

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

CONTROL DE LA CÈL·LULA DE FABRICACIÓ FLEXIBLE I DELS ROBOTS ABB IRB120 I FANUC LR MATE 200ID/4S MITJANÇANT INTERFÍCIE HMI.

Memòria Final

Sergi Bona Peñalver
Josep Lopez Xarbau

PRIMAVERA ANY 2021

Resum

El present projecte es basa en la integració d'una interfície gràfica tàctil per al control i la supervisió de la cèl·lula de fabricació flexible ubicada en les instal·lacions de la universitat Tecnocampus Mataró-Maresme. Prèviament i per tal de facilitar el desenvolupament del projecte s'ha realitzat nova documentació elèctrica actualitzada i programació del controlador en llenguatge d'alt nivell.

Es tracta d'una eina que permet la interacció entre els usuaris i el sistema. Disposa de la capacitat d'utilitzar diferents modes de funcionament, gestionar alarmes i permisos de seguretat mitjançant usuaris entre altres funcionalitats.

Resumen

El presente proyecto se basa en la integración de una interfície gráfica táctil para el control y supervisión de la célula de fabricación flexible ubicada en las instalaciones de la universidad Tecnocampus Mataró-Maresme. Previamente y con la finalidad de facilitar el desarrollo del proyecto se ha realizado nueva documentación eléctrica actualizada i programación del controlador en lenguaje de alto nivel.

Se trata de una herramienta que permite la interacción entre los usuarios y el sistema. Dispone de la capacidad de utilizar diferentes modos de funcionamiento, gestionar alarmas y permisos de seguridad entre otras funcionalidades.

Abstract

This project is designed to integrate a tactile graphic interface to control and supervise the flexible manufacturing cell located at the Tecnocampus Mataró-Maresme university facilities. Previously with the aim of facilitate the development of the project, a new updated electrical documentation and programming of the controller in high-level language has been drawn up.

This is a tool designed to allow interaction among users and the system. It is able to use several operating modes, manage alarms and security permissions by means of users, along with other functionalities.

Índex.

Índex de figures.....	III
Índex de taules.....	VII
Glossari de termes.....	IX
1. Antecedents	11
2. Objectius.....	13
2.1. Propòsit.....	13
2.2. Finalitat.....	13
2.3. Objecte.....	13
2.4. Abast.....	13
2.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus..	14
2.6. Perspectiva de gènere.....	14
3. Planificació.....	15
4. Realització del projecte.....	21
4.1. Fase 1. Recopilació d'informació i el seu estudi.....	21
4.1.1. Documentació esquemes elèctrics.....	21
4.1.2. Programació PLC ST	24
4.1.3. Programació HMI.....	26
4.1.4. Comunicacions.....	30
4.2. Fase 2. Disseny de la solució proposada.....	31
4.2.1. Programació PLC ST	31
4.2.2. Programació HMI.....	37
4.2.3. Comunicacions.....	46
4.3. Fase 3. Posada en marxa.....	53
4.3.1. Programació Robots.....	53
4.3.2. Posada en marxa.....	56
4.3.3. Funcionament del sistema	58
4.3.4. Propostes de millora.....	71
5. Viabilitat mediambiental.....	75
6. Viabilitat tècnica	77
7. Viabilitat econòmica	79
8. Conclusions.....	83

9. Referències. 86

Índex de figures.

Fig. 3.1. Diagrama de Gantt Microsoft Project avantprojecte.....	15
Fig. 3.2. Diagrama de Gantt Microsoft Project memòria intermèdia.....	18
Fig. 3.3. Diagrama de Gantt Microsoft Project memòria final.....	19
Fig. 4.1.1.1. Exemple documentació esquema elèctric EPLAN.....	21
Fig. 4.1.2.1. Comparativa Text estructurat-Ladder.....	24
Fig. 4.1.3.1. Panelview Plus 7 Standard 9W.....	26
Fig. 4.1.3.2. Connector Alimentació Panelview Plus 7 Standard 9W.....	27
Fig. 4.1.4.1. Port Ethernet Panelview Plus 7 Standard 9W.....	30
Fig. 4.1.4.2. Estructura comunicació sistema.....	30
Fig. 4.2.1.1. Configuració tasques.....	31
Fig. 4.2.1.2. Exemple User-Defined variables.....	32
Fig. 4.2.1.3. Exemple codi assignació entrades/sortides digitals.....	33
Fig. 4.2.1.4. Exemple codi assignació sortides sistema.....	34
Fig. 4.2.1.5. Exemple codi mode automàtic funció CASE.....	34
Fig. 4.2.1.6. Exemple codi mode manual.....	35
Fig. 4.2.1.7. Exemple codi alarma electrovàlvules.....	36
Fig. 4.2.1.8. Exemple codi posicionament magatzem.....	36
Fig. 4.2.2.1. Pantalla mode automàtic.....	37
Fig. 4.2.2.2. Pantalla mode manual.....	38

Fig. 4.2.2.3. Pantalla configuració paràmetres.....	40
Fig. 4.2.2.4. Pantalla històric alarmes.....	42
Fig. 4.2.2.5. Alarm Setup Triggers.....	43
Fig. 4.2.2.6. Alarm Setup Messages.....	43
Fig. 4.2.2.7. Pantalla gestió usuaris.....	44
Fig. 4.2.2.8. Users and Groups.....	45
Fig. 4.2.2.9. Runtime Security.....	45
Fig. 4.2.3.1. Pantalla principal PanelView Plus 7 Standard 9W.....	46
Fig. 4.2.3.2. Configuració adaptador Ethernet panell.....	47
Fig. 4.2.3.3. Rslinx Enterprise.....	47
Fig. 4.2.3.4. Tag Browser Factory Talk View Studio.....	48
Fig. 4.2.3.5. Configuració Services.....	50
Fig. 4.2.3.6. Network Server Configuration.....	51
Fig. 4.3.1.1. Exemple codi RAPID.....	53
Fig. 4.3.1.2. FlexPendant ABB.....	53
Fig. 4.3.1.3. FlexPendant Càrregar mòduls.....	54
Fig. 4.3.1.4. FlexPendant Modificar punts.....	54
Fig. 4.3.3.1. Controladora R-30iB Mate.....	58
Fig. 4.3.3.2. Controlador IRC50 Compact.....	58
Fig. 4.3.3.3. Posició inicial sistema.....	59
Fig. 4.3.3.4. Login usuari.....	59

Fig. 4.3.3.5. Pantalla manual	60
Fig. 4.3.3.6. Robot moviment alimentador	61
Fig. 4.3.3.7. Robot conjunt detecció	61
Fig. 4.3.3.8. Robot peça detectada incorrecte	62
Fig. 4.3.3.9. Robot peça detectada correcte	62
Fig. 4.3.3.10. Robot peça inici mecanització	63
Fig. 4.3.3.11. Trepant foradat peça	63
Fig. 4.3.3.12. Verificador peça	64
Fig. 4.3.3.13. Robot peça mecanitzada incorrecte	64
Fig. 4.3.3.14. Robot peça mecanitzada correcte	65
Fig. 4.3.3.15. Robot magatzem	65
Fig. 4.3.3.16. Pantalla automàtic	66
Fig. 4.3.3.17. Pantalla configuració	66
Fig. 4.3.3.18. Pantalla usuaris	67
Fig. 4.3.3.19. Afegir Usuaris	67
Fig. 4.3.3.20. Propietats usuaris	68
Fig. 4.3.3.21. Modificar Grups Usuaris	68
Fig. 4.3.3.22. Pantalla alarmes	69
Fig. 4.3.3.23. VNC Viewer	70
Fig. 4.3.3.24. VNC Viewer mitjançant telèfon mòbil	70
Fig. 4.3.4.1. Connexió actual relé seguretat	71

Fig. 4.3.4.2. Connexió relé seguretat doble canal	71
Fig. 4.3.4.3. Connexió entrades seguretat R-30iB Mate	72
Fig. 4.3.4.4. Connexió entrades seguretat IRC5 Compact	72
Fig. 4.3.4.5. Connexió referència freqüència.....	73

Índex de taules.

Taula 3.1. Taula resum planificació activitats avantprojecte.....	15
Taula 3.2. Taula resum planificació activitats memòria intermèdia.....	18
Taula 3.3. Taula resum planificació activitats memòria final.....	19
Taula 4.1.3.1. Característiques tècniques Panel View Plus 7 Standard 9W.....	27
Taula 4.2.3.1. Entrades/sortides PLC-Robot ABB.....	49
Taula 4.2.3.2. Entrades/sortides PLC-Robot FANUC.....	49
Taula 7.1. Amidaments Capítol I.....	79
Taula 7.2. Amidaments Capítol II.....	79
Taula 7.3. Quadre de preus Capítol I.....	79
Taula 7.4. Quadre de preus Capítol II.....	80
Taula 7.5. Pressupost parcial Capítol I.....	80
Taula 7.6. Pressupost parcial Capítol II.....	81
Taula 7.7. Pressupost parcial Capítol III.....	81

Glossari de termes.

HMI	Human-Machine Interface
PLC	Programable Logic Controller
TCM	Tecnocampus
DI	Digital Input
DO	Digital Output
CPU	Control Process Unit
VAC	Voltatge Alternating Current
VDC	Voltage Direct Current
ST	Structured Text
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
IP	Internet Protocol
LED	Light-Emitting Diode
VNC	Virtual Network Computing
RFB	Remote Frame Buffer

1.Antecedents

La cèl·lula flexible és un sistema de cinta transportadora robotitzada ubicat al Laboratori 4 de la universitat Tecnocampus Mataró-Maresme. Aquest conjunt està format principalment per una cinta transportadora, els robots ABB IRB120 i FANUC LR Mate 200iD/4S, una estació de càrrega i una estació de mecanitzat. Tot aquest sistema està governat per un PLC Compactlogix de Rockwell ubicat en un quadre elèctric on resideix la potència i el control de tots els components.

L'equip s'utilitza en diverses assignatures com a mitjà per a la formació pràctica sobretot en l'aprenentatge de la programació de robots. Part del sistema actual prové d'un treball de final de grau titulat DISSENY D'UNA CINTA TRANSPORTADORA ROBOTITZADA, Miguel Angel Molina Porcel, Tardor 2011. En aquest projecte es va cablejar de nou el quadre elèctric per a substituir dos PLC SLC de Rockwell pel Compactlogix actual i el robot Scorbot ER V Plus per l'actual ABB IRB120.

El robot ubicat en la zona de mecanització es tractava d'un SCORBOT III que posteriorment a aquest projecte es va substituir per l'actual FANUC LR Mate 200iD/4S. En aquest projecte es va proporcionar documentació elèctrica mitjançant el software de dibuix Autocad, per tant no es disposa de documentació actualitzada amb la incorporació posterior del robot FANUC LR Mate 200iD/4S.'

El resum del funcionament de la cèl·lula flexible és el següent:

Es disposa de 3 tipus de peces diferents, les taronges i negres són de plàstic i la restant és metàl·lica. Prèviament s'assigna un nombre de peces desitjades de cada tipus que formaran part d'un lot. A partir d'un alimentador es disposen les peces que són identificades segons el tipus gràcies a un conjunt de sensors i transportades pel robot ABB a l'estació de càrrega o a un contenidor de peces de rebuig dependent del tipus de peça identificat. Mitjançant un palet que circula per la cinta transportadora desplaçem la peça a la zona de mecanitzat on actua el robot FANUC, primer es simula l'acció de perforació d'un trepant i posteriorment es comprova que la peça ha sigut mecanitzada correctament. Dependent del resultat, la peça és transportada de nou a la zona de càrrega i es diposita en un magatzem on s'acumulen les

peces correctes. Per altra banda si la mecanització no és correcte es transporta la peça a un contenidor de rebuig.

2. Objectius.

2.1. Propòsit.

Desenvolupament del software necessari e implementació d'una interfície gràfica tàctil (HMI) que permeti el control i la gestió de la cèl·lula de fabricació flexible dels robots ABB IRB120 i FANUC LR Mate 200iD/4S ubicats a la universitat.

2.2. Finalitat.

Possibilitar la gestió i control del el conjunt de la cèl·lula de fabricació flexible facilitant la interacció entre els estudiants i el sistema.

Disposar de documentació del cablejat elèctric del conjunt actualitzada i professional.

2.3. Objecte.

Interfície gràfica tàctil integrada en el sistema que permetrà:

- Modificació dels paràmetres funcionals del conjunt. (Comptadors, Temporitzadors..etc)
- Visualització de les dades rellevants.
- Accions manuals del conjunt.
- Gestió d'alarmes
- Accés restringit per als diferents perfils d'usuari.

A més es proporcionarà la documentació elèctrica actualitzada del sistema i la programació del controlador en llenguatge d'alt nivell.

2.4. Abast.

El projecte inclou el següent.

- Documentació elèctrica actualitzada utilitzant el software EPLAN P8 Electric.
- Programació en llenguatge ST mitjançant RSLogix5000.
- Programació de la interfície gràfica tàctil mitjançant Factory Talk View Studio.
- Implementació de la comunicació PLC-HMI.

- Modificació del programes existent dels robots ABB IRB120 i FANUC LR Mate 200iD/4S.
- Verificació del bon funcionament del sistema.

2.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus.

El projecte es realitza a partir d'un sistema o conjunt que s'utilitza en diferents assignatures del grau en Enginyeria Electrònica i Automàtica Industrial. La seva finalitat és facilitar la interacció entre els estudiants i el sistema. Per altra banda tant la programació de PLC's i HMI com la generació de documentació elèctrica són conceptes a estudiar dins de les diferents matèries d'aquest Grau.

2.6. Perspectiva de gènere.

El present projecte es basa en la integració d'una interfície gràfica tàctil per al control i supervisió de la cèl·lula de fabricació flexible. Es tracta d'una solució tècnica per a la interacció entre els usuaris i el sistema. No es dissenya cap producte ni servei tecnològic . El projecte és neutral respecte a la perspectiva de gènere. La interfície gràfica pot ser utilitzada per homes i dones sense distinció.

3. Planificació.

A continuació es mostren les activitats que formen part del projecte, les dates previstes d'inici i fi i la durada en hores d'aquestes.

