” conforme la paraula ja ha estat col·locada.



Figura 9.7: Subrutina PLC

Font: Elaboració pròpia

9.2.4 Simulació de funcionament

Per tal de simular el funcionament d'aquest programa, cal tenir clar quines senyals rep d'elements exteriors per a poder simular-les.

Com es pot veure en la figura següent, s'ha creat una finestra "watch" amb tots els senyals que arribarien al PLC d'elements exteriors.

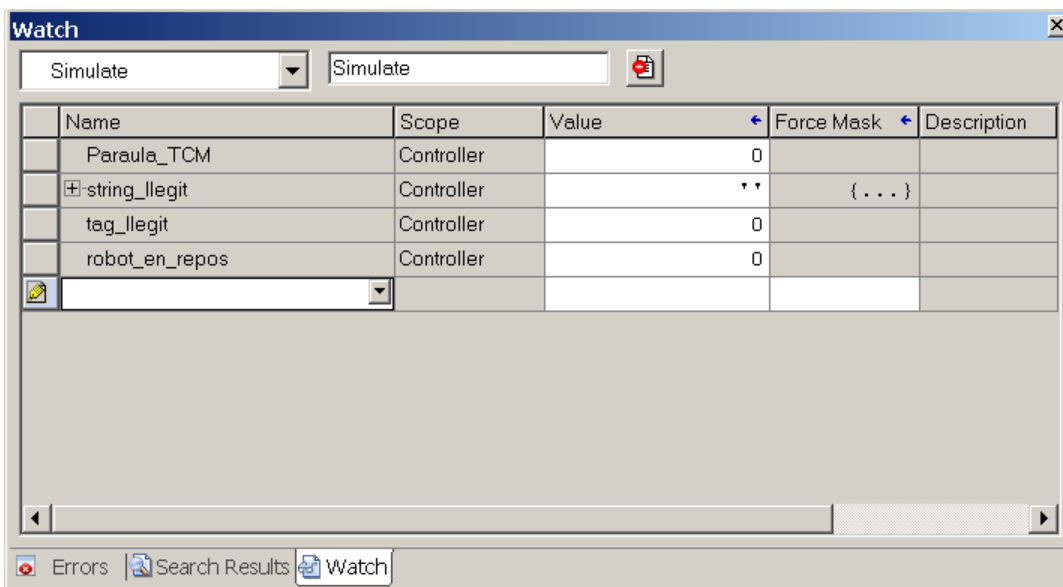


Figura 9.8: Watch

Font: Elaboració pròpia

Per a la simulació, només interactuarem amb la rutina MAIN. Per accedir-hi, hi fem click, tal i com es veu en la següent figura.

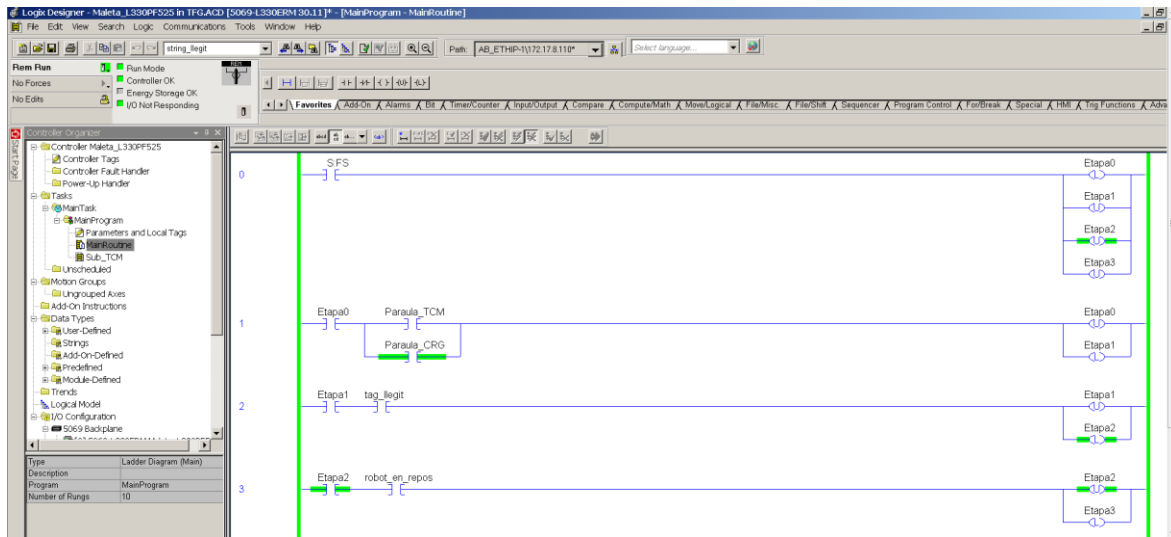


Figura 9.9: Simulació 1

Font: Elaboració pròpia

Al posar el PLC en RUN, el programa comença l'execució en l'etapa 0, on no s'hi efectua cap acció.

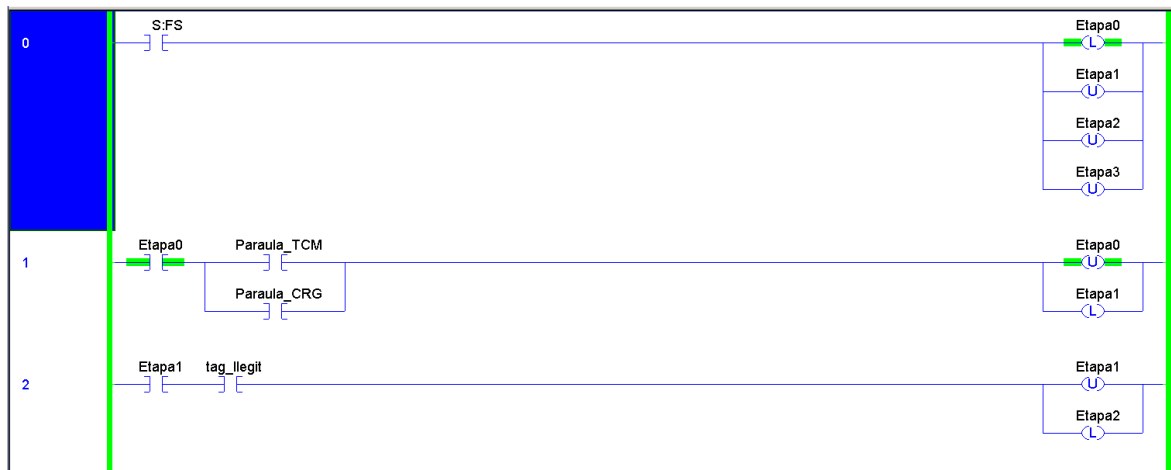


Figura 9.10: Simulació 2

Font: Elaboració pròpia

El primer pas, és que l'usuari seleccioni la paraula que ha d'escriure el robot. En aquest moment, activem la primera entrada simulada "Paraula_TCM" conforme l'usuari ha escollit la paraula TCM.

Com es pot observar, al seleccionar la paraula, entrem a l'etapa 1.

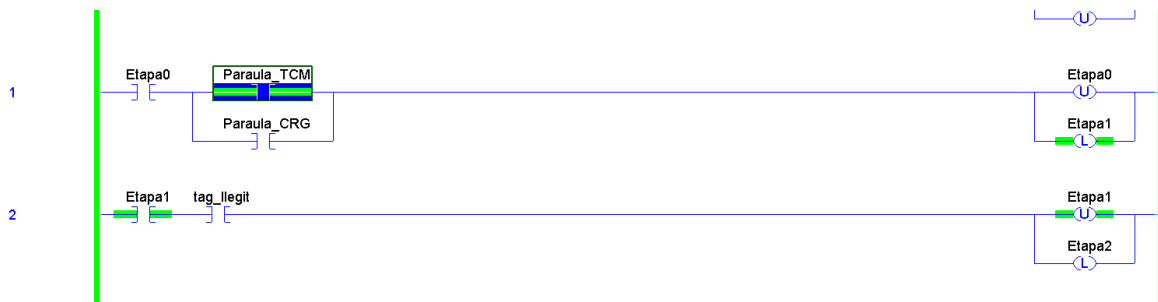


Figura 9.11: Simulació 3

Font: Elaboració pròpia

Al entrar en l'etapa 1, s'activa el dispensador. Observem que quan la peça ja hagi sortit, s'activarà el final de carrera que desactivarà el dispensador. El mateix senyal de final de carrera serà el que avisi al robot de que pot recollir la peça.