Activitat	Inici	Fi	Durada
Recopilació d'informació i estudi antecedents	dll 21/12/20	vie 01/01/21	30 hores
Realització esquemes elèctrics	dll 04/01/21	vie 29/01/21	45 hores
Redacció documentació avantprojecte	dll 01/02/21	vie 12/02/21	30 hores
Programació PLC llenguatge ST	dll 15/02/21	vie 05/03/21	45 hores
Programació HMI	dll 08/03/21	vie 09/04/21	75 hores
Redacció documentació Memòria Intermitja	dll 12/04/21	vie 23/04/21	30 hores
Modificació programa Robot ABB	dll 26/04/21	vie 30/04/21	15 hores
Modificació programa Robot Fanuc	dll 03/05/21	vie 07/05/21	15 hores
Posada en marxa del conjunt	dll 10/05/21	vie 04/06/21	60 hores
Redacció documentació Memòria Final	dll 07/06/21	vie 18/06/21	30 hores

Taula. 3.1. Taula resum planificació activitats avantprojecte.

Per tal de millorar la planificació s'ha fet ús del software Microsoft Project.

Aquest software genera entre d'altres un diagrama de Gantt que ens permet veure la planificació del projecte en la seva totalitat i les prelacions entre les tasques a realitzar. Es pot observar com s'ha actualitzat el projecte amb data de 12/02/2021 i mostra el percentatge de les tasques acomplertes en aquest punt.

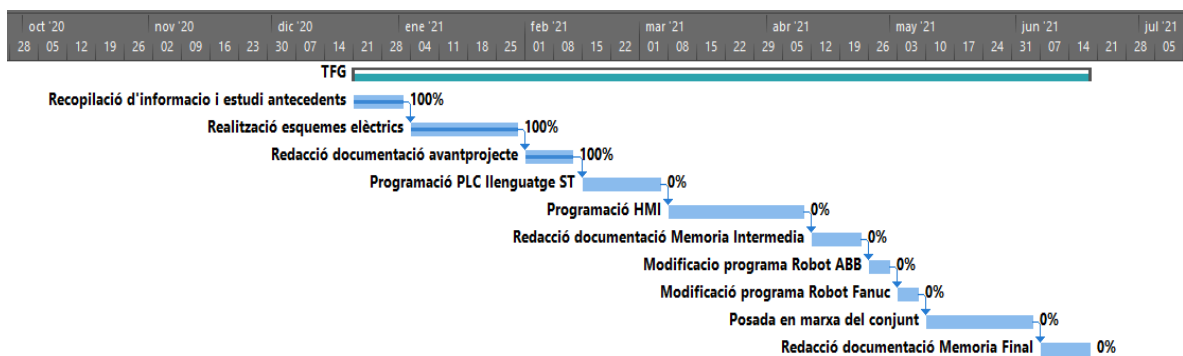


Fig. 3.1. Diagrama de Gantt Microsoft Project avantprojecte[Font pròpia]

Descripció de les tasques a realitzar:

Recopilació d'informació i estudi antecedents

- Estudi del projecte original de la cèl·lula flexible.
- Recerca de l'estat actual del sistema i les modificacions existents.

Realització esquemes elèctrics

- Realització dels esquemes elèctrics del sistema mitjançant el software EPLAN P8 Electric.
- Revisió de les modificacions del cablejat des del projecte original

Redacció documentació avantprojecte

- Definició dels objectius del projecte
- Documentació de l'estudi dels antecedents i els conceptes teòrics relacionats amb el projecte.
- Viabilitats tècnica, econòmica i mediambiental.
- Planificació.

Programació PLC llenguatge ST

- Estudi de l'entorn de programació RSLogix 5000.
- Programació del controlador en llenguatge ST basat en el programa existent en llenguatge Ladder.
- Creació del codi, les variables i la configuració de comunicació necessaris per a l'intercanvi de dades amb la interfície gràfica HMI.

Programació HMI

- Estudi del entorn de programació Factory Talk View.
- Creació de les pantalles necessàries per al funcionament.
- Gestió d'alarmes.
- Nivells d'usuari
- Comunicació i intercanvi de dades amb el PLC

Redacció documentació Memòria Intermèdia

- Revisió de la documentació i planificació lliurada a l'avantprojecte.
- Documentació del progrés del disseny de la solució, concretament la programació del controlador i el panell.

Modificació programa Robot ABB

- Modificació del codi existent del Robot ABB per a la interacció amb la interfície gràfica.

Modificació programa Robot Fanuc

- Modificació del codi existent del Robot ABB per a la interacció amb la interfície gràfica.

Posada en marxa del conjunt

- Verificació de la comunicació PLC-HMI i el correcte intercanvi de dades.
- Verificació entrades/sortides digitals corresponents amb la documentació elèctrica.
- Verificació de la comunicació del PLC amb els robots ABB i Fanuc.
- Realització de proves de funcionament de tot el conjunt.

Redacció documentació Memòria Final

- Documentació de la solució final.
- Valoració de la planificació inicial.
- Tancament del projecte.

-Riscos

Tot i que la tasca de la posada en marxa del conjunt és una de les més extenses, es coneix que aquests tipus de tasques molts cops són imprevisibles. Per tant, en la mesura del possible mentre durin les tasques de programació de PLC i HMI es comprovarà el funcionament de l'intercanvi de dades entre aquests dispositius per tal de centrar la posada en marxa en el funcionament del conjunt del sistema.

-Actualització estat planificació memòria intermèdia.

L'activitat Programació PLC llenguatge ST ha sofert un increment en la durada de 15 hores. El programa base realitzat en llenguatge ladder no disposa de comentaris adequats per a la seva comprensió ni estructura ordenada. Aquest increment de l'activitat en qüestió causa una divisió en l'activitat Programació HMI per tal de donar prioritat a la finalització de l'activitat Redacció documentació Memòria Intermèdia. Es tracta d'un imprevist que allarga la finalització del treball en 5 dies.

Per tal de corregir la desviació es proposa augmentar la càrrega de treball en l'activitat Posada en marxa del conjunt i d'aquesta manera finalitzar el treball en la data prevista inicialment.

Activitat	Inici	Fi	Durada
Recopilació d'informació i estudi antecedents	dll 21/12/20	vie 01/01/21	30 hores
Realització esquemes elèctrics	dll 04/01/21	vie 29/01/21	45 hores
Redacció documentació avantprojecte	dll 01/02/21	vie 12/02/21	30 hores
Programació PLC llenguatge ST	dll 15/02/21	vie 12/03/21	60 hores
Programació HMI	dll 15/03/21	vie 30/04/21	75 hores
Redacció documentació Memòria Intermèdia	dll 12/04/21	vie 23/04/21	30 hores
Modificació programa Robot ABB	dll 03/05/21	vie 07/05/21	15 hores
Modificació programa Robot Fanuc	dll 10/05/21	vie 14/05/21	15 hores
Posada en marxa del conjunt	dll 17/05/21	vie 11/06/21	60 hores
Redacció documentació Memòria Final	dll 14/06/21	vie 25/06/21	30 hores

Taula. 3.2. Taula resum planificació activitats memòria intermèdia.

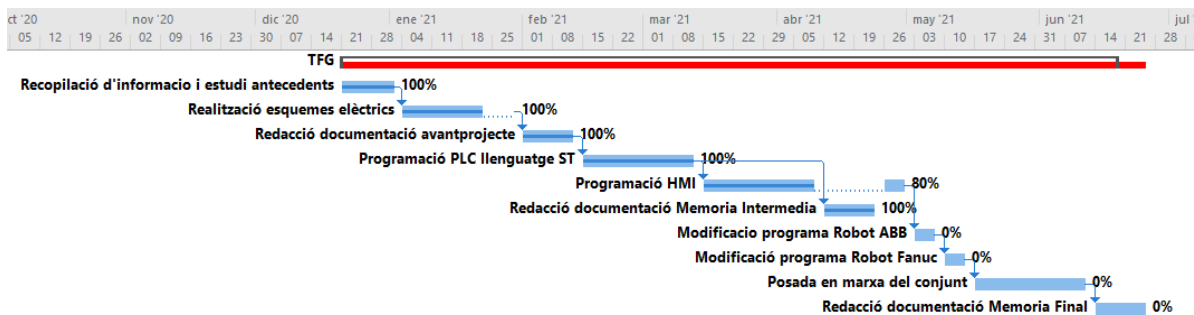


Figura 3.2 Actualització Diagrama de Gantt Microsoft Project memòria intermèdia[Font pròpia]

-Actualització estat planificació memòria final.

L'activitat Modificació programa Robot Fanuc no ha estat necessària, per la pròpia naturalesa del programa existent, ja que possibilita la interacció amb les funcionalitats de la interfície gràfica tàctil. L'eliminació d'aquesta tasca redueix en 5 dies la durada total del projecte, que s'havia incrementat en la mateixa quantitat en l'actualització anterior.

D'altra banda l'activitat posada en marxa del sistema s'ha incrementat en 5 dies. Per tal de no allargar la durada total del projecte s'ha realitzat en part la redacció de la documentació de la memòria final de forma simultània amb la posada en marxa del conjunt augmentant la càrrega d'hores i aportant a la durada total del projecte un increment de 15 hores amb un total de 395 hores.

Activitat	Inici	Fi	Durada
Recopilació d'informació i estudi antecedents	dll 21/12/20	vie 01/01/21	30 hores
Realització esquemes elèctrics	dll 04/01/21	vie 29/01/21	45 hores
Redacció documentació avantprojecte	dll 01/02/21	vie 12/02/21	30 hores
Programació PLC llenguatge ST	dll 15/02/21	vie 12/03/21	60 hores
Programació HMI	dll 15/03/21	vie 30/04/21	75 hores
Redacció documentació Memòria Intermèdia	dll 12/04/21	vie 23/04/21	30 hores
Modificació programa Robot ABB	dll 03/05/21	vie 07/05/21	15 hores
Posada en marxa del conjunt	dll 10/05/21	vie 11/06/21	75 hores
Redacció documentació Memòria Final	dll 07/06/21	vie 18/06/21	30 hores

Taula. 3.3. Taula resum planificació activitats memòria final.

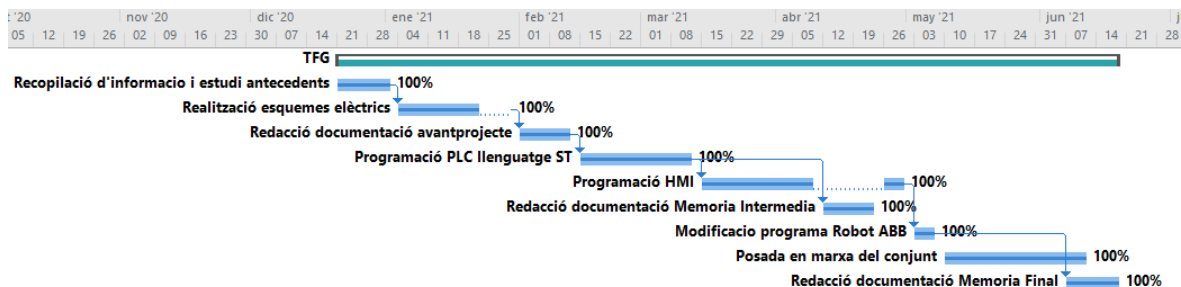


Figura 3.3 Actualització Diagrama de Gantt Microsoft Project memòria final [Font pròpia]

4. Realització del projecte.

4.1.Fase 1. Recopilació d'informació i el seu estudi

4.1.1. Documentació esquemes elèctrics

Prèviament a la programació del PLC i la interfície gràfica HMI i per tal d'aportar una documentació elèctrica professional i coherent amb els dispositius actualment instal·lats s'ha decidit redibuixar el quadre elèctric mitjançant el software EPLAN P8 Electric. El fet de disposar dels esquemes elèctrics complets facilita la localització de les entrades i sortides digitals que intervenen en el procés i es tracta d'una eina imprescindible en la posada en marxa de sistemes automatitzats.

EPLAN Electric P8 és el líder mundial en software elèctric i és molt utilitzat en els camps de l'enginyeria elèctrica i l'automatització.

Aquest software ens apropa a la indústria 4.0 en diferents aspectes, compta amb una base de dades situada al núvol on es pot accedir a les macros de components de bona part de fabricants d'aparellatge elèctric, variadors , PLC, etc.

D'altra banda permet generar plantilles de que permeten automatitzar la generació d'esquemes elèctrics i la documentació en relació a els materials utilitzats, regletes de borns, cables, etc. A més, el software genera un pdf interactiu en el que podem localitzar els components i seguir les connexions de forma virtual.

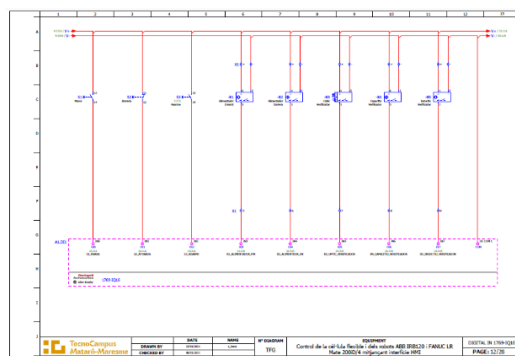


Fig. 4.1.1.1. Exemple documentació esquema elèctric EPLAN. [Font pròpia]

D'aquesta manera s'aposta per a la utilització dels mitjans visuals com podrien ser dispositius electrònics per part dels operaris en la fabricació d'esquemes elèctrics reduint el consum de paper.

Per tal d'obtenir una documentació rigorosa i completa es recullen a continuació els components que formen part del quadre elèctric i del procés.