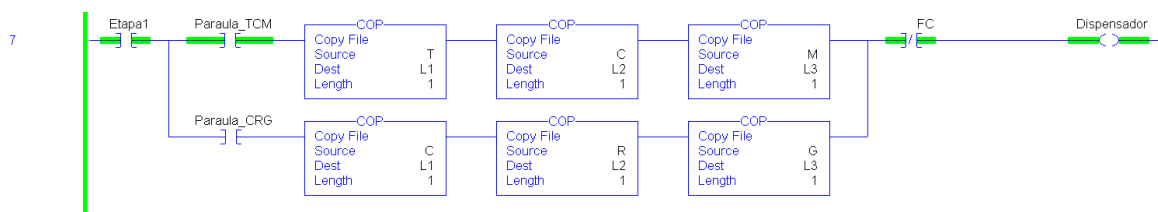


Figura 9.12: Simulació 4

Font: Elaboració pròpia

En aquest moment, el robot agafarà la peça i la portarà fins al lector RFID, per tant, es moment de simular dues entrades més, la lletra llegida, i el senyal de flanc que indica que el tag ha esta llegit correctament.

En aquest cas, s'ha decidit col·locar en "string_llegit", una "C". Un cop hem escrit la "C", activem el tag "Tag_llegit", d'aquesta manera passarem a la Etapa 2.

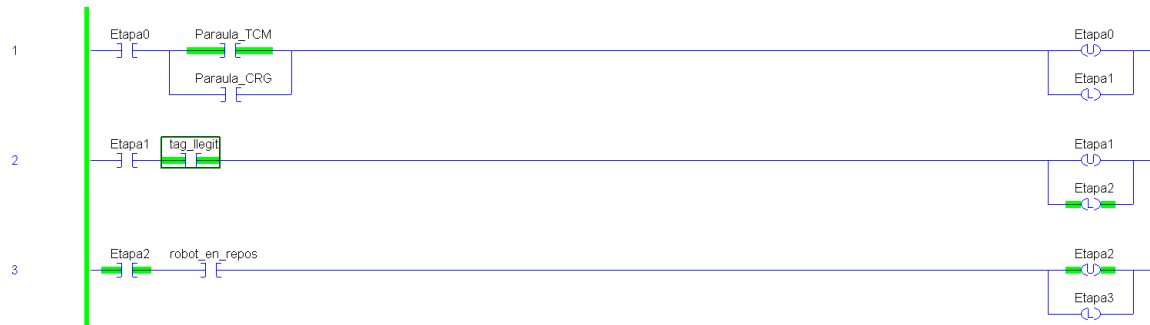


Figura 9.13: Simulació 5

Font: Elaboració pròpia

En aquesta figura observem com en l'etapa 2, s'activa la subrutina, que calcula la posició en la que s'ha de col·locar el tag, és per això que en la línia 9 del codi de la figura 9.14, observem el tag "Posicio_2" activat.

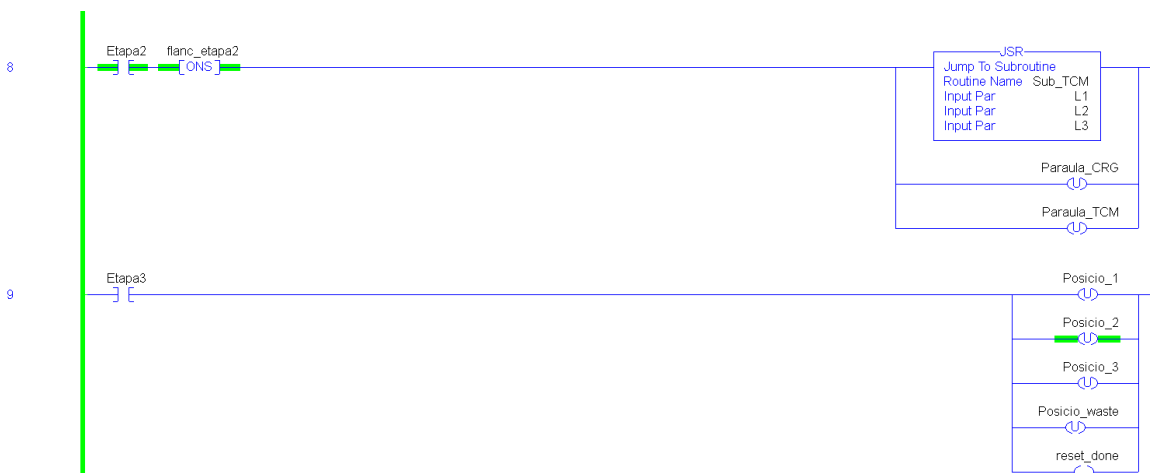


Figura 9.14: Simulació 6

Font: Elaboració pròpia

En aquest pas, el robot col·locarà al peça a la posició calculada, i tornarà al repòs. Un cop en repòs, activarà el tag "robot_en_repos", que podem observar en la línia 3 del codi.

Com en aquest punt la paraula encara no ha estat escrita, el tag "Sub_done" no esta activat, per tant, es torna a l'etapa 1.



Figura 9.15: Simulació 7

Font: Elaboració pròpia

Per comprovar la fermesa del codi, repetirem el procés, amb la mateixa lletra “C”. En aquesta situació, el software hauria de detectar que aquesta peça ja l’hem col·locada, i per tant l’hauria de descartar.

Efectivament, tal i com s’ha suposat, el programa activa el tag “Posicio_waste”

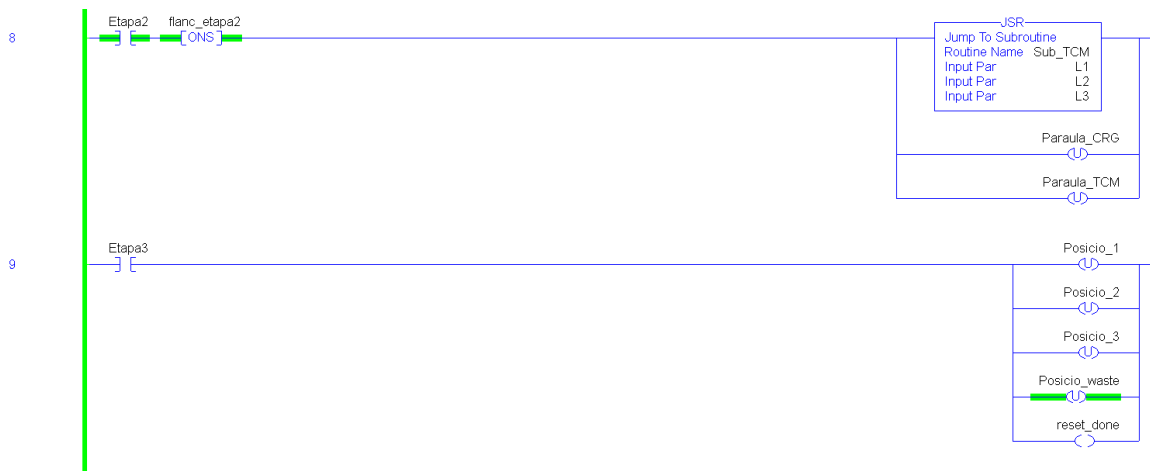


Figura 9.16: Simulació 8

Font: Elaboració pròpia

Repetim el procés amb la lletra “T”, i el programa activa el tag “Posicio_1”

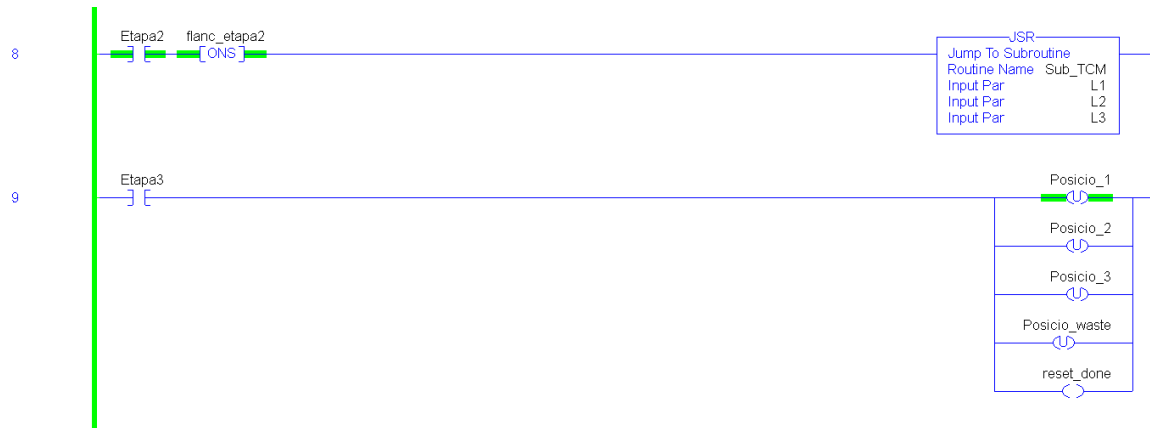


Figura 9.17: Simulació 9

Font: Elaboració pròpia

De la mateixa manera, repetim el procés amb la lletra “M”, i el programa activa el tag “Posicio_3”

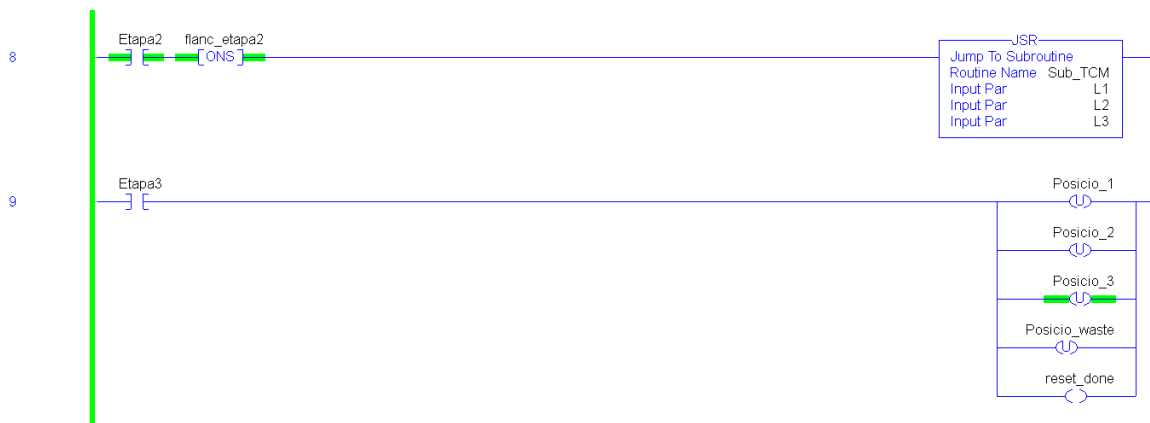


Figura 9.18: Simulació 10

Font: Elaboració pròpia

En aquest moment el programa sap que totes les lletres estan col·locades, com podem observar en la següent figura que mostra l'interior de la subrutina.

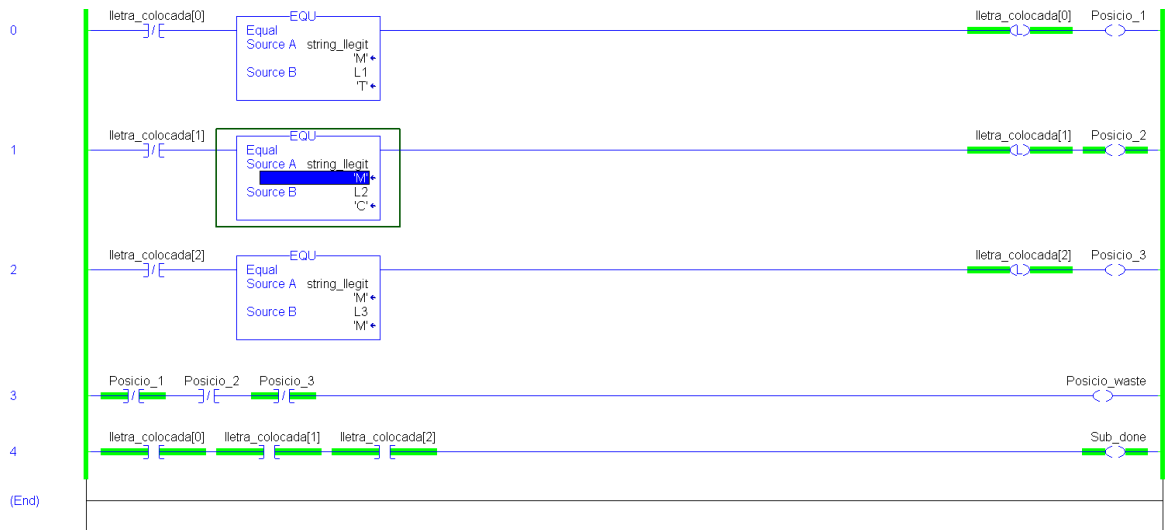


Figura 9.19: Simulació 11

Font: Elaboració pròpia

En activar el tag de robot en repòs, es torna a l'etapa 0 tal i com estava previst.

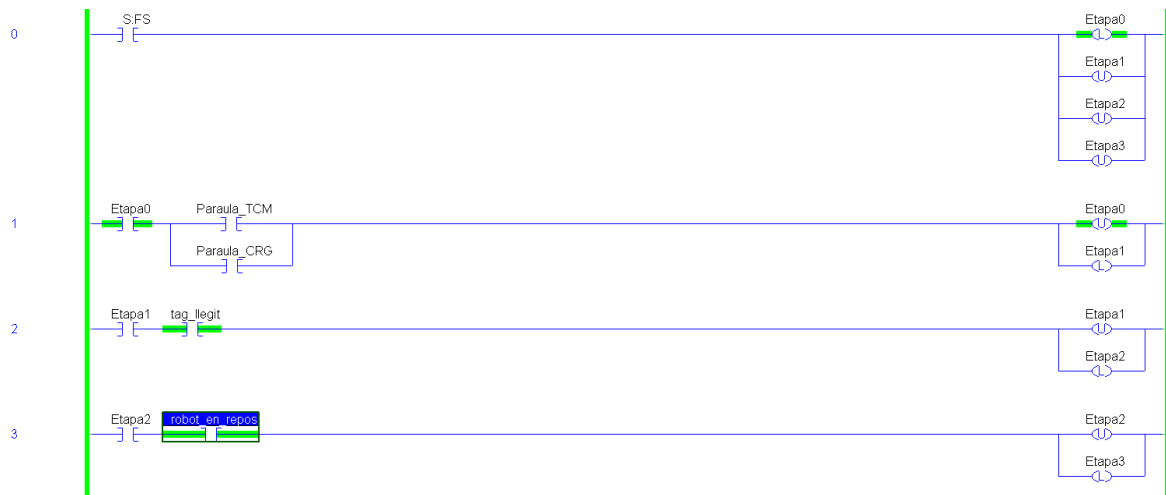


Figura 9.20: Simulació 12

Font: Elaboració pròpia

Un cop a l'etapa 0, activem la el tag "Paraula_CRG".

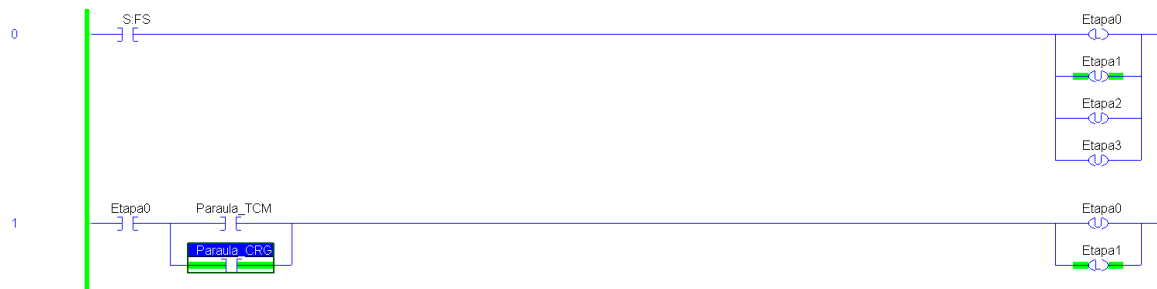


Figura 9.21: Simulació 13

Font: Elaboració pròpia

I suposem que es llegeix el tag “T”.

Com es pot observar en la figura següent, el programa detecta que la lletra “T”, no és necessària per a formar la paraula “CRG”, i la descarta.

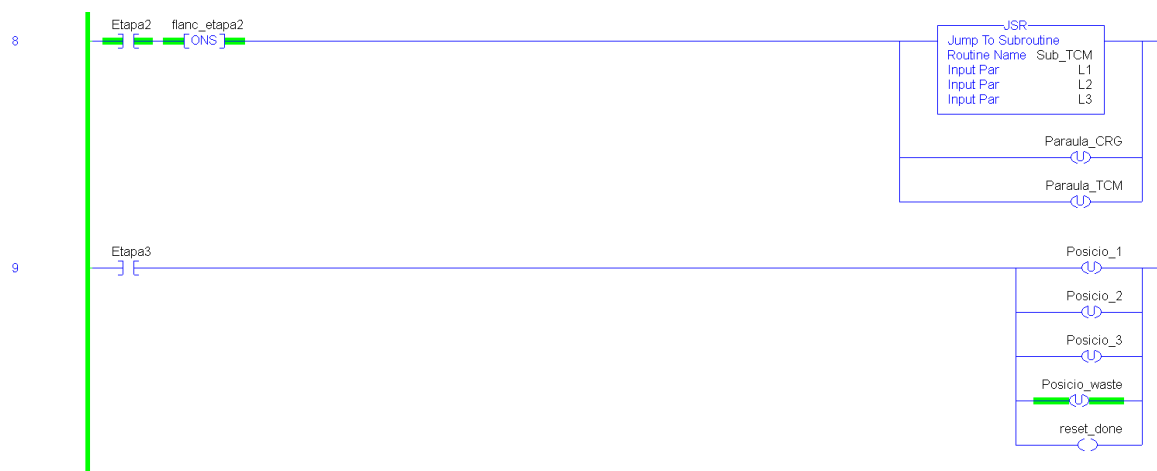


Figura 9.22: Simulació 14

Font: Elaboració pròpia

Això es degut a que al escollir una paraula, es modifiquen una sèrie de tags (“L1”, “L2”, “L3”) que són les variables que utilitza la subrutina. D’aquesta manera podríem afegir més paraules sense haver de complicar gaire més el codi.