- Quadre elèctric

- Interruptor diferencial MERLIN GERIN (2P 40A 30mA)

-Magnetotèrmic MERLIN GERIN (2P 10A Corba C)

- Porta fusibles DF (2P 32A) + Fusibles GAVE (10x38 4A,2A)

- Font alimentació OMRON S82K10024 (230VAC/24VDC 100W)

- Variador de freqüència OMRON 3G3EV (230VAC 0.75KW)

- Relé de seguretat PILZ PNOZ XV2 (2 Channels 24VDC)

- 4x Relé OMRON MK2P-S (2 Contactes 24VDC)

- 2x Relé WEIDMULLER RCM (4 Contactes 24VDC)

-PLC:

- Controlador ComptactLogix 1769-L32E

-1769-PA4 Font alimentació

- 3x1769-IQ16 Mòdul 16 Entrades digitals

-2x1769-OB16 Mòdul 16 Sortides digitals per transistor

-1769-OW16 Mòdul 16 Sortides digitals per relé

-4x Electrovàlvules FESTO MYH5/2-2.3 (24VDC)

-2x Electrovàlvules SMC SY3140-5LOU (24VDC) (Frenat palets)

- Motors

-4x TRANSMISSION AQUITAINE (0.25KW 230/380V 1/0.58A) (Cinta transportadora)

- PLG 30 (24VDC) (Plat divisor)

- Robot ABB IRB-120 Controlador IRC50 Compact

- Robot FANUC LR Mate 200iD/4S Controlador R-30iB Mate

- Sensors

- Sensor cromàtic SOEG-RT-M18-PS-K-L PNP NO (Identificació de tipus de peces)

- Sensor inductiu (Identificació de tipus de peces)

- Sensor capacitiu BERNSTEIN KCN-T18PS-008 KLP2 Identificació de tipus de peces)

-8x Sensor reed Festo SMEO-4-K-LED24 (Alimentador peces, Verificador, Subjectador, Trepant)

-2x Sensor inductiu TL-X4 MF1-E3 PNP/NO (Detecció palets)

- Sensor òptic FESTO (24VDC) (Peça Mecanitzat)

4.1.2. Programació PLC ST

En els inicis de la programació de PLC es va idear un llenguatge anomenat d'escala o Ladder orientat a la lògica de contactes que s'utilitzava per a l'automatització de sistemes mitjançant relés. Aquest llenguatge ha sigut el predominant en la indústria ja que el personal encarregat de la programació provenia normalment de l'automatització basada en la lògica cablejada. Tot i això, es tracta d'un llenguatge que pot presentar dificultats a l'hora de dur a terme projectes de gran envergadura o fer càlculs complexos. El text estructurat ST (Structured Text) és un llenguatge d'alt nivell amb orígens en els llenguatges Pascal i 'C'.

La finalitat de l'ús d'aquest tipus de llenguatge és millorar la qualitat, la claredat del codi i reduir el temps de desenvolupament dels programes. A més facilita la detecció d'errors en la programació i la posada en marxa del sistema. A més es tracta d'un llenguatge fàcil d'aprendre per a usuaris iniciats en altres llenguatges d'alt nivell com el 'C' que compta amb molts usuaris arreu del món. En l'àmbit de la programació de PLC cada fabricant disposa del seu propi software i això condiona que els perfils laborals i els programes s'identifiquin en fabricants en concret.

Aquest sistema aporta versatilitat a l'hora de migrar programes d'un fabricant a un altre reduint considerablement els temps de desenvolupament.

```

(**MANUAL EV PINÇA**)
) IF EDGEPOS (PANEL_E_ABRIR_PINZA) AND NOT E_ALM_GENERAL THEN
  MAN_EV_CERRAR_PINZA:=FALSE;
  MAN_EV_ABRIR_PINZA:=TRUE;
) ELSEIF EDGEPOS (PANEL_E_CERRAR_PINZA) AND NOT E_ALM_GENERAL THEN
  MAN_EV_ABRIR_PINZA:=FALSE;
  MAN_EV_CERRAR_PINZA:=TRUE;
END_IF

(**MANUAL PUJAR/BAIXAR PINÇA**)
) IF EDGEPOS (PANEL_E_BAJAR_PINZA) AND NOT E_ALM_GENERAL THEN
  MAN_EV_SUBIR_PINZA:=FALSE;
  MAN_EV_BAJAR_PINZA:=TRUE;
) ELSEIF EDGEPOS (PANEL_E_SUBIR_PINZA) AND NOT E_ALM_GENERAL THEN
  MAN_EV_BAJAR_PINZA:=FALSE;
  MAN_EV_SUBIR_PINZA:=TRUE;
END_IF

```

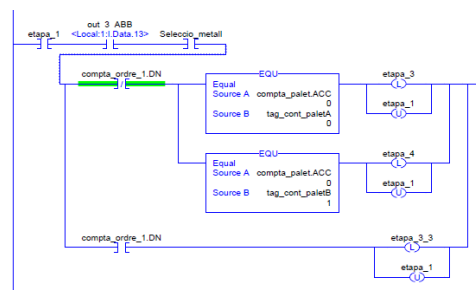


Fig. 4.1.2.1. Comparativa Text estructurat-Ladder.[Font pròpia]

El software utilitzat per a la programació del PLC d'aquest projecte és el RSLogix 5000 de Rockwell. La IEC 61131 és un conjunt de normes publicades per la Comissió Electrotècnica Internacional amb l'objectiu d'estandarditzar els automats programables i va ser publicada per primer cop al desembre de 1993. En la tercera part d'aquest document, la IEC 61131-3,

tracta els llenguatges de programació i defineix els estàndards dels següents tipus de llenguatges:

- Diagrama de contactes (LD-Ladder Diagram)
- Diagrama de blocs de funcions (FBD-Function Block Diagram)
- Text estructurat (ST- Structured Text)
- Llista d'instruccions (IL-Instruction List)
- Blocs de funció seqüencials (SFC – Sequential Function Chart)

4.1.3. Programació HMI

En aquest projecte s'implementa el control i la gestió de la cèl·lula flexible mitjançant una interfície gràfica tàctil anomenada generalment HMI (Human-Machine Interface). Es tracta de la interfície que facilita la interacció entre els usuaris i un procés industrial automatitzat. Aquest dispositiu és un monitor visual que es comunica enviant i rebent dades amb el PLC, que és l'encarregat principal del tractament de variables i la gestió d'entrades i sortides que controlen el sistema.

Amb aquest sistema podem visualitzar de manera gràfica e intuïtiva dades en temps real i alhora ens possibilita modificar o introduir nous paràmetres que intervenen en la gestió del sistema. Amb el pas dels anys els processos industrials han evolucionat i cada cop són més complexos. Per aquest motiu intervenen un gran nombre de variables i el fet de disposar d'una interfície gràfica permet gestionar de manera ordenada i eficient tota aquesta informació.

La interacció que ens facilita el sistema HMI permet dissenyar processos industrials molt més flexibles, ja que podem modificar els paràmetres que hi intervenen de manera fàcil sense necessitat de personal qualificat. A més ens aporta informació gràfica de l'estat del procés com podria ser lectures dels sensors instal·lats, temporitzadors i comptadors del sistema i avisos d'alarmes entre d'altres, això permet millorar la gestió de la producció

Les funcions principals del sistema HMI són: - Informació de l'estat de la màquina o procés. - Visualitzar i modificar diferents paràmetres del procés com temporitzadors, comptadors, consignes, etc. - Gestió d'alarmes. - Seguretat en el nivell d'accés.

La interfície gràfica tàctil escollida és la Panelview Plus 7 Standard 9W



Fig. 4.1.3.1. Panelview Plus 7 Standard 9W.[Rockwell]

Aquesta família de dispositius són compatibles amb les famílies de controladors ControlLogix i CompactLogix. Algunes de les seves característiques són les següents:

- Possibilitat de connexió a 1 controlador.
- Fins a 25 pantalles i 200 alarmes
- Sistema operatiu Windows CE amb accés a escriptori.
- Comunicació Ethernet.
- Visor de PDF
- Homologacions Clase 1, Div.2 i ATEX Zones 2 i 22.
- Voltatge d'alimentació: 24VDC.
- Port USB i ranura per a targeta SD

El model utilitzat Panel View Plus 7 Standard 9W és una interfície gràfica a color de 9 polzades d'ample.

Referència	Mida	Tipus	Relació d'aspecte	Pixels(Ample X Alt)	Nº Ports Ethernet	RAM	Memòria usuari
2711P-T9W21D8S	9"	WVGA TFT Color	5:3	800x480	1	512MB	250MB

Taula. 4.1.3.1 Característiques tècniques Panel View Plus 7 Standard 9W

Per tal d'integrar la interfície gràfica en el sistema s'ha de proporcionar un voltatge d'alimentació de 24VDC, en aquest cas el panell forma part del material que s'utilitza per a les pràctiques d'assignatures del Grau en Enginyeria Electrònica i Automàtica Industrial i està instal·lada en un suport metàl·lic amb connexió a una font d'alimentació de 230VAC/24VDC per tal de facilitar el seu transport i la connexió a la xarxa elèctrica mitjançant un endoll. El dispositiu disposa d'un connector de 3 pins per a la connexió de l'alimentació i una referència a terra.

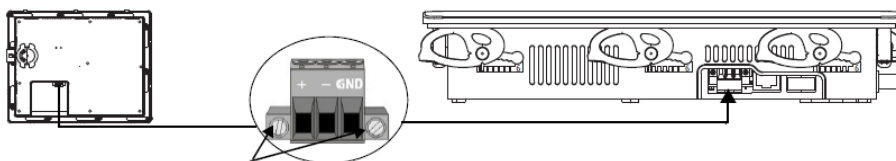


Fig. 4.1.3.2. Connector Alimentació Panelview Plus 7 Standard 9W. [Rockwell]

El panell porta precarregat el software Factory Talk ME Station que és l'encarregat de executar les aplicacions prèviament desenvolupades amb el software FactoryTalk View Studio.

Aquest software ens permet la programació de sistemes SCADA utilitzats generalment en processos de gran envergadura mitjançant aplicacions instal·lades en ordinadors dissenyats especialment per a l'ús industrial i la programació orientada al control i supervisió mitjançant interfícies gràfiques HMI.

Es tracta d'un software que proporciona l'entorn i les eines òptimes per a la creació del software que permetrà supervisar i controlar els processos industrials.

Es desenvolupa la programació del panell mitjançant la creació de diferents tipus de pantalles on es distribueixen els diferents elements que formen part del control i la supervisió del sistema.

La navegació entre les pantalles es portarà a terme mitjançant una barra de navegació formada per diferents elements que permeten el salt entre aquestes.

La distribució preliminar d'aquestes es mostra a continuació:

Pantalla d'inici

- Logotip de la universitat Tecnocampus Mataró-Maresme

Pantalla automàtic

- Visualització i possibilitat d'interacció amb els paràmetres bàsics de funcionament del sistema.

Pantalla manual

- Possibilitat d'activació de sortides digitals de forma manual que accionen i permeten la visualització de l'estat de motors, electrovàlvules,..etc

Pantalla configuració

- Pantalla que permetrà realitzar canvis en paràmetres interns del sistema.

Pantalla alarmes

-Històric de les alarmes succeïdes i control d'aquestes.

Nivell d'usuari

-Nivell d'accés protegit per contrasenya en diversos paràmetres.

4.1.4. Comunicacions

La connexió de la interfície gràfica amb el controlador es portarà a terme mitjançant el protocol Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol). Es tracta d'un estàndard de xarxa de comunicació amb la capacitat de transferir dades a grans velocitats.

El model utilitzat Panel View Plus 7 Standard 9W permet la comunicació amb 1 controlador i és compatible amb les famílies CompactLogix i ControlLogix. Disposa d'un port Ethernet que incorpora d'un connector RJ45,10/100Base-TJ i accepta connexions MDI/MDI-X. El panell es comunica amb el controlador mitjançant un cable Ethernet de parell trenat de CAT5 o superior amb connectors RJ45 en ambdós extrems. Per al bon funcionament del sistema aquest cable no pot superar la longitud màxima de 100 m.

A més el port Ethernet disposa de dos indicadors Led que proporcionen informació sobre l'estat de la comunicació:

-Led verd encès: Comunicació física establerta.

-Led groc intermitent: Activitat en la comunicació.

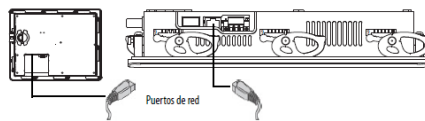


Fig. 4.1.4.1. Port Ethernet Panelview Plus 7 Standard 9W. [Rockwell]

Al disposar només de dos elements a connectar per Ethernet la connexió serà directa, no és necessari estructurar cap topologia de xarxa per a la comunicació de diferents elements. La comunicació del PLC amb els robots es realitza mitjançant entrades i sortides digitals. Aquesta comunicació ja es va realitzar amb anterioritat, tot i que quedarà reflectida en la nova documentació elèctrica.

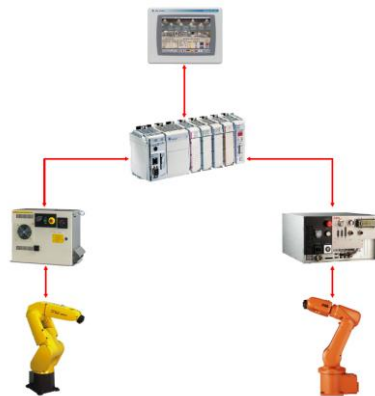


Fig. 4.1.4.2. Estructura comunicació sistema. [Font pròpia]

4.2.Fase 2. Disseny de la solució proposada

4.2.1. Programació PLC ST

-Gestió de tasques.

El programa s'ha estructurat en diferents tasques per tal de facilitar el desenvolupament d'aquest. Es tracta de tasques periòdiques que executen els programes en intervals fixes de temps. A cada tasca se li ha assignat un programa del mateix nom, existeix la possibilitat de configurar el temps del període amb el qual s'executa la tasca, la prioritat entre les diferents tasques mitjançant ordenació numèrica i el temps de vigilància "Watchdog", que es tracta d'un temporitzador intern que genera una alarma en cas que la tasca no s'executi en el període estimat.

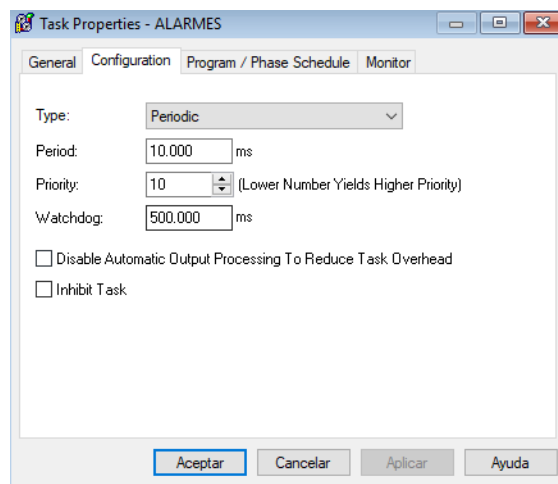


Fig. 4.2.1.1. Configuració tasques.[Font pròpia]

-Gestió de variables.

Per tal de facilitar la programació i la claredat del codi, s'ha utilitzat el tipus de dades definit per l'usuari "User-Defined", d'aquesta manera agrupem les variables segons la seva funcionalitat. A l'hora de programar resulta més senzill utilitzar aquest tipus de dades, ja que al utilitzar la variable definida ens apareixen totes les variables que pertanyen a aquest grup.

S'ha definit els següents tipus de dades definides per l'usuari:

-Alarmes, agrupa totes les variables relacionades amb les alarmes del sistema.

-Automàtic, agrupa totes les variables que s'utilitzen per a accionar les sortides digitals quan el sistema es troba en mode automàtic.

-Inputs, agrupa totes les variables que fan referència a les entrades digitals del sistema.

-Outputs, agrupa totes les variables que fan referència a les sortides digitals del sistema.

-Manual, agrupa totes les variables que s'utilitzen per a accionar les sortides digitals quan el sistema es troba en mode manual.

-Panel, agrupa totes les variables que s'utilitzen per a interactuar amb la interfície gràfica.

Un cop creats els grups assignem una variable a "Controller tags" del tipus "User-defined", aquesta variable ens permet utilitzar les variables dins del programa.

ALRM	ALARMES
ALRM.EV_ALIMENTADOR	BOOL
ALRM.EV_TREPANT	BOOL
ALRM.EV_VERIFICADOR	BOOL
ALRM.EV_SUBJECTAR	BOOL
ALRM.ABB	BOOL
ALRM.FANUC	BOOL
ALRM.GENERAL	BOOL
ALRM.DISABLE_EV	BOOL
ALRM.DISABLE_ROBOTS	BOOL

Fig. 4.2.1.2. Exemple User-Defined variables. [Font pròpia]

Per tal d'estructurar el programa s'ha dividit en seccions:

- Inputs/Outputs

- Automàtic

- Manual

- Alarmes

-Inputs/Outputs

L'assignació d'entrades i sortides digitals es pot realitzar mitjançant el menú "Controller tags", assignant un nom a la variable i indicant en la columna "Alias for" la direcció interna de l'entrada o sortida digital en qüestió.

En aquest cas s'ha utilitzat una assignació d'entrades i sortides digitals mitjançant codi estructurat dins del programa. Això ens permet flexibilitat a l'hora d'intercanviar senyals digitals i ens proporciona una vista global de totes les entrades i sortides. Es tracta d'una assignació que facilita la posada en marxa del sistema, ja que en aquest procés és usual haver de modificar aquestes assignacions i a més ens ajuda a veure els senyals lliures per a futures ampliacions o deshabilitar-les.

```
(*****ENTRADES DIGITALS*****)

(*****ENTRADES DIGITALS 1*****)

IN.S1_MARXA           := Local:1:I.Data.0;
IN.S2_ATURADA         := Local:1:I.Data.1;
IN.S3_REARME          := Local:1:I.Data.2;
IN.B2_ALIMENTADOR_RV := Local:1:I.Data.4;
IN.B1_ALIMENTADOR_FW := Local:1:I.Data.3;
IN.B3_OPTIC_VERIFICADOR := Local:1:I.Data.5;
IN.B4_CAPACITIU_VERIFICADOR := Local:1:I.Data.6;
IN.B5_INDUCTIU_VERIFICADOR := Local:1:I.Data.7;
IN.B6_PALET_ABB       := Local:1:I.Data.8;
IN.FC1_PECA_ALIMENTADOR := NOT Local:1:I.Data.9;
IN.K1_EMERGENCIA_OK   := NOT Local:1:I.Data.10;
IN.ABB_OUT_HOME       := Local:1:I.Data.11;
IN.ABB_OUT_PECA_DET   := Local:1:I.Data.12;
IN.ABB_OUT_FI_MOV     := Local:1:I.Data.13;
IN.B8_OPTIC_PECA_PLAT := Local:1:I.Data.14;
IN.B9_POSICIO_PLAT    := Local:1:I.Data.15;
```

Fig. 4.2.1.3. Exemple codi assignació entrades/sortides digitals. [Font pròpia]

Per tal que les accions del sistema en mode automàtic i en mode manual no interfereixin, a partir de la creació de les variables d'usuari definides anteriorment utilitzem diferents tipus de variables a l'hora de l'accionament de les sortides físiques del sistema. D'aquesta manera podem deshabilitar totes les activacions del mode manual quan el sistema treballa en mode automàtic i a l'inrevés.

```

(*****SORTIDES SISTEMA*****)

OUT.EV1_ALIMENTADOR      := AUTO.EV1_ALIMENTADOR OR MAN.EV1_ALIMENTADOR;
OUT.KM_MARKA_CINTA      := AUTO.KM_MARKA_CINTA OR MAN.KM_MARKA_CINTA;
OUT.EV2_PALET_ABB       := AUTO.EV2_PALET_ABB OR MAN.EV2_PALET_ABB;
OUT.KM_PLAT_DIVISOR     := AUTO.KM_PLAT_DIVISOR OR MAN.KM_PLAT_DIVISOR;
OUT.KM_TREPANT_FW       := AUTO.KM_TREPANT_FW OR MAN.KM_TREPANT_FW;
OUT.KM_TREPANT_RV       := AUTO.KM_TREPANT_RV OR MAN.KM_TREPANT_RV;
OUT.EV3_TREPANT_UP      := AUTO.EV3_TREPANT_UP OR MAN.EV3_TREPANT_UP;
OUT.EV4_TREPANT_DW      := AUTO.EV4_TREPANT_DW OR MAN.EV4_TREPANT_DW;
OUT.EV5_SUBJECTADOR_FW  := AUTO.EV5_SUBJECTADOR_FW OR MAN.EV5_SUBJECTADOR_FW;
OUT.EV6_VERIFICADOR_DW  := AUTO.EV6_VERIFICADOR_DW OR MAN.EV6_VERIFICADOR_DW;
OUT.EV7_PALET_FANUC     := AUTO.EV7_PALET_FANUC OR MAN.EV7_PALET_FANUC;

```

Fig. 4.2.1.4. Exemple codi assignació sortides sistema. [Font pròpia]

Les sortides que interactuen amb els robots s'han programat per a una duració determinada per pantalla per tal de no interferir amb els programes de les controladores pertinents.

-Automàtic

En aquesta secció es determina el funcionament de la màquina en mode automàtic. Es tracta d'un procés seqüencial i s'ha utilitzat la funció CASE com a base. La funció ens permet realitzar diverses accions depenent del valor numèric d'una variable. Definim una variable, en aquest cas "STEP_AUTO" del tipus Integer, depenent del valor que li assignem a aquesta variable es situarà en una part o altra del codi amb diferents funcionalitats i mitjançant les interaccions amb el sistema físic podrem gestionar en quina part del procés ens trobem. Es tracta d'una construcció molt utilitzada en la programació en llenguatge estructurat, ja que ens permet plasmar un procés físic de forma ordenada dividida en nivells. A més facilita la lectura del codi i la detecció d'errors i avaries en el sistema.

```

CASE STEP_AUTO OF
  0: /*REPOS

      IF IN.S3_REARME THEN
        STEP_AUTO:=5;
      END_IF;

  5: /* PALET A POSICIO ABB

      AUTO.KM_MARKA_CINTA:=1;
      AUTO.EV2_PALET_ABB:=1;

      IF IN.B6_PALET_ABB THEN
        AUTO.KM_MARKA_CINTA:=0;
        STEP_AUTO:=10;
      END_IF;

```

Fig. 4.2.1.5. Exemple codi mode automàtic funció CASE. [Font pròpia]

-Manual

Aquesta secció determina el funcionament del sistema en mode manual. En aquest mode podem forçar les activacions de les sortides digitals sempre que el sistema es trobi en repòs, és a dir, que el procés automàtic no s'hagi iniciat. És imprescindible en aquest mode la interacció amb la interfície gràfica tàctil. El mode manual facilita la posada en marxa del sistema, ja que ens permet comprovar si les assignacions de les entrades i sortides digitals es corresponen amb les activacions del sistema físic. D'altra banda també facilita les tasques de manteniment i reparació d'avaries. Mitjançant els pulsadors del panell gràfic podem activar i desactivar motors i electrovàlvules.

```
(*****EV TREPANT*****)

IF P.EV3_TREPANT_UP THEN
    MAN.EV3_TREPANT_UP:=1;
    MAN.EV4_TREPANT_DW:=0;
ELSIF P.EV4_TREPANT_DW THEN
    MAN.EV4_TREPANT_DW:=1;
    MAN.EV3_TREPANT_UP:=0;
END_IF;
```

Fig. 4.2.1.6. Exemple codi mode manual. [Font pròpia]

-Alarmes

En aquesta secció es troba el codi relacionat amb les alarmes del sistema. L'alarma principal i més crítica és la parada d'emergència del sistema. En aquest cas es desactiven totes les sortides del PLC i el mode automàtic retorna a l'estat inicial de repòs. Per altra banda es troben les alarmes de les electrovàlvules i dels robots, que proporcionen un avís però no actuen sobre el funcionament del procés. Les alarmes relacionades amb les electrovàlvules funcionen de la següent manera:

A l'activar o desactivar una electrovàlvula els sensors instal·lats confirmen el moviment mecànic dels actuadors pneumàtics. En el moment que s'acciona el moviment d'un actuator un temporitzador comença el seu comptatge i si al finalitzar el temps no es rep la confirmació del detector de posició es genera una alarma que indica l'incorrecte funcionament mecànic de l'actuator o del sensor en qüestió. Pel que fa a les alarmes dels robots, utilitzen el mateix sistema, a l'executar l'orde d'un moviment determinat a un robot iniciem un temporitzador

que si arriba al temps establert abans que el robot confirmi el final del moviment genera una alarma.

```

(*****EV TREPANT*****)

TON_ALM_EV_TREPANT.PRE := 1000;
TON_ALM_EV_TREPANT.EN := (AUTO.EV3_TREPANT_UP AND NOT IN.B10_TREPANT_UP) OR
( AUTO.EV4_TREPANT_DW AND NOT IN.B11_TREPANT_DW);
TONR (TON_ALM_EV_TREPANT);

IF TON_ALM_EV_TREPANT.DN THEN
  ALRM.EV_TREPANT:=1;
ELSI B_RESET THEN
  ALRM.EV_TREPANT:=0;
END_IF;

```

Fig. 4.2.1.7. Exemple codi alarma electrovàlvules. [Font pròpia]

-Posició magatzem

Per tal d'indicar al robot ABB, encarregat del posicionament de les peces mecanitzades i verificades en el magatzem, la posició en la qual ha de col·locar la peça processada en aquell moment s'utilitzen 5 sortides digitals del controlador . D'aquesta manera es proporciona una combinació de bits en el sistema binari que permet la indicació des del controlador cap al robot d'una posició concreta entre les 25 (0-24) posicions del magatzem.

```

(*****POSICIO MATRIU*****)

IF (STEP_AUTO=140) THEN

  IF (I_POSICIO_MATRIU=0) THEN
    AUTO.ABB_MATRIU_1:=0;
    AUTO.ABB_MATRIU_2:=0;
    AUTO.ABB_MATRIU_3:=0;
    AUTO.ABB_MATRIU_4:=0;
    AUTO.ABB_MATRIU_5:=0;
  ELSIF (I_POSICIO_MATRIU=1) THEN
    AUTO.ABB_MATRIU_1:=1;
    AUTO.ABB_MATRIU_2:=0;
    AUTO.ABB_MATRIU_3:=0;
    AUTO.ABB_MATRIU_4:=0;
    AUTO.ABB_MATRIU_5:=0;

```

Fig. 4.2.1.8. Exemple codi posicionament magatzem. [Font pròpia]

4.2.2. Programació HMI

-Automàtic

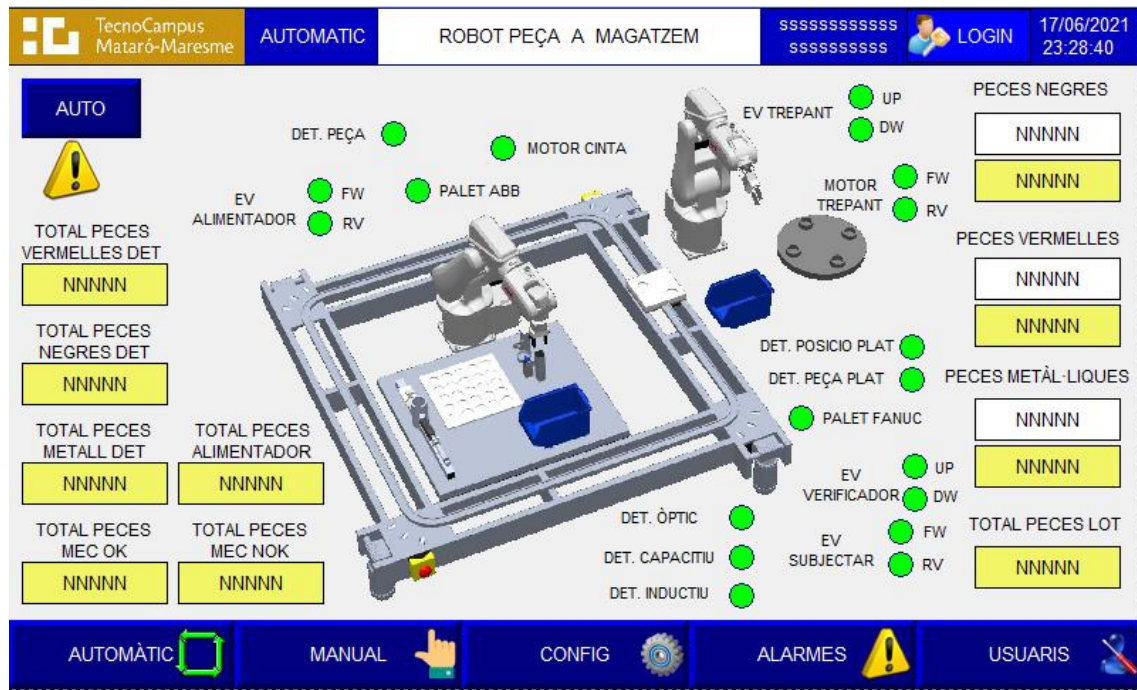


Fig. 4.2.2.1. Pantalla mode automàtic. [Font pròpia]

A la part superior s'observa una part comuna de totes les pantalles. En aquesta part apareix el logotip de Tecnocampus Mataró-Maresme, indicador de text que mostra a l'usuari si el sistema es troba en mode manual o automàtic i indicador de text que proporciona informació de l'estat del procés. El polsador "LOGIN" permet iniciar identificar-se com a usuari. A més es mostra l'usuari actual que ha iniciat la sessió en el sistema i un indicador horari de data i hora.

A la part inferior trobem una altra part comuna de totes les pantalles, el menú de navegació. Aquests camps ens permeten navegar entre les pantalles existents a la interfície gràfica.