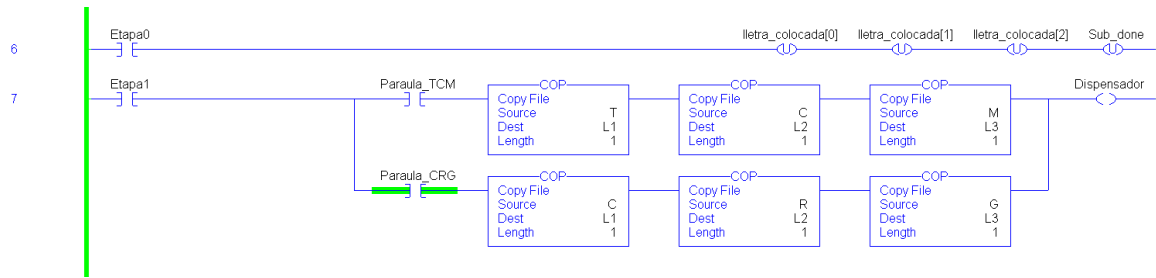


Figura 9.23: Simulació 15

Font: Elaboració pròpia

Un cop realitzades aquestes proves, podem concloure que el programa funciona correctament segons les especificacions donades.

9.3 Disseny i desenvolupament Software RobotStudio

9.3.1 Algorisme RobotStudio

De la mateixa manera que s'ha fet amb el PLC, extraiem l'algorisme del braç robòtic per simplificar el seu desenvolupament. D'aquesta manera es pot treballar de manera independent al desenvolupament de l'altre part.

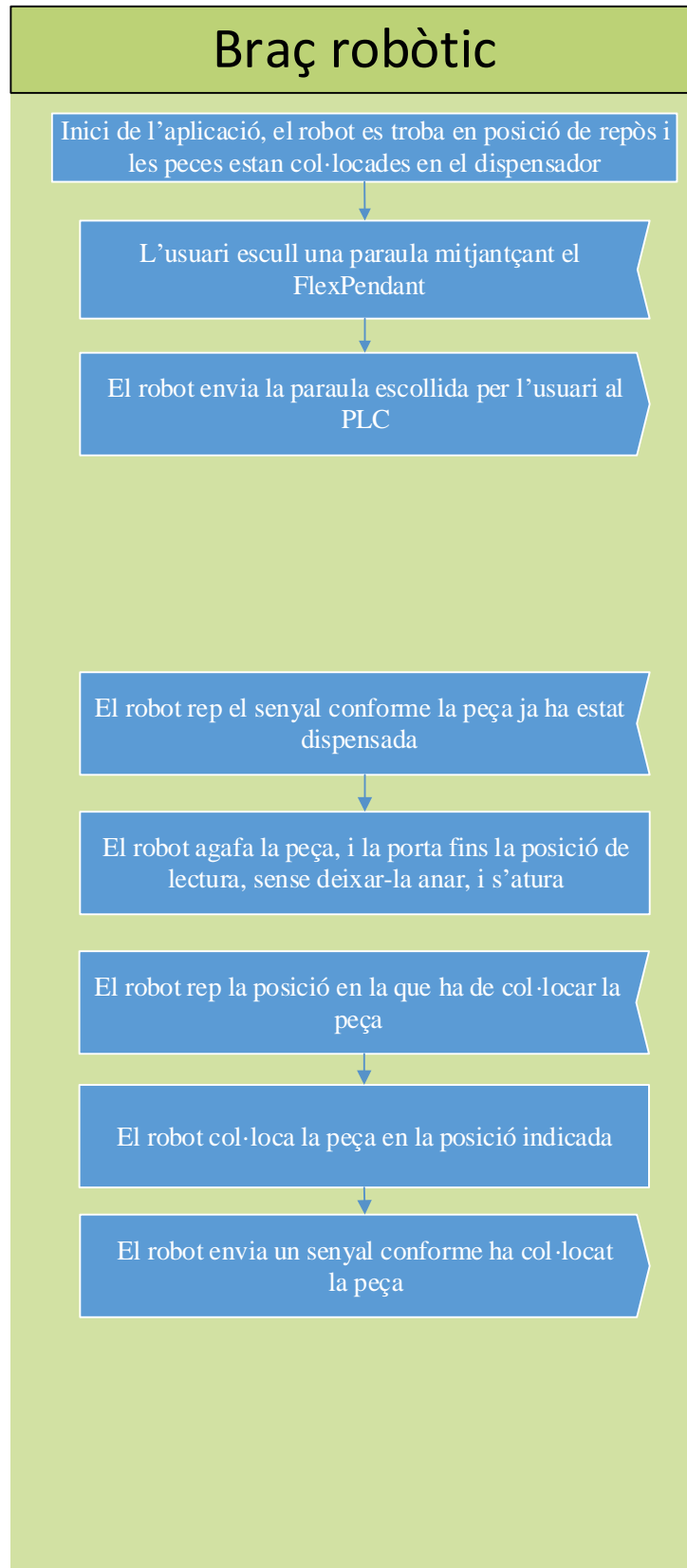


Figura 9.24: Algorisme Robot

Font: Elaboració pròpia

9.3.2 Programació Robot Studio

Definició de posicions

Abans de començar a programar, s'han de definir el número de posicions, les quals seran utilitzades pel robot durant l'aplicació.

Donat que, en aquest exemple, s'ha limitat l'aplicació a dues paraules de tres xifres, només necessitarem set posicions: Una per la posició de repòs, dues per a recollir les peces del dispensador, una per a descartar les peces sobrants i tres més per a col·locar les peces a la matriu d'emmagatzematge

En la següent taula es recullen les posicions esmentades, que són les que s'extrauran amb el sistema de captura de punts.

Nom dins el programa	Descripció
P1	Posició 1x1 de la matriu
P2	Posició 1x2 de la matriu
P3	Posició 1x3 de la matriu
PW	Posició de peces sobrants
PL	Posició de lectura del tag
PR	Posició de recollida de peces del dispensador, on el braç es col·loca just a sobre de la posició de recollida
PR_2	Posició de recollida de les peces del dispensador on el braç baixa de la PR per agafa la peça
PI	Posició inicial i de repòs

Taula 9.3: Definició de posicions

Font: Elaboració pròpia

Cal comentar que en una programació sobre l'estació real els punts s'haurien de definir amb el sistema de captura de punts del robot, ja que això ens permetria conèixer les coordenades exactes que necessitem sense necessitat de prendre cap mesura. En el nostre codi utilitzarem posicions aleatòries agafades des del simulador.

Un cop s'han definit les posicions, es pot començar a treballar en la lògica.

Rutina principal

Ja que s'ha treballat amb el model d'algorisme GRAFCET, es començarà mostrant la lògica d'etapes de transició.

```

26  □  PROC main()
27  □  IF Dispensada = 1 THEN
28      RESET RDY;
29      Recollida_i_lectura;
30  □  ENDIF
31  |
32  □  IF P1 = 1 THEN
33      Posicio_1;
34      SET RDY;
35  □  ENDIF
36  |
37  □  IF P2 = 1 THEN
38      Posicio_2;
39      SET RDY;
40  □  ENDIF
41  □  IF P3 = 1 THEN
42      Posicio_3;
43      SET RDY;
44  □  ENDIF
45  □  IF P_WASTE = 1 THEN
46      Posicio_waste;
47      SET RDY;
48  □  ENDIF

```

Figura 9.25: Rutina principal RAPID

Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar en l'anterior figura, s'han dissenyat un total de cinc subprocessos, amb els quals es dona resposta al grafcet dissenyat.

El que es pot observar és una estructura IF-ELSE on bàsicament es defineix el següent procés:

Si el PLC envia el senyal de peça dispensada, es desactiva el senyal “RDY” i comença el procés de recollida i lectura.

Un cop ha acabat el procés, el PLC ja ha llegit l’etiqueta RFID de la peça, i per tant, segons el software dissenyat en el PLC, activarà la sortida P1, si la peça s’ha de col·locar a la posició 1x1 de la matriu, la sortida P2, si la peça s’ha de col·locar a la posició 1x2, i així successivament...

Un cop s’activa la sortida P1, per exemple, s’activa la sortida RDY i el subprocés que ordenarà al robot col·locar la peça a la posició 1, i tornarà a la posició de repòs.

Quan el robot torni a rebre el senyal conforme la peça ja ha estat dispensada, tornarà a començar el procés.

Subprocessos

La solució s’ha dissenyat amb només cinc subprocessos, tal i com s’ha explicat en l’apartat anterior

A continuació els podem veure:

```
PROC Recollida_i_lectura()  
  MoveL PR,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;  
  MoveL PR_2,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;  
  SET PINÇA;  
  MoveL PR,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;  
  MoveL PL,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;
```

Figura 9.26: Recollida i lectura

Font: Elaboració pròpia

```
PROC Posicio_1()  
  MoveL P1,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;  
  RESET PINÇA;  
  MoveL PI,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;  
ENDPROC  
  
PROC Posicio_2()  
  MoveL P2,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;  
  RESET PINÇA;  
  MoveL PI,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;  
ENDPROC
```

```

PROC Posicio_3()
  MoveL P3,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;
  RESET PINÇA;
  MoveL PI,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;
ENDPROC
PROC Posicio_waste()
  MoveL PW,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;
  RESET PINÇA;
  MoveL PI,v1000,z100,tool0\WObj:=Workobject_1;
ENDPROC

```

Figura 9.27: Subrutines de posició

Funció: Elaboració pròpia

9.3.3 Relació de connexions PLC/IRC5

Pel que fa a les connexions, a la següent taula es poden observar les relacions d'entrades i sortides del PLC i de la controladora IRC5 amb una petita descripció:

PLC(In/Out)	Robot(In/Out)	Nom tag	Descripció
In 1	Out 1	RDY	Robot en repòs
In 2	Out 2	Paraula_TCM	Bit que s'activa quan l'usuari escull la paraula TCM
In 3	Out 3	Paraula_CRG	Bit que s'activa quan l'usuari escull la paraula CRG
Out 1	In 1	Dispensada	Bit que s'activa quan el FC s'activa.
Out 2	In 2	P1	Posició 1
Out 3	In 3	P2	Posició 2
Out 4	In 4	P3	Posició 3
Out 5	In 5	PW	Posició Waste

Taula 9.4: Relació de connexions PLC / IRC5

Font: Elaboració pròpia

10. Planificació

A continuació la taula resum amb totes les tasques que es van considerar a la planificació.

Codi	Nom de la tasca	Duració	Predecessores
	Projecte	448 hrs	-
1	Definició d'objecte	16 hrs	-
2	Definició d'abast	12 hrs	1
3	Definició d'objectius	10 hrs	2
4	Planificació	10 hrs	3
5	Anàlisi de les necessitats d'informació	15 hrs	4
6	Cerca d'antecedents	30 hrs	5
7	Definició d'especificacions tècniques	15 hrs	6
8	Anàlisi d'antecedents	1 hr	7
9	Plantejament d'alternatives	8 hrs	8
10	Definició de paràmetres de selecció	8 hrs	9
11	Avaluació de paràmetres	8 hrs	10
12	Descripció detallada de l'aplicació	10 hrs	11
13	Anàlisi viabilitat tècnica	4 hrs	12
14	Anàlisi viabilitat econòmica	5 hrs	13
15	Anàlisi viabilitat mediambiental	6 hrs	14
16	Disseny i descripció de l'algorisme	30 hrs	15
17	Disseny i descripció del Hardware i les seves connexions	25 hrs	15
18	Pressupost	4 hrs	16;17
19	Desenvolupament software PLC	80 hrs	18
20	Desenvolupament software Robot Studio	80 hrs	18
21	Muntatge Hardware	20 hrs	19;20
22	Posta en marxa de la solució	10 hrs	21
23	Documentació de resultats	16 hrs	22
24	Conclusions	10 hrs	23
25	Tancament de projecte	15 hrs	24

Taula 10.1: Resum de tasques de la planificació

Font: Elaboració pròpia

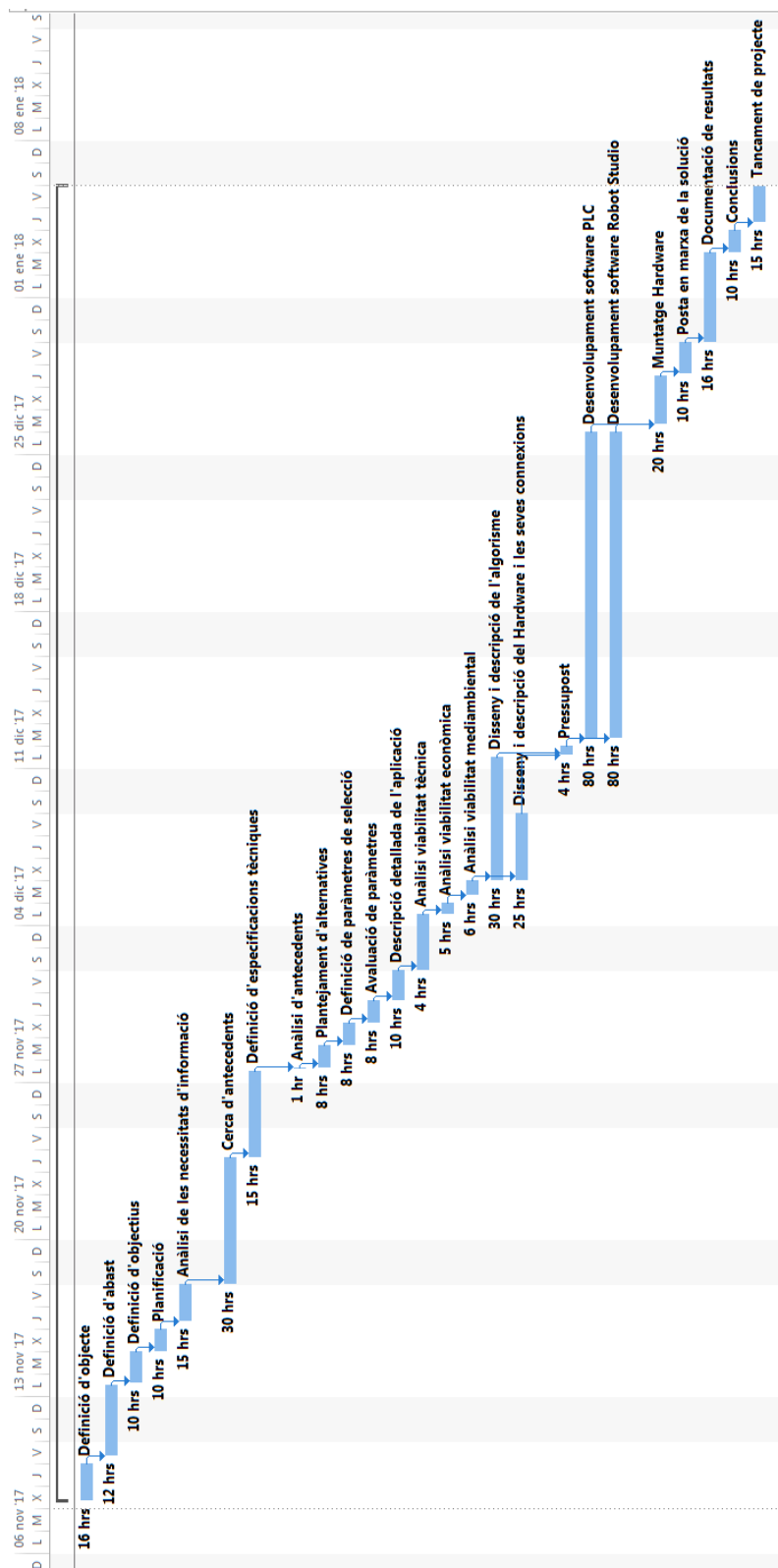


Figura 10.1: Planificació

Font: Elaboració pròpia

11. Conclusions i futures línies de treball

En aquest apartat es començarà detallant les desviacions en la planificació, seguint amb les desviacions del pressupost provocades per aquesta. Després, es presentaran les futures línies de treball i finalment es mostraran les conclusions on s'explicarà, entre altres coses, el perquè de les desviacions.