Proporciona una visió global del sistema i es considera la pantalla principal de la interfície gràfica. Mitjançant aquesta pantalla podem controlar el sistema i els seus paràmetres principals:

- Entrades numèriques que ens permeten introduir el nombre de peces negres, vermelles o metàl·liques que formaran part del lot.

-Visualitzadors numèrics (en groc) on apareixen el nombre de peces que ja han arribat al final del procés de cada tipus i el nombre de peces totals a processar.

-Indicadors lluminosos de l'estat dels sensors i motors que participen en el procés, a més de senyalització d'alarma en el sistema.

A més es proporciona informació del total de unitats processades:

-Total peces alimentador: Total de peces que s'han servit en el procés.

- Total peces vermelles/negres/metàl·liques det: Total de peces de cada tipus que han sigut detectades amb el conjunt de sensors.

-Total peces mec NOK: Total de peces que han arribat al procés de mecanització i han estat catalogades com a peces incorrectes en el verificador.

-Total peces mec OK: Total de peces que han arribat al procés de mecanització i han estat catalogades com a peces correctes en el verificador.

-Manual

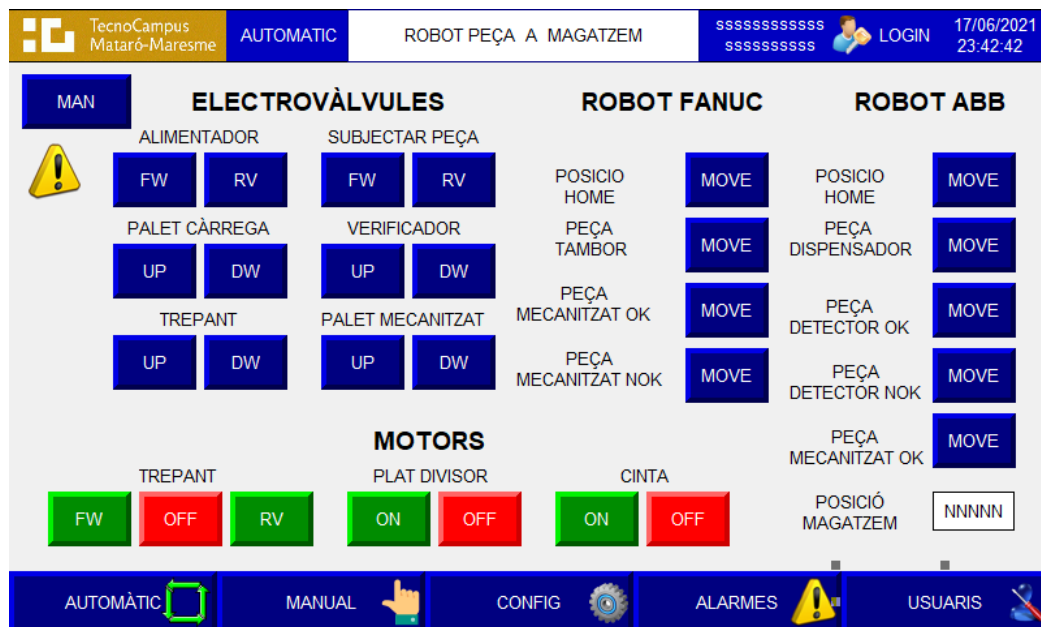


Fig. 4.2.2.2. Pantalla mode manual. [Font pròpia]

La pantalla del mode manual facilita la interacció amb els accionaments del sistema quan el procés es troba en aquest mode, és a dir, no s'ha iniciat el procés en mode automàtic. Des d'aquesta pantalla es possibilita la interacció directa amb les sortides digitals del sistema. Es tracta d'una funcionalitat que facilita la posada en marxa del sistema, ja que ens permet confirmar la correcta assignació de les entrades i sortides digitals vers el sistema físic. A més es tracta d'una eina útil en la detecció i correcció d'avaries i manteniment. S'ha dividit la pantalla en diferents parts segons les funcionalitats.

En la part inferior s'observa la possibilitat d'arrancar els motors mitjançant el pulsador "ON" i aturar-los per mitjà del pulsador "OFF". En el cas del trepant existeix la possibilitat d'accionar el motor en els dos sentits.

Pel que fa a les electrovàlvules existeix la possibilitat d'actuar manualment sobre la seva posició, activant i desactivant la mateixa sortida pertinent en el cas de les del tipus monoestable i activant la sortida corresponent a una bobina i desactivant la contrària en el cas de les electrovàlvules del tipus biestable. La possibilitat de l'actuació manual en aquest grup permet l'ajust dels sensors de posició corresponents als cilindres pneumàtics de manera àgil i precisa.

A més , s'ha afegit la possibilitat d'interaccionar amb els moviments dels robots mitjançant els pulsadors "MOVE". D'aquesta manera existeix la possibilitat de provar i ajustar les trajectòries individualment.

Pel que fa al robot FANUC es poden accionar de manera manual els següents 4 moviments:

- Posició Home: El robot es dirigeix a la posició de repòs o inicial.
- Peça tambor: El robot transporta la peça des del palet fins al tambor de mecanitzat.
- Peça mecanitzat NOK: El robot recull la peça del tambor i la porta al contenidor de peces incorrectes
- .-Peça mecanitzat OK: El robot transporta la peça des de el tambor fins al palet.

D'altra banda ,les accions manuals referents al robot ABB agrupen 5 moviments diferents:

- Posició home: El robot es dirigeix a la posició de repòs o inicial.

-Peça dispensador: El robot agafa la peça servida a la zona de l'alimentador i la porta al conjunt de detectors de tipus de peça.

-Peça detector NOK: El robot porta la peça des del conjunt de detecció al contenidor de peces incorrectes.

-Peça detector OK: El robot porta la peça des de el conjunt de detecció al palet.

- Peça mecanitzat OK: El robot transporta la peça des del palet a la posició del magatzem iniciada per l'usuari(0-24)

Cal considerar que aquest mode pot causar col·lisions entre els diferents elements del sistema, per tant es tracta d'un mode al qual s'ha d'accedir mitjançant usuari i contrasenya com a mesura de seguretat.

-Configuració

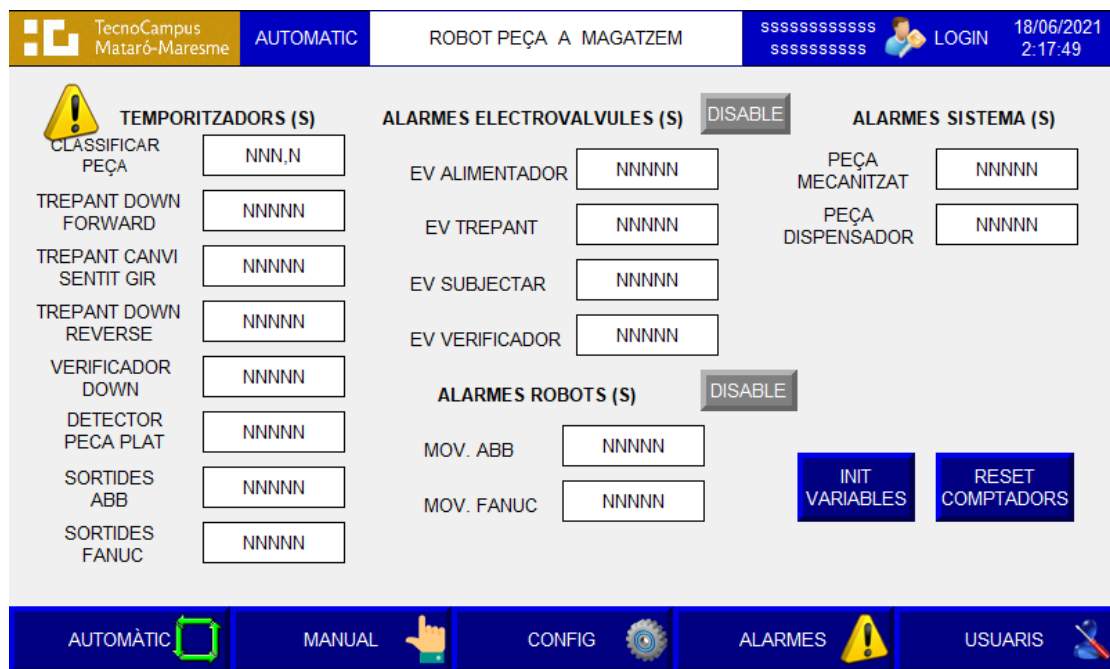


Fig. 4.2.2.3. Pantalla configuració paràmetres. [Font pròpia]

En la pantalla dedicada la configuració del sistema es troben principalment els valor preseleccionats dels temporitzadors que intervenen en el funcionament del sistema. Des d'aquesta pantalla es poden modificar els valors dels temporitzadors utilitzats en el mode automàtic.

- Temporitzador classificar peça: Temps de seguretat que transcorre entre que la peça es troba en la zona de detecció fins que es confirma el tipus de peça detectada.
- Temporitzador trepant “down forward”: Temps que el trepant forada la peça en sentit horari un cop ha arribat a la zona inferior de la peça.

- Temporitzador trepant canvi sentit gir: Temps de seguretat per a la inversió del sentit de gir del motor del trepant.-Temporitzador trepant “down reverse”: Temps que el trepant forada la peça en sentit antihorari abans de retornar a la posició superior del trepant.

- Temporitzador detector peça plat: Temps de marge per a poder determinar si hi ha presència de peça en el tambor de mecanitzat, ja que en el moment de l’aturada del motor del plat divisor el sensor encarregat de determinar la presència de la peça s’activa a causa del moviment del mateix plat.

- Temporitzador sortides ABB i FANUC: Temps d’activació de les sortides del controlador que accionen els moviments dels robots.

D'altra banda en l'apartat d'alarmes, es poden definir els temps límits assignats a cada element entre que es produeix l'activació fins que es rep la confirmació o en el cas contrari es produeixi l'alarma corresponent. En el cas de les electrovàlvules i els moviments del robot existeix la possibilitat mitjançant l'interruptor “Disable” de deshabilitar el funcionament d'aquestes.

A més s'implementen alarmes relacionades amb el funcionament del sistema.

- Alarma peça dispensador: Temps màxim entre la dispensació d'una peça i la confirmació del detector de presència de peces. Aquesta alarma indica la necessitat de carregar peces en el dispensador.

- Alarma peça mecanitzat: Temps màxim entre la fase de mecanitzat on es comprova la presència de la peça en el tambor i la confirmació per part del detector.

Es disposa d'un polsador “INIT” que en cas de pèrdua de dades a causa d'una nova descàrrega o finalització de la vida útil de la bateria de suport del controlador inicialitza els

valors dels temporitzadors a un valor predeterminat que permet el funcionament del sistema. Finalment, el polsador “Reset comptadors” retorna al valor zero la informació dels valors totals de peces processades

-Alarmes



Fig. 4.2.2.4. Pantalla històric alarmes. [Font pròpia]

La pantalla proporciona un històric d'alarmes on es representen les alarmes del sistema. L'històric ens mostra informació de l'hora de l'esdeveniment i l'hora de reconeixement, és a dir, en el moment en que l'usuari ha confirmat que ha rebut la notificació d'aquesta alarma. A més apareix un missatge amb la descripció de l'esdeveniment succeït. El polsador “RESET” desactiva les alarmes activades pel controlador si l'acció causant deixa d'estar activa.

La gestió de les alarmes es duu a terme mitjançant l'apartat “Alarm Setup” dins del projecte en el software Factory Talk View Studio.

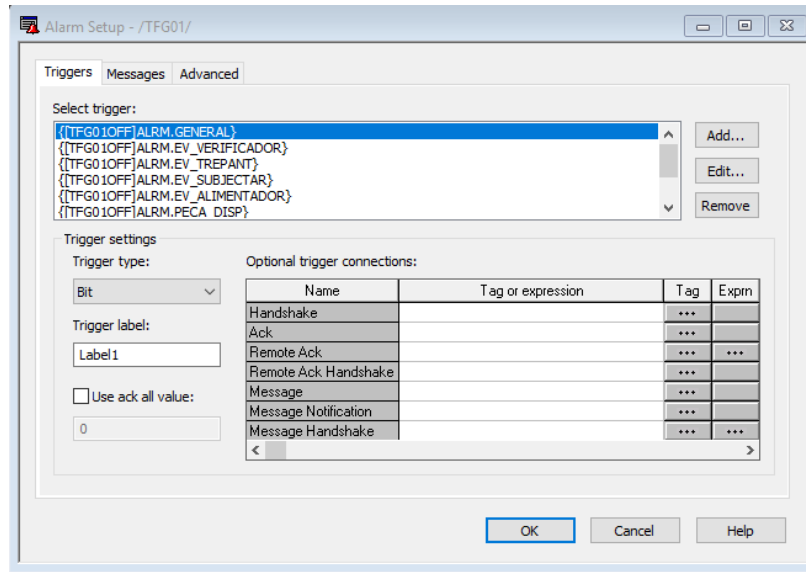


Fig. 4.2.2.5. Alarm Setup Triggers.[Font pròpia]

Es seleccionen les variables del PLC que intervenen en la gestió d’alarmes dins de l’apartat “Triggers”. Existeixen diferents tipus de “Triggers”, l’alarma es pot produir quan un bit del controlador canvia d’estat o quan una variable arriba a un determinat valor.

Es relacionen les variables escollides per a la visualització de les alarmes amb els missatges a mostrar, és a dir, amb la descripció de l’alarma escollida.

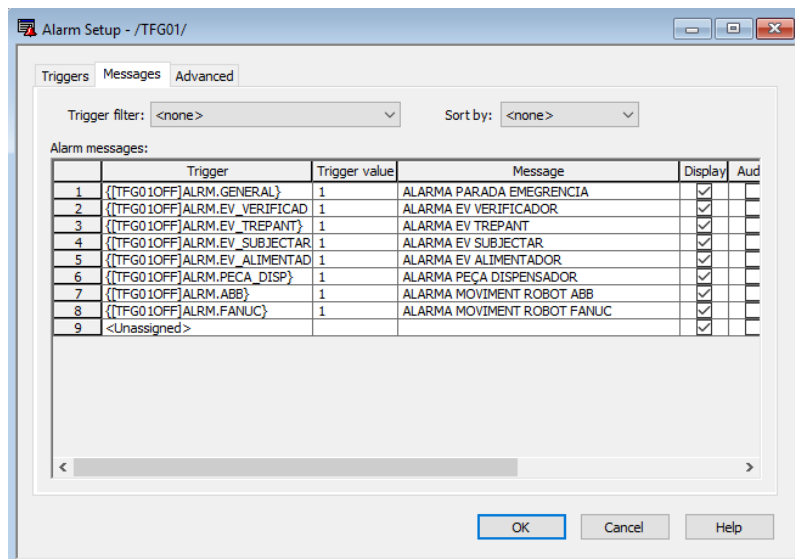


Fig. 4.2.2.6. Alarm Setup Messages.[Font pròpia]

-Usuaris



Fig. 4.2.2.7. Pantalla gestió usuaris. [Font pròpia]

La pantalla d'usuaris ens permet l'administració dels nivells de seguretat del sistema. Amb la creació d'aquests perfils podem determinar quins usuaris tenen accés a determinades funcionalitats i quins només poden fer-ne ús sense accedir a la modificació de paràmetres.