11.1 Desviacions de planificació

La planificació del projecte estava prevista en 448 hrs, però degut a imprevistos i al canvi de tasques la planificació ha acabat sent de 438 hrs. A continuació es pot observar la taula de resum de tasques de l'execució del projecte amb el seu diagrama de Gantt.

Codi	Nom de la tasca	Duració	Predecessores
	Projecte	438 hrs	-
1	Definició d'objecte	16 hrs	-
2	Definició d'abast	12 hrs	-
3	Definició d'objectius	10 hrs	-
4	Planificació	10 hrs	1;2;3
5	Anàlisi de les necessitats d'informació	15 hrs	4
6	Cerca d'antecedents	30 hrs	4
7	Definició d'especificacions tècniques	15 hrs	6
8	Anàlisi d'antecedents	1 hr	7
9	Plantejament d'alternatives	8 hrs	8
10	Definició de paràmetres de selecció	8 hrs	9
11	Avaluació de paràmetres	8 hrs	10
12	Descripció detallada de l'aplicació	10 hrs	11
13	Anàlisi viabilitat tècnica	4 hrs	12
14	Anàlisi viabilitat econòmica	5 hrs	13
15	Anàlisi viabilitat mediambiental	6 hrs	14
16	Disseny i descripció de l'algorisme	30 hrs	15
17	Disseny i descripció del Hardware i les seves connexions	25 hrs	15
18	Pressupost	4 hrs	16;17
19	Desenvolupament software PLC	80 hrs	18
20	Desenvolupament software Robot Studio	80 hrs	18
21	Simulació de funcionament	20 hrs	19;20

Codi	Nom de la tasca	Duració	Predecessores
22	Documentació de resultats	16 hrs	21
23	Conclusions	10 hrs	22
24	Tancament de projecte	15 hrs	23

Taula 11.1: Desviacions del pressupost

Font: Elaboració pròpia

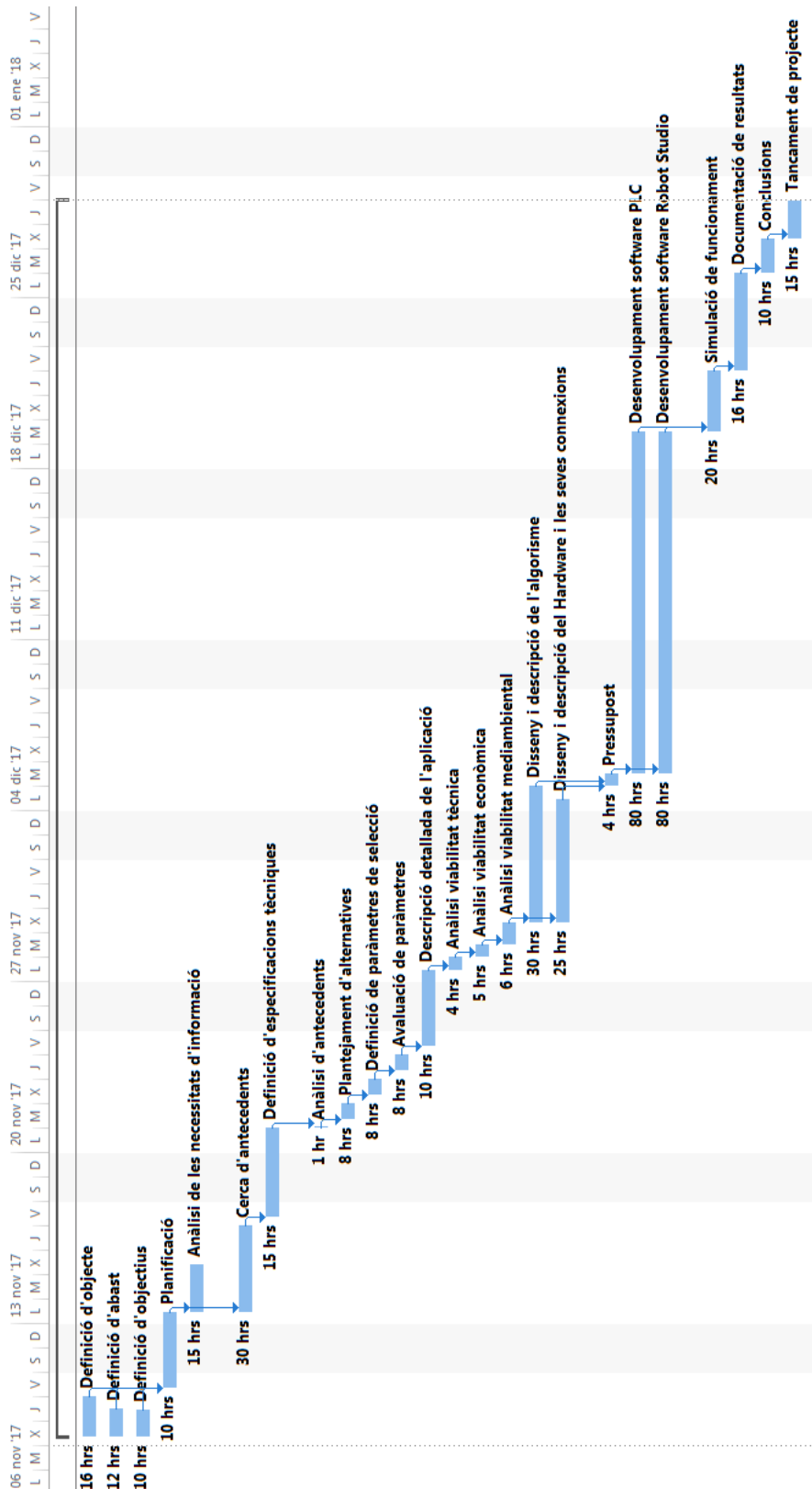


Figura 11.1: Diagrama de Gantt de l'execució

Font: Elaboració pròpia

11.2 Desviacions en el pressupost

Degut als canvis de les tasques i les seves duracions, el capítol I ha reduït el seu cost, de 21.917,50 € a 21.505 €. El que comporta un canvi en el cost total del projecte de 27.346,52 € a 26.847,40 €

El pressupost total queda de la següent manera:

Total Capítol I	21.505,00 €
Total Capítol II	468,06 €
Total Capítol III	214,87 €
<hr/>	
TOTAL	22.187,00 €
IVA 21%	4.659,47 €
TOTAL PRESSUPOST	26.847,40 €

11.3 Futures línies de treball

En aquest apartat es redactaran les futures línies de treball d'aquest projecte que han sorgit a causa d'aquest.

Degut a la naturalesa del projecte, les futures línies de treball són molt simples, tal i com es va comentar en el capítol 4, la proposta és que es realitzin les altres alternatives de solució que no s'han desenvolupat en aquest projecte, és a dir:

- Estudi de la seguretat al voltant d'una aplicació
- Aplicació amb cinta de transport i superposició de moviments

No obstant, degut al projecte que s'ha desenvolupat, les dues altres anteriors propostes podrien anar lligades al projecte actual, és a dir, fer un estudi de la seguretat al voltant de l'aplicació creada, o combinar l'aplicació actual amb l'aplicació de cintes de transport i superposició de moviment.

11.4 Conclusions

En aquest apartat s'exposaran les conclusions així com les explicacions sobre les desviacions en la planificació i pressupost.

11.4.1 Desviacions

Tal com s'ha exposat en el punt 11.1 i 11.2, en aquest projecte hi ha hagut desviacions degut al canvi de tasques (també en l'ordre d'execució d'aquestes). Al iniciar aquest projecte es va plantejar dissenyar una pràctica de laboratori, desenvolupar-la, i després instal·lar-la al laboratori, per deixar-la 100% funcional. Això s'anava a realitzar mitjançant un préstec de material per part de l'empresa Rockwell Automation degut a la relació professional entre l'empresa i l'autor del projecte. No obstant, poc abans de començar amb els preparatius del muntatge, va sorgir a l'empresa una oportunitat comercial i malauradament no podien prescindir d'aquest equip de proves. Degut a la poca antelació i a l'alt termini d'entrega dels terminals, no es va poder aconseguir un substitut a temps.

Un cop detectat aquest problema, es va optar per redissenyar el procés de desenvolupament de la solució, perquè ja que no es podria deixar muntat, es requeria d'una explicació més detallada i que en fes fàcil la comprovació. Per això, es va definir l'algorisme de funcionament per separat entre PLC i Robot, d'aquesta manera es podrien simular les dues aplicacions per separat, i així permetre a l'autor del projecte comprovar la seva funcionalitat i d'aquesta manera, solucionar els petits errors que poguessin sorgir.

11.4.2 Conclusions

Tal com s'ha esmentat, en aquest projecte s'intenta donar totes les eines a l'estudiant per poder adquirir els coneixements i metodologia necessària per tal que pugui realitzar la pràctica proposada, ja que la intenció no és que l'estudiant reproduïxi exactament la solució donada per l'autor, sinó que aprengui, i sigui capaç de desenvolupar-ne una de pròpia.