Nivells de seguretat:

- Operació: Modificació dels paràmetres bàsics del sistema com la quantitat de peces de cada tipus per a formar el lot.
- Manteniment: Accés al mode manual del sistema per a l'accionament dels elements de forma manual per a tasques de manteniment, detecció i resolució d'avaries.
- Programació: Accés a totes les funcionalitats del sistema. Permís per a modificar paràmetres de configuració del sistema. A més es permet la gestió i creació de nous usuaris i perfils.

Dins del sistema es creen usuaris que poden pertànyer a qualsevol dels grups anteriors.

Per tal de configurar la gestió d'usuaris mitjançant el software Factory Talk View Studio s'accedeix a l'apartat "Users and Groups" i s'afegeixen els grups i usuaris que s'utilitzaran en el projecte.

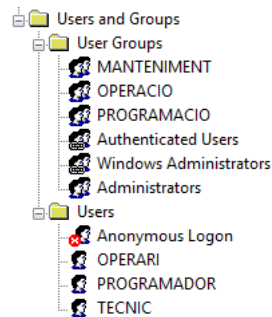


Fig. 4.2.2.8. Users and Groups[Font Pròpia]

Els grups d'usuaris determinen el nivell de seguretat per a cada col·lectiu, és a dir, tots els usuaris pertanyen a un grup i aquest grup és el que posseeix els permisos per a realitzar les diferents funcionalitats. Per a determinar els permisos de seguretat de cada grup accedim a la secció "Runtime Security" dins del projecte. El software utilitza codis de seguretat basats en lletres. S'assigna a cada grup quins codis de seguretat corresponen, en aquest cas la configuració és la següent:

Operació: Tots els nivells menys A i B.

Manteniment: Tots els nivells menys A.

Programació: Tots els nivells.

Un cop s'ha configurat la gestió d'usuaris s'assigna a cada pantalla del projecte quin codi de seguretat es requereix per accedir-hi.

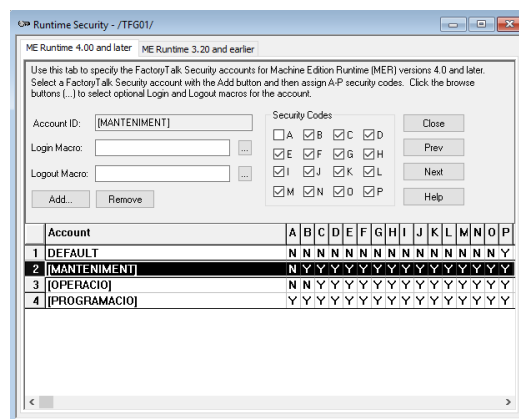


Fig. 4.2.2.9. Runtime Security[Font Pròpia]

4.2.3. Comunicacions

-PLC-HMI

La connexió entre el PLC i la interfície gràfica tàctil es realitza mitjançant una comunicació Ethernet per mitjà d'un dispositiu "Switch" instal·lat a la cèl·lula flexible.

El "Switch" permet la comunicació entre els equips connectats a la mateixa xarxa, en aquest cas el controlador PLC, el panell i l'ordinador utilitzat per a la descàrrega i desenvolupament del software utilitzat.

Per tal de fer possible l'intercanvi de dades entre el controlador PLC i la interfície gràfica tàctil en primer lloc s'ha d'assignar una adreça IP al panell situada en la mateixa xarxa que l'adreça del controlador.

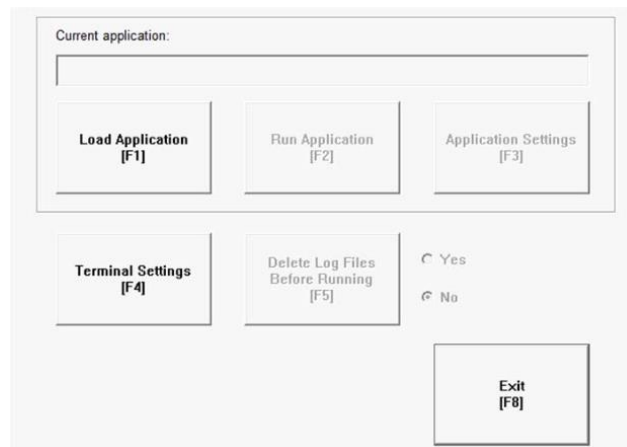


Fig. 4.2.3.1. Pantalla principal Panelview Plus 7 Standard 9W.[Font Pròpia]

Per a realitzar aquesta acció s'accedeix a la pantalla principal del panell on, entre altres funcionalitats permet accedir a la configuració del dispositiu (Terminal Settings). Dins d'aquesta pantalla es troben totes les seccions configurables com podrien ser alarmes, opcions d'arrancada, informació del sistema, etc.

S'accedeix a les opcions de xarxa "Networks and Communications" i es selecciona l'adaptador de xarxa encarregat de les comunicacions via Ethernet, en aquest cas "Allen-Bradley built-in Ethernet adaptar".

La configuració utilitzada per a possibilitar les comunicacions és la següent:

IP Address: 192.168.1.59

Subnet Mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.100.1

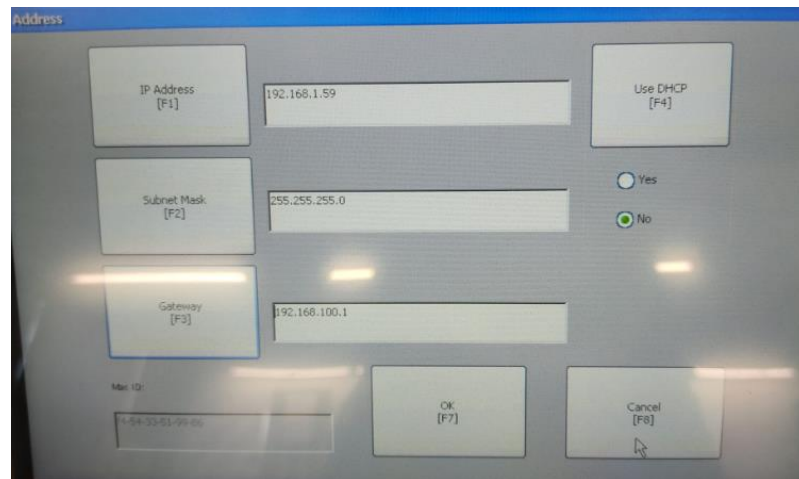


Fig. 4.2.3.2. Configuració adaptador Ethernet panell.[Font Pròpia]

Per tal de vincular els objectes utilitzats en la visualització amb les variables utilitzades en el PLC es configuren les comunicacions mitjançant RSLinx Enterprise dins del software Factory Talk View Studio. Aquest element permet visualitzar els equips que es troben en la mateixa xarxa de comunicació.

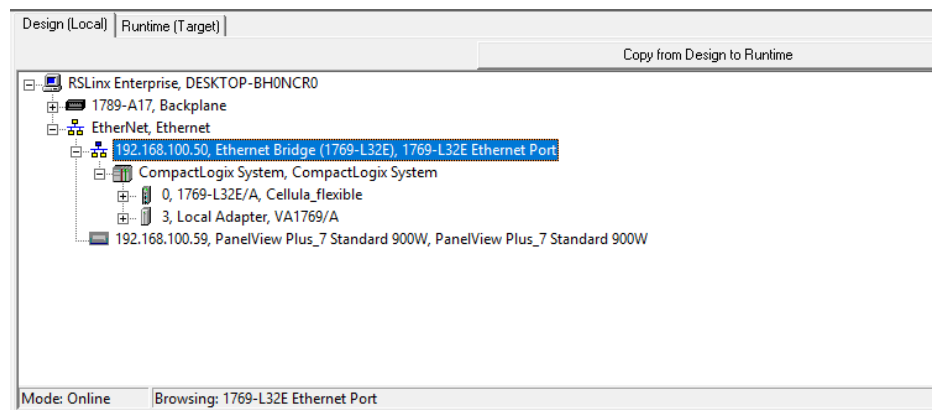


Fig. 4.2.3.3. RSLinx Enterprise.[Font Pròpia]

Es crea una ruta (Device Shortcut) que permet accedir a les variables declarades en el nostre controlador i per tant vincular la informació entre aquest i el panell. A l'hora de configurar la connexió en un indicador, entrada numèrica..etc dins d'una de les pantalles de visualització apareixen les variables possibles que s'utilitzen en el programa del controlador. Aquesta ruta de comunicació permet disposar d'aquestes variables online un cop creades mitjançant el software de programació del controlador RSlogix5000. D'altra banda RSLinx Enterprise ens permet assignar una ruta offline que ha d'apuntar a l'arxiu del programa del PLC per a poder disposar de les variables sense necessitat de comunicació online per al desenvolupament previ de la visualització.

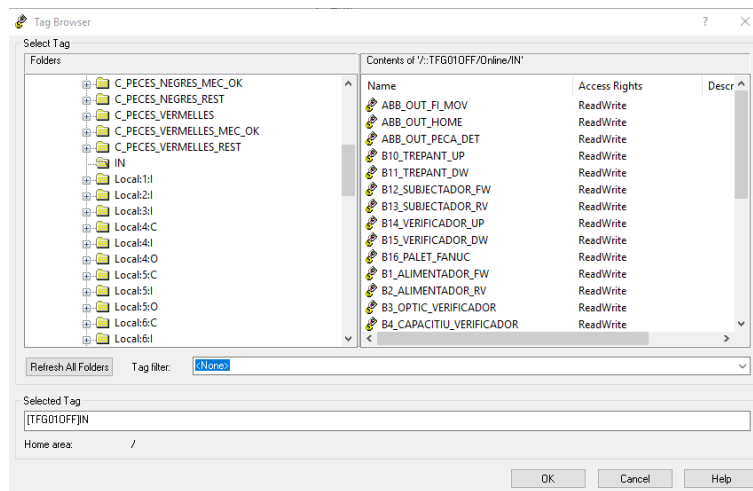


Fig. 4.2.3.4. Tag Browser Factory Talk View Studio.[Font Pròpia]

-PLC-Robots

La comunicació entre el controlador i els robots s'ha realitzat mitjançant entrades i sortides digitals, les connexions van ser realitzades en el projecte inicial de la cèl·lula flexible.

S'activen les sortides digitals del PLC durant un temps establert per pantalla per a cada moviment, posteriorment els robots confirmen el moviment activant una sortida digital cap al controlador durant un segon.

Descripció	PLC	IN/OUT	ROBOT ABB
Robot a posició home	4:O.Data.1	→	DI10_1
Robot a recollir peça dispensador i portar a conjunt de detecció.	4:O.Data.2	→	DI10_2
Peça incorrecte detectada, porta a contenidor.	4:O.Data.3	→	DI10_3
Peça correcte detectada, porta a palet.	4:O.Data.8	→	DI10_4
Peça mecanitzada correctament, porta a magatzem.	4:O.Data.11	→	DI10_6
Bit posició magatzem 1	4:O.Data.2	→	DI10_2
Bit posició magatzem 2	4:O.Data.3	→	DI10_3
Bit posició magatzem 3	4:O.Data.12	→	DI10_7
Bit posició magatzem 4	4:O.Data.13	→	DI10_8
Bit posició magatzem 5	4:O.Data.14	→	DI10_9
Robot en posició home.	1:I.Data.11	←	DO10_4
Peça situada en el detector	1:I.Data.12	←	DO10_2
Peça en el palet cap a mecanitzar.	1:I.Data.13	←	DO10_3

Taula. 4.2.3.1 Entrades/sortides PLC-Robot ABB.

Descripció	PLC	IN/OUT	ROBOT FANUC
Robot a posició home	5:O.Data.6	→	DI[107]
Robot a recollir peça palet, porta a tambor mecanitzat.	5:O.Data.7	→	DI[101]
Peça incorrecte mecanitzada, porta a contenidor.	5:O.Data.8	→	DI[103]
Peça correcte mecanitzada, porta a palet.	5:O.Data.10	→	DI[105]
Robot en posició home.	3:I.Data.0	←	DO[117]
Peça situada en tambor mecanitzat.	3:I.Data.1	←	DO[111]
Fi moviment peça incorrecte mecanitzada	3:I.Data.2	←	DO[113]
Fi moviment peça correcte mecanitzada	3:I.Data.3	←	DO[115]

Taula. 4.2.3.2 Entrades/sortides PLC-Robot Fanuc.

-VNC

Un sistema VNC (Virtual Network Computing) és un sistema de comunicació que consta d'un client, un servidor i un protocol de comunicació. El servidor és el programa que de forma passiva permet el control al client del seu sistema, en aquest cas el panell. El client és el programa que interactua amb el servidor, en aquest cas s'utilitza VNC-Viewer, un software lliure entre d'altres amb les mateixes funcionalitats. El protocol utilitzat en els sistemes VNC és el RFB (Remote Frame Buffer) , es tracta d'un protocol senzill de comunicació per a interfícies gràfiques que permet la interacció remota entre equips.

Aquesta funcionalitat permet accedir al terminal des de qualsevol equip que es trobi en la mateixa xarxa. Extrapolant al món industrial, com a exemple d'aplicació, el supervisor pot disposar d'una aplicació VNC en el seu ordinador personal o fins i tot en un telèfon intel·ligent per a poder controlar el funcionament del sistema en temps real, a més de la possibilitat de modificar paràmetres i configuracions.



Fig. 4.2.3.5. Configuració Services.[Font Pròpia]

Per tal d'habilitar aquesta funcionalitat s'accedeix al panell de control del sistema operatiu Windows del terminal. En l'apartat "Services" apareixen diferents funcionalitats, s'activa l'opció VNC Server que per defecte es troba inactiu.

Per motius de seguretat el sistema per defecte tan sols permet la visualització de l'aplicació del panell. S'accedeix a l'apartat "Network Server Configuration" dins del panell de control de Windows per la configuració del VNC Server. Dins d'aquesta configuració es deshabilita l'opció "View only" per a permetre la interacció dels polsadors i modificació de paràmetres

i establir un control total sobre l'aplicació. A més existeix la possibilitat de crear una restricció de seguretat mitjançant contrasenya per a poder accedir a la visualització i control del terminal.

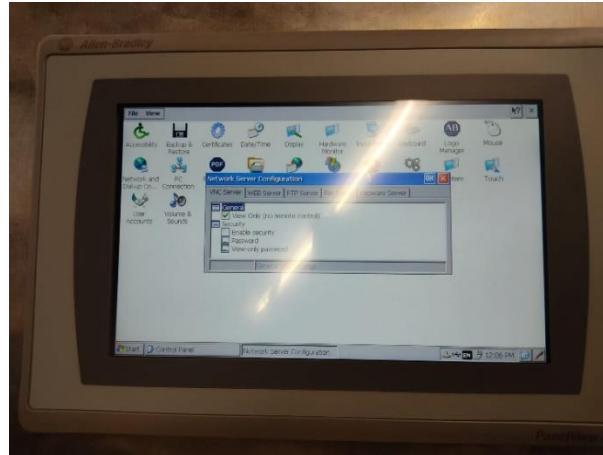


Fig. 4.2.3.6. Network Server Configuration.[Font Pròpia]

4.3.Fase 3. Posada en marxa.

4.3.1. Programació Robots

Per tal d'adaptar la programació dels robots a la interacció amb la interfície gràfica tàctil s'ha modificat el programa ja existent del robot ABB. La programació del robot Fanuc no ha estat modificada, ja que per la pròpia naturalesa del programa existent no ha estat necessària la modificació.

La funcionalitat en mode manual permet l'accionament dels moviments dels robots de manera independent i sense necessitat d'executar un procés automàtic. Tot i que ja existia una base del programa per al robot ABB la seva forma i en alguns casos la seqüencialitat d'aquest no permetien aquesta funcionalitat. Per tal de possibilitar la interacció amb la interfície gràfica s'ha adaptat el programa.

```
IF DI10_6=1 THEN !4:=Data11
  cel_ph;
  REPOS;
  Set D010_4; !Aviso que ja he arribat
  WaitTime 1;
  Reset D010_4; !Torno a zero l'avís
ENDIF
```

Fig. 4.3.1.1. Exemple codi RAPID.[Font Pròpia]

El llenguatge utilitzat per a la programació és el llenguatge d'alt nivell RAPID, desenvolupat per la pròpia empresa ABB. La modificació d'aquests es pot realitzar fàcilment des d'un editor de text i es pot carregar posteriorment a la controladora del robot mitjançant el FlexPendant, una unitat de mà que permet executar, modificar posicions i programes i moure el robot de forma manual.



Fig. 4.3.1.2. FlexPendant ABB.[ABB]

Per tal de carregar un programa modificat en l'editor de text cal accedir a la finestra "Editor de Programes" del FlexPendant. En aquesta finestra s'accedeix a la finestra "Mòduls", un programa pot disposar de diferents mòduls. Un cop es troba en aquesta secció apareix la possibilitat de carregar un nou mòdul.

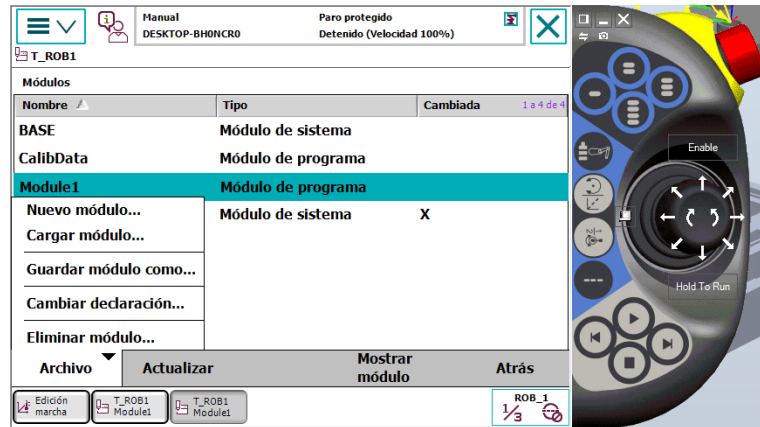


Fig. 4.3.1.3. FlexPendant Càrregar mòdul.[Font pròpia]

A més no es trobava implementada la gestió i els moviments usats en el posicionament de les peces correctament mecanitzades en el magatzem. Mitjançant el FlexPendant i utilitzant la controladora en mode manual, s'han configurat totes les noves trajectòries i punts necessàries per al bon funcionament del sistema.

Per tal d'afegir modificar punts de trajectòria o afegir-ne de nous s'accedeix novament a la finestra de "Edició de Programes". Prèviament cal col·locar el selector amb clau de la controladora en posició manual. Mitjançant els polsadors de seqüència de programa s'executa el codi per passos o de manera contínua però amb velocitat reduïda.

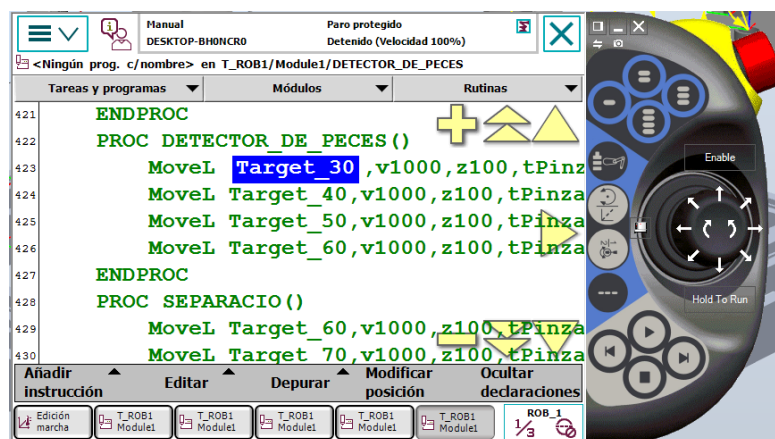


Fig. 4.3.1.4. FlexPendant Modificar punts.[Font pròpia]

Des d'aquesta finestra existeix la possibilitat de modificar un punt, movent el robot de forma manual mitjançant el joystick prement l'opció "Modificar posición". A més es poden afegir o canviar instruccions per mitjà de l'opció "Editar".

4.3.2. Posada en marxa

La posada en marxa del sistema està formada per diferents etapes:

-Comprovació assignacions entrades i sortides digitals.

En primer lloc es comprova l'assignació d'entrades i sortides digitals prèviament dissenyades en la documentació elèctrica. Es tracta d'una tasca important a l'hora de la posada en marxa d'un sistema automatitzat, ja que evita possibles alteracions en la prova de funcionament del procés en automàtic. Aquesta tasca s'ha realitzat amb l'ajuda de la interfície gràfica tàctil.

Pel que fa a les sortides digitals, mitjançant el mode de funcionament manual , s'ha comprovat la correspondència entre els elements físics i els senyals assignats. Fent ús dels pulsadors de la pantalla manual. S'accionen els pulsadors de moviment de les electrovàlvules i els motors per comprovar o redefinir si és necessari la coherència de les sortides digitals amb els moviments físics reals. D'altra banda mitjançant els indicadors lluminosos que es troben en la pantalla d'automàtic es pot comprovar l'estat de les entrades digitals. A més amb la funcionalitat manual existeix la possibilitat de forçar els moviments preestablerts dels robots. D'aquesta manera es comprova la correcta interacció entre les sortides i entrades digitals del PLC i els robots.

- Comprovació moviments dels robots.

Amb la funcionalitat anteriorment esmentada i un cop comprovat que les sortides i digitals que interaccionen amb els robots són correctes, es comprova el bon funcionament del moviment dels robots. D'aquesta manera es poden variar trajectòries, definir nous punts de moviment dels robots i comprovar el seu funcionament de manera accessible sense necessitat de forçar els moviments de manera manual mitjançant els panells de control dels robots.

- Comprovació de la comunicació i intercanvi de dades del controlador amb la interfície gràfica tàctil.

A banda dels elements que intervenen amb el funcionament manual integrat en el panell, aquest és el responsable de l'intercanvi de dades necessàries per al procés automatitzat. Es

comprova la correcte assignació entre els camps que proporcionen les variables de comptadors, temporitzadors, etc que intervenen en el procés.

- Comprovació del sistema en automàtic.

Un cop comprovada la correcta assignació d'entrades i sortides ,els moviments del robot i l'intercanvi de dades entre el panell i el controlador es comprova el funcionament del procés en automàtic. El mode automàtic consta de la seqüència completa del procés. Mitjançant el canvi dels valors que interaccionen amb el sistema es forcen totes les possibles situacions en la que es pot trobar el funcionament. A més s'ajusten els valors dels temporitzadors que controlen certes parts del programa per a buscar un resultat òptim. Es tracta de la part amb més dedicació d'hores, ja que intervenen tots els elements del sistema.

- Comprovació alarmes ,gestió d'usuaris i accés remot.

Un cop la integració dels elements del sistema funciona correctament es forcen les situacions en què s'activen les alarmes preestablertes del sistema. A més es comproven tots els nivells de seguretat mitjançant usuaris que s'han configurat. Per últim, en un equip connectat a la mateixa xarxa que el controlador i el panell es confirma la possibilitat d'interaccionar amb el terminal mitjançant el control remot amb VNC Server.

4.3.3 Funcionament del sistema

En primer lloc cal accionar l'interruptor de potència de l'armari elèctric principal.

Pel que fa al robot Fanuc, cal accionar l'interruptor de potència de la controladora. Un cop iniciada la controladora cal prémer el pulsador "Cycle" que és l'encarregat de posar en funcionament automàtic el robot. El selector amb clau s'ha de trobar en la posició "AUTO".



Fig. 4.3.3.1. Controlador R-30iB Mate .[Font Pròpia]

D'altra banda, pel que fa al robot ABB cal accionar l'interruptor de potència, dirigir el selector amb clau a la posició de mode automàtic i prémer el pulsador de "Motors ON"



Fig. 4.3.3.2. Controlador IRC50 Compact.[Font Pròpia]

Un cop iniciades les controladores dels robots i el controlador de l'armari principal, el pilot taronja intermitent ens indica la necessitat de prémer el pulsador negre de rearmament.

Posteriorment s'inicia l'etapa de posicionament inicial dels elements. En primer lloc el palet es mou per mitjà del motor de la cinta a la posició de càrrega propera al robot ABB. En segon lloc el plat divisor inicia el moviment per a assegurar la correcta posició d'aquest. Finalment els robots es mouen a la posició determinada com a repòs.

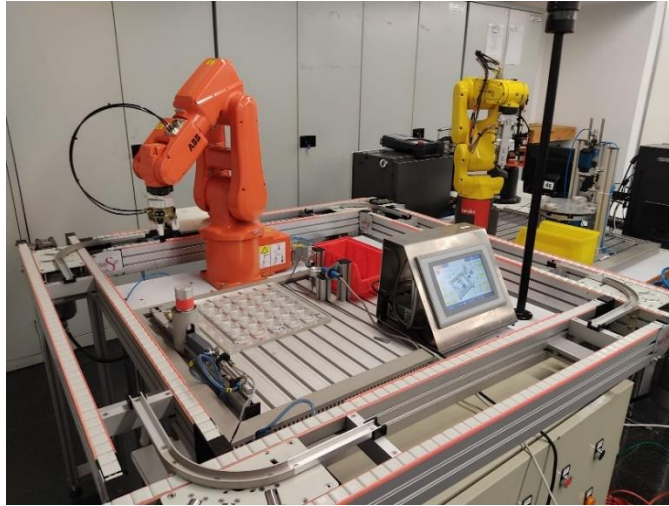


Fig. 4.3.3.3. Posició inicial sistema.[Font Pròpia]

En aquest punt es pot accedir al mode de funcionament manual, ja que el procés automàtic encara no ha arrancat. Per tal d'iniciar el funcionament manual cal prèviament identificar-se mitjançant el polsador “LOGIN” amb un usuari que formi part d'un grup amb permisos de seguretat per accedir-hi.

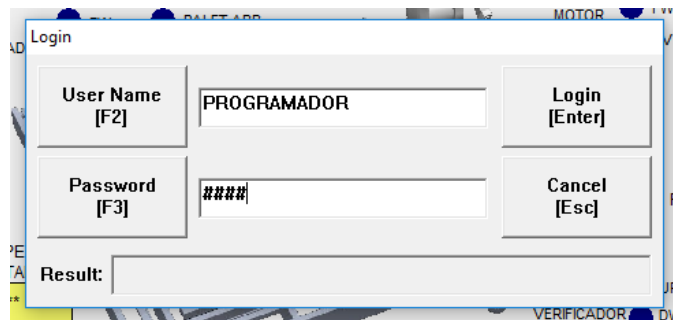


Fig. 4.3.3.4. Login usuari.[Font Pròpia]

Un cop es troba en la pantalla manual cal prémer el polsador “MANUAL”, es pot observar en la part esquerra superior del terminal en quin mode es troba el sistema. El mode de funcionament manual permet l'accionament de les electrovàlvules en les seves diferents

posicions i l'arrancada i aturada dels motors, en el cas del trepant existeix la possibilitat d'accionar el motor en els dos sentits de gir.



Fig. 4.3.3.5. Pantalla manual.[Font Pròpia]

A més mitjançant els pulsadors “MOVE” es pot forçar manualment els moviments indicats dels dos robots. En el cas del moviment de peça mecanitzada correctament existeix la possibilitat d'indicar en quina posició concreta del magatzem es vol realitzar la trajectòria (0-24). Si s'utilitza aquest mode cal tornar a la pantalla d'automàtic i prémer el pulsador “AUTO” per a canviar el mode, posteriorment el pilot taronja intermitent ens indica la necessitat de rearmar el sistema novament per a tornar a iniciar l'etapa de posicionament inicial, ja que alguns elements físics podrien haver canviat de posició.

Abans d'iniciar el sistema cal determinar la quantitat de peces de cada tipus que es volen processar per a formar el lot complet. Aquest valor s'introdueix en les entrades numèriques de color blanc ubicades en la pantalla del mode automàtic amb els noms “PECES NEGRES”, “PECES VERMELLES” i “PECES METÀL·LIQUES”.