Malgrat aquests imprevistos, s'ha aconseguit dur a terme l'objectiu del projecte, proposar i desenvolupar una pràctica que aconsegueixi apropar els coneixements impartits a l'escola

als coneixements necessaris per desenvolupar un projecte industrial real. A més a més, el mètode de selecció d'alternativa garanteix que seria una pràctica interessant pels estudiants, a més a més, que la introducció d'aquesta pràctica tindria un cost en material de només 351,51€, que és el preu del material Rockwell que s'hauria d'afegir, un cop aplicat el descompte a institucions universitàries.

12. Bibliografía

1. **Rifkin, Jeremy.** *The end of Work*. United States : Putnam Publishing Group, 1995.
2. **Ford, Martin.** *Rise of Robots*. United States : Basic Books, 2015.
3. **Craig, John J.** *Introduction to Robotics*. Upper Saddle River, : Pearson Education, 2006.
4. <http://www.aurova.ua.es>. [En línea] [Citado el: 09 de 01 de 2018.]
http://www.aurova.ua.es/robofab/EJS2/RRR_Intro_3.html.
5. **AG, SICK.** *Guía de máquinas seguras*. 2015.
6. Especificaciones del producto - IRB120. [En línea] [Citado el: 1 de 11 de 2017.]
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC035960-005&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch>.
7. Productspecification Controller - IRC5withFlexPendant. [En línea] [Citado el: 5 de 12 de 2017.]
https://library.e.abb.com/public/688894b98123f87bc1257cc50044e809/Technical%20reference%20manual_RAPID_3HAC16581-1_revJ_en.pdf.
8. CompactLogix 5380 Controllers. [En línea] 8 de 11 de 2017.
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/5069-pp003_-en-p.pdf.
9. www.rotor.be. [En línea] 12 de 12 de 2017.
http://www.rotor.be/fileadmin/downloads/rotor/nl/standaard_electromotoren/4AP_56_-_100__oud_.pdf.
10. assets.omron.eu. [En línea] [Citado el: 11 de 12 de 2017.]
https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v1/i528_3g3jv_users_manual_en.pdf.



Centre adscrit a:



Grau en enginyeria electrònica industrial i automàtica

**Proposta, disseny i desenvolupament d'una pràctica de laboratoris per
l'assignatura de Robòtica**

Estudi econòmic

**Carles Ribas Gummà
PONENT: Joan Triadó**

PRIMAVERA 2018



Índex

1.	Pressupost	1
1.1	Amidaments	1
1.2	Quadre de preus	2
1.3	Pressupost parcial	3
1.4	Pressupost Global	5

Índex de taules

Taula 1.1: Amidaments capítol I	1
Taula 1.2: Amidaments capítol II.....	2
Taula 1.3: Taula de preus capítol I	2
Taula 1.4: Taula de preus capítol II.....	3
Taula 1.5: Pressupost parcial capítol I.....	4
Taula 1.6: Pressupost parcial capítol II	4
Taula 1.7: Pressupost parcial capítol III	4

1. Pressupost

Abans de realitzar el pressupost, cal esmentar que aquest projecte parteix d'una estació de treball ja comprada i muntada. Degut a que es desconeix el valor actual dels equips que la componen, en aquest apartat es pressupostarà el que costaria a la universitat amplia l'estació de treball i realitzar el projecte en qüestió.

1.1 Amidaments

Capítol I: Costos d'enginyeria		
Codi	Descripció	Parts iguals
1.1	Definició d'objecte	16
1.2	Definició d'abast	12
1.3	Definició d'objectius	10
1.4	Planificació	10
1.5	Anàlisi de les necessitats d'informació	15
1.6	Cerca d'antecedents	30
1.7	Definició d'especificacions tècniques	15
1.8	Anàlisi d'antecedents	1
1.9	Plantejament d'alternatives	8
1.10	Definició de paràmetres de selecció	8
1.11	Avaluació de paràmetres	8
1.12	Descripció detallada de l'aplicació	10
1.13	Anàlisi viabilitat tècnica	4
1.14	Anàlisi viabilitat econòmica	5
1.15	Anàlisi viabilitat mediambiental	6
1.16	Disseny i descripció de l'algorisme	30
1.17	Disseny i descripció del Hardware i les seves connexions	25
1.18	Pressupost	4
1.19	Desenvolupament software PLC	80
1.20	Desenvolupament software Robot Studio	80
1.21	Muntatge Hardware	20
1.22	Posta en marxa de la solució	10
1.23	Documentació de resultats	16
1.24	Conclusions	10
1.25	Tancament de projecte	15

Taula 1.1: Amidaments capítol I

Font: Elaboració pròpia

Capítol II: Material		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.1	Material d'oficina	1
2.2	Impressió dels documents del projecte	150
2.3	Enquadrernació dels documents del projecte	1
2.4	Interfície RFID	1
2.5	Sensor RFID	1
2.6	Tag RFID	25

Taula 1.2: Amidaments capítol II

Font: Elaboració pròpia

1.2 Quadre de preus

Capítol I: Costos d'enginyeria		
Codi	Descripció	Preu unitari (€)
1.1	Definició d'objecte	40
1.2	Definició d'abast	20
1.3	Definició d'objectius	20
1.4	Planificació	40
1.5	Anàlisi de les necessitats d'informació	40
1.6	Cerca d'antecedents	20
1.7	Definició d'especificacions tècniques	20
1.8	Anàlisi d'antecedents	20
1.9	Plantejament d'alternatives	20
1.10	Definició de paràmetres de selecció	20
1.11	Avaluació de paràmetres	40
1.12	Descripció detallada de l'aplicació	20
1.13	Anàlisi viabilitat tècnica	40
1.14	Anàlisi viabilitat econòmica	40
1.15	Anàlisi viabilitat mediambiental	40
1.16	Disseny i descripció de l'algorisme	40
1.17	Disseny i descripció del Hardware i les seves connexions	40
1.18	Pressupost	20
1.19	Desenvolupament software PLC	40
1.20	Desenvolupament software Robot Studio	40
1.21	Muntatge Hardware	50
1.22	Posta en marxa de la solució	50
1.23	Documentació de resultats	20
1.24	Conclusions	40
1.25	Tancament de projecte	40

Taula 1.3: Taula de preus capítol I

Font: Elaboració pròpia

Capítol II: Material		
Codi	Descripció	Preu unitari (€)
2.1	Material d'oficina	1
2.2	Impressió dels documents del projecte	0.12
2.3	Enquadernació dels documents del projecte	6
2.4	Interfície RFID	1.470
2.5	Sensor RFID	695
2.6	Tag RFID	7.14

Taula 1.4: Taula de preus capítol II

Font: Elaboració pròpia

1.3 Pressupost parcial

Capítol I: Costos d'enginyeria				
Codi	Descripció	Parts iguals	Preu unitari (€)	Import (€)
1.1	Definició d'objecte	16	40	640
1.2	Definició d'abast	12	20	240
1.3	Definició d'objectius	10	20	200
1.4	Planificació	10	40	400
1.5	Anàlisi de les necessitats d'informació	15	40	600
1.6	Cerca d'antecedents	30	20	600
1.7	Definició d'especificacions tècniques	15	20	300
1.8	Anàlisi d'antecedents	1	20	20
1.9	Plantejament d'alternatives	8	20	160
1.10	Definició de paràmetres de selecció	8	20	160
1.11	Avaluació de paràmetres	8	40	320
1.12	Descripció detallada de l'aplicació	10	20	200
1.13	Anàlisi viabilitat tècnica	4	40	160
1.14	Anàlisi viabilitat econòmica	5	40	200
1.15	Anàlisi viabilitat mediambiental	6	40	240
1.16	Disseny i descripció de l'algorisme	30	40	1200
1.17	Disseny i descripció del Hardware i les seves connexions	25	40	1000
1.18	Pressupost	4	20	80
1.19	Desenvolupament software PLC	80	40	3200
1.20	Desenvolupament software Robot Studio	80	40	3200
1.21	Muntatge Hardware	20	50	1000
1.22	Posta en marxa de la solució	10	50	500
1.23	Documentació de resultats	16	20	320

Codi	Descripció	Parts iguals	Preu unitari (€)	Import (€)
1.24	Conclusions	10	40	400
1.25	Tancament de projecte	15	40	600
Costos indirectes				
1.26	Costos indirectes			1.594 €

Taula 1.5: Pressupost parcial capítol I

Font: Elaboració pròpia

TOTAL DEL CAPÍTOL I (25% marge) = 21.917,5 €

Capítol II: Material					
Codi	Descripció	Parts iguals	Preu unitari (€)	Descompte (%)	Import (€)
2.1	Material d'oficina	1	50	0	50
2.2	Impressió dels documents del projecte	150	0,12	0	18
2.3	Enquadernació dels documents del projecte	1	6	0	6
2.4	Interfície RFID	1	1.470	85	220,5
2.5	Sensor RFID	1	695	85	104,25
2.6	Tag RFID	25	7,14	85	26,76
Costos indirectes					
2.7	Costos indirectes de material				42,55 €

Taula 1.6: Pressupost parcial capítol II

Font: Elaboració pròpia

TOTAL DEL CAPÍTOL II (5% imprevistos) = 468,06 €

Capítol III: Amortitzacions				
Codi	Descripció	Cost inversió	N (anys)	€/6
3.1	Ordinador	1000	3	166,67
3.2	Software Ms-Office Project	189	3	31,5
3.3	Software Ms-Office	100	3	16,7

Taula 1.7: Pressupost parcial capítol III

Font: Elaboració pròpia

TOTAL CAPÍTOL III = 214,87 €

1.4 Pressupost Global

Total Capítol I	21.917,50 €
Total Capítol II	468,06 €
Total Capítol III	214,87 €

TOTAL	22.600,43 €
IVA 21%	4.746,09 €
TOTAL PRESSUPOST	27.346,52 €



Centre adscrit a:



Grau en enginyeria electrònica industrial i automàtica

**Proposta, disseny i desenvolupament d'una pràctica de laboratoris per
l'assignatura de Robòtica**

Annexos

Carles Ribas Gummà
PONENT: Joan Triadó

PRIMAVERA 2018



Índex

Annex I. Resum de les normes més importants	1
Annex II. Enquesta realitzada	3
Bibliografia.....	5

Índex de figures

Figura I.1: Normes A més importants	1
Figura I.2: Normes B més importants	1
Figura I.3: Normes C més importants	2
Figura II.1: Enquesta realitzada.....	3

Annex I. Resum de les normes més importants

Tipo	Norma europea EN	Armonizadas	Número internacional ISO/IEC	Título o indicación
A	EN ISO 12100 anula a las siguientes normas	✓	ISO 12100	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo
	EN ISO 12100-1		ISO 12100-1	Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño • Parte 1: Terminología básica, metodología
	EN ISO 12100-2		ISO 12100-2	Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño • Parte 2: Principios técnicos
	EN ISO 14121-1		ISO 14121-1	Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo • Parte 1: Principios

Figura I.1: Normes A més importants

Font: (1)

B	EN 349	✓	ISO 13854	Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano
	EN 574	✓	ISO 13851	Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño
	EN 953	✓	ISO 14120	Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción (<i>actualmente en revisión y en el futuro se editará como EN ISO 14120</i>)
	EN 1037	✓	ISO 14118	Prevención de una puesta en marcha intempestiva
	EN 1088	✓		Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección (<i>ha sido revisada y en breve se editará como EN ISO 14119</i>)
	EN ISO 13849-1	✓	ISO 13849-1	Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad • Parte 1: Principios generales para el diseño
	EN ISO 13849-2	✓	ISO 13849-2	• Parte 2: Validación
	EN ISO 13850 (anula a EN 418)	✓	ISO 13850	Parada de emergencia. Principios para el diseño
	EN ISO 13855 (anula a EN 999)	✓	ISO 13855	Posicionamiento de los protectores respecto a las velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano
	EN ISO 13857 (anula a EN 294 y EN 811)	✓	ISO 13857	Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores
	EN 60204-1	✓	IEC 60204	Equipo eléctrico de las máquinas • Parte 1: Requisitos generales
	EN 61496-1	✓	IEC 61496-1	Dispositivos de protección sin contacto • Parte 1: Requisitos generales y ensayos
	CLC/TS 61496-2	-	IEC 61496-2	• Parte 2: Requisitos particulares para equipos que utilizan dispositivos de protección optoelectrónicos activos
	CLC/TS 61496-3	-	IEC 61496-3	• Parte 3: Requisitos particulares para equipos que utilizan dispositivos optoelectrónicos activos sensibles a las reflexiones difusas (AOPDDR)
	CLC/TS 62046	-	IEC/TS 62046	Aplicación de equipos de protección para detectar la presencia de personas
EN 62061	✓	IEC 62061	Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relativos a la seguridad	

Figura I.2: Normes B més importants

Font: (1)

Tipo	Norma europea EN	Armonizadas	Número internacional ISO/IEC	Título o indicación
C	EN 1114-1	✓	-	Máquinas para plásticos y caucho. Extrusoras y líneas de extrusión • Parte 1: Requisitos de seguridad para extrusoras
	EN 12622	✓	-	Prensas plegadoras hidráulicas
	EN 13736	✓	-	Prensas neumáticas
	EN 1459	✓	-	Seguridad de las carretillas de manutención. Carretillas autopropulsadas de alcance variable
	EN 1525	-	-	Seguridad de las carretillas de manutención. Carretillas sin operador y sus sistemas
	EN 1526	✓	-	Seguridad de las carretillas industriales. Requisitos adicionales para funciones automáticas en las carretillas
	EN 1612-1	✓	-	Máquinas para plásticos y caucho. Máquinas de moldeo por reacción • Parte 1: Requisitos de seguridad para las unidades de dosificación y mezclado
	EN 1672-1	-	-	Maquinaria para procesamiento de alimentos. Requisitos de seguridad e higiene. Conceptos básicos
	EN 201	✓	-	Maquinaria de plásticos y caucho; Máquinas de moldeo por inyección. Requisitos de seguridad
	EN 289	✓	-	Maquinaria de plásticos y caucho; Prensas de moldeo por compresión y por transferencia. Prescripciones de seguridad para el diseño
	EN 415-X	✓*	-	Máquinas de embalaje (*: Solo las Partes -1, -3 y -5 a -9 de esta norma están armonizadas)
	EN 422	✓	-	Máquinas para caucho y plásticos. Seguridad. Máquinas de moldeo por soplado para la producción de cuerpos huecos. Requisitos para el diseño y la construcción
	EN 528	✓	-	Transelevadores. Seguridad
	EN 692	✓	-	Prensas mecánicas
	EN 693	✓	-	Prensas hidráulicas
	EN 710	✓	-	Requisitos de seguridad aplicables a máquinas e instalaciones de moldeo y de fabricación de machos de fundición y sus equipos asociados
	EN 869	✓	-	Requisitos de seguridad para máquinas de moldeo a presión de metales
	EN ISO 1010-X	✓*	ISO 1010-X	Máquinas de impresión y transformadoras de papel (*: Las partes -1 a -4 de esta norma están armonizadas)
	EN ISO 10218-1 (anula a EN 775)	✓	ISO 10218-1	Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales • Parte 1: Robots
	EN ISO 10218-2	✓	ISO 10218-2	• Parte 2: Sistemas robot e integración
EN ISO 11111-X	✓*	ISO 11111-X	Maquinaria textil (*: Las partes -1 a -7 de esta norma están armonizadas)	

Figura I.3: Normes C més importants

Font: (1)

Annex II. Enquesta realitzada

Proposta de pràctica per l'assignatura de robòtica

En el cas de que siguis estudiant del Tecnocampus Mataró, i tinguis previst realitzar l'assignatura de robòtica, valora de l'1 al 10 l'interès que tindries en realitzar les següents pràctiques:

1. Estudi de la seguretat d'una aplicació:

Estudiar el marc legal al voltant d'una aplicació ja creada, on s'avaluïn els riscos d'aquesta aplicació i es dissenyin els sistemes de seguretat pertinents d'acord amb la normativa vigent.

2. Aplicació amb cinta de transport i superposició de moviments:

Desenvolupar una aplicació de pick and place on intervinguin cintes de transport i que el braç robòtic és capaç de sincronitzar-se amb el moviment de la cinta, recollint i deixant objectes mentre aquesta es mou.

3. Aplicació amb sensor RFID:

Desenvolupament d'una aplicació amb el braç robòtic i un sensor RFID, on el braç pugui realitzar accions en funció de la informació que llegeixi de diferents tags RFID.

1. Ets estudiant del Tecnocampus i tens previst realitzar l'assignatura de robòtica?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

2. Valora de l'1 al 10 la primera proposta: Estudi de la seguretat d'una aplicació.

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Valora de l'1 al 10 la primera proposta: Aplicació amb cinta de transport i superposició de moviments.

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Valora de l'1 al 10 la primera proposta: Aplicació amb sensor RFID.

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura II.1: Enquesta realitzada

Font: Elaboració pròpia

Bibliografía

1. **AG, SICK.** *Guía de máquinas seguras.* 2015.