El pilot verd intermitent indica que el sistema està preparat per a iniciar el procés en mode automàtic. Cal prémer el pulsador verd per a iniciar el procés. El cilindre de l'alimentador serveix una peça a la zona de recollida del robot ABB.

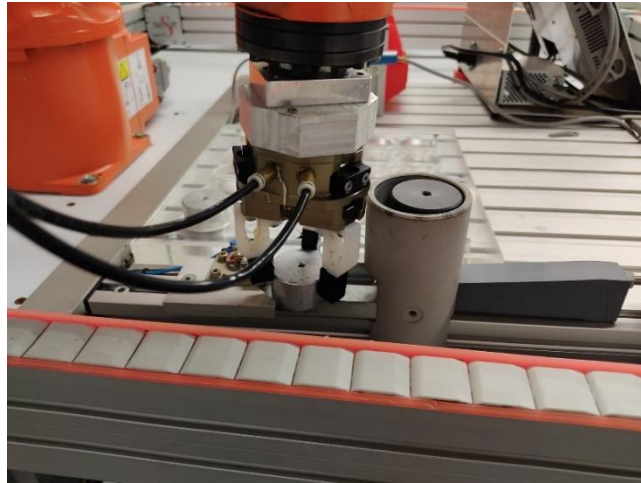


Fig. 4.3.3.6. Robot moviment alimentador.[Font Pròpia]

El robot realitza el moviment d'agafar la peça del dispensador i portar-la al conjunt de sensors de detecció que determinen el tipus de peça que es processa. Depenent de la necessitat o no de mecanitzar la peça determinada el controlador pot prendre dues vies diferents.

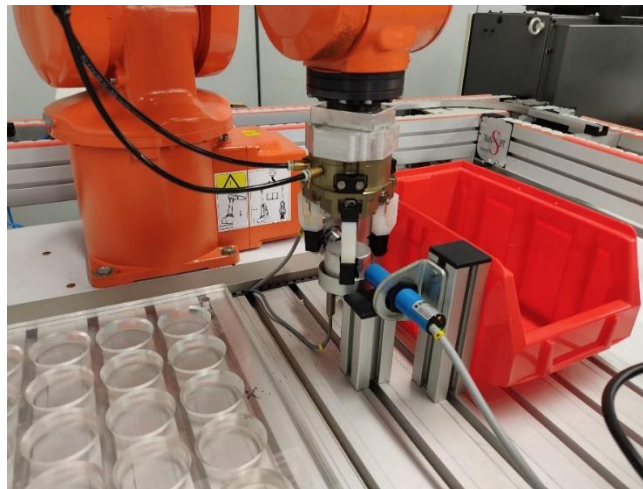


Fig. 4.3.3.7. Robot conjunt detecció.[Font Pròpia]

Si la peça detectada no pot formar part del lot el robot la diposita en el contenidor proper al conjunt de detecció. D'altra banda si la peça detectada pot formar part del lot el robot la transporta al palet que es troba en la zona de càrrega.

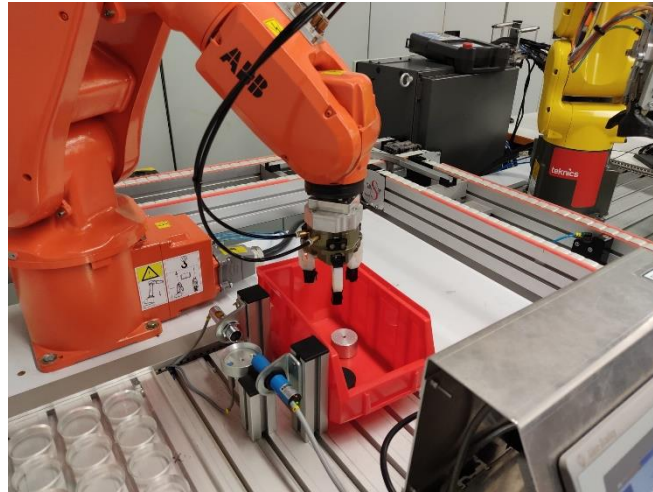


Fig. 4.3.3.8. Robot peça detectada incorrecte.[Font Pròpia]

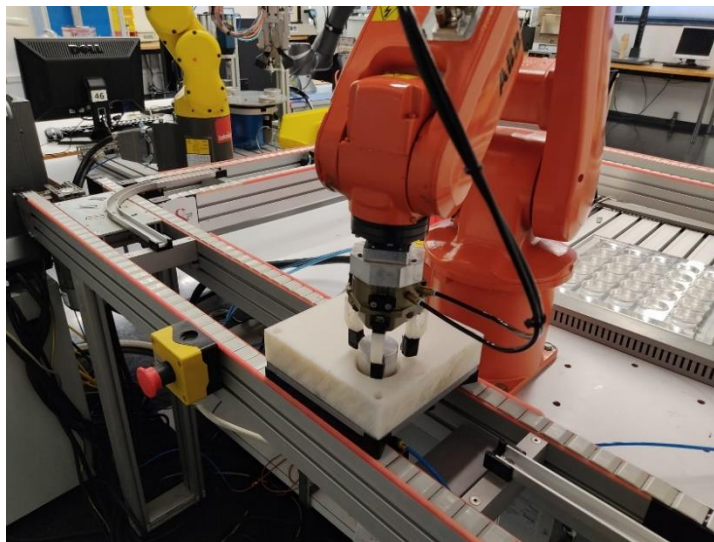


Fig. 4.3.3.9. Robot peça detectada correcte.[Font Pròpia]

Un cop la peça es troba en el palet s'inicia la marxa de la cinta per a transportar-lo a la zona de mecanitzat. En aquest punt el robot Fanuc es dirigeix a transportar la peça des del palet al tambor de mecanitzat.

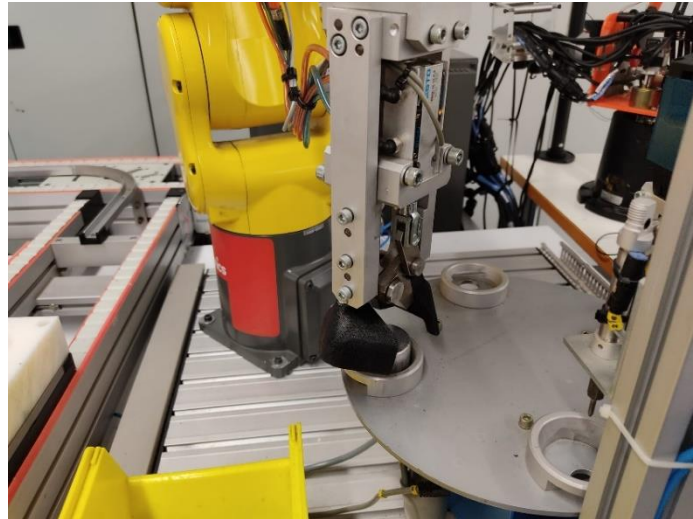


Fig. 4.3.3.10. Robot peça inici mecanització.[Font Pròpia]

El procés de mecanització està format per diferents etapes. En primer lloc el plat divisor inicia el moviment per a confirmar la presència de la peça. En segon lloc després d'un altre moviment del plat divisor la peça arriba a la zona de foradat.



Fig. 4.3.3.11. Trepan foradat peça.[Font Pròpia]

El trepan descendeix amb l'accionament del motor en un sentit. Un cop el cilindre del trepan arriba a la zona inferior i després d'un temps de seguretat per a la inversió de gir el cilindre retorna a la posició superior amb el gir del motor en el sentit contrari. En tercer lloc la peça passa a la zona de verificació. El cilindre descendeix fins a arribar al punt inferior màxim si la peça ha estat mecanitzada correctament i retorna al punt superior . En cas

contrari després d'un temps determinat en el qual no s'ha assolit el nivell inferior a causa de la no correcta mecanització de la peça el cilindre retorna a la posició superior.

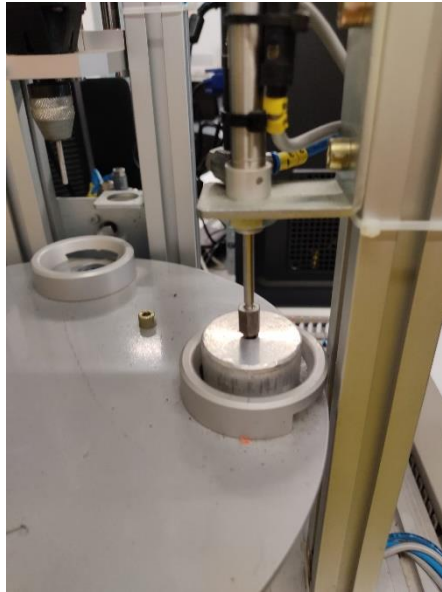


Fig. 4.3.3.12. Verificador peça.[Font Pròpia]

Després de l'últim moviment de plat divisor la peça retorna a la posició inicial del procés de mecanitzat. Si la verificació ha determinat que la peça no ha estat mecanitzada correctament el robot la transporta al contenidor proper de peces incorrectes.

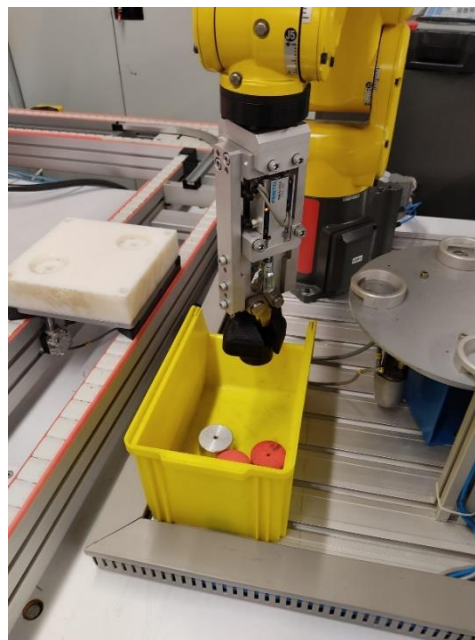


Fig. 4.3.3.13. Robot peça mecanitzada incorrecte.[Font Pròpia]

D'altra banda si la peça ha estat mecanitzada correctament el robot la transporta al palet que novament inicia la marxa cap a la zona de descàrrega.

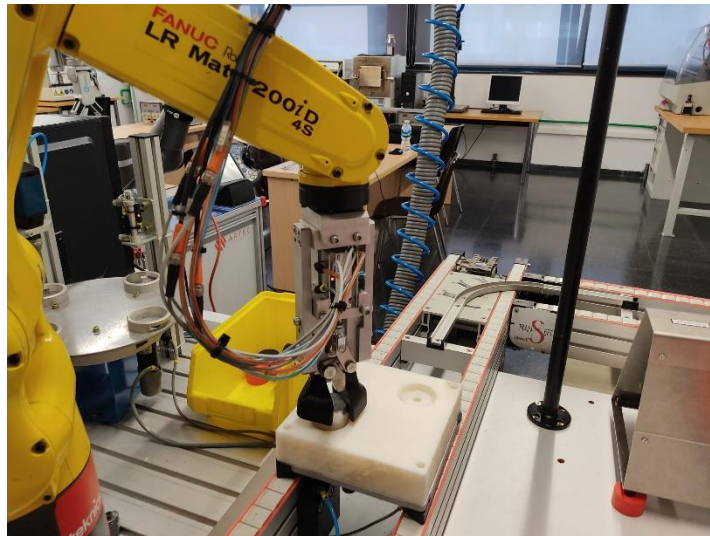


Fig. 4.3.3.14. Robot peça mecanitzada correcte. [Font Pròpia]

El robot ABB agafa la peça mecanitzada i la col·loca a la zona que correspon del magatzem. Finalment el robot torna a la posició de repòs i l'alimentador dispensa una nova peça a processar.

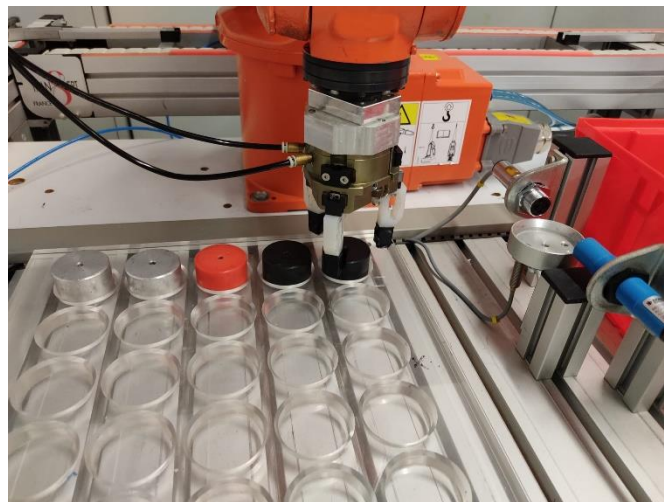


Fig. 4.3.3.15. Robot magatzem. [Font Pròpia]

Els indicadors numèrics de color groc indiquen el nombre de peces ja emmagatzemades de cada tipus i el total de peces de la comanda. En tot el procés el pilot verd es manté fix. Un cop finalitzada la comanda de peces processades el sistema retorna a l'estat d'inici preparat per a una nova comanda.

Durant tot el procés automàtic es mostra a la part superior de la pantalla l'estat del procés. A més en aquesta pantalla es poden observar els comptadors totals de peces del procés.



Fig. 4.3.3.16. Pantalla automàtic. [Font Pròpia]

El permís de seguretat d'un usuari dins del grup "PROGRAMACIÓ" permet accedir a les pantalles de configuració i gestió d'usuaris.

En la pantalla de configuració es troben els valors dels temporitzadors que intervenen en les accions del sistema en mode automàtic. A més existeix la possibilitat de modificar els temporitzadors que actuen com a alarmes relacionades amb les electrovàlvules i els moviments dels robots. Activen una alarma si es compleix el temps necessari entre l'inici d'una acció i la confirmació d'aquesta.



Fig. 4.3.3.17. Pantalla configuració. [Font Pròpia]

El polsador “INIT” inicialitza les variables a un valor preestablert que permet el funcionament normal del sistema en cas de pèrdua de dades causat per avaries, finalització de la bateria del controlador, descàrrega d'un nou programa, etc. Mitjançant el polsador “RESET COMPTADORS” es restauren els comptadors de peces totals de la pantalla del mode automàtic.

La pantalla de gestió d'usuaris ens permet accedir a diferents funcionalitats directament des del panell sense necessitat d'utilitzar el software de disseny Factory Talk View Studio.

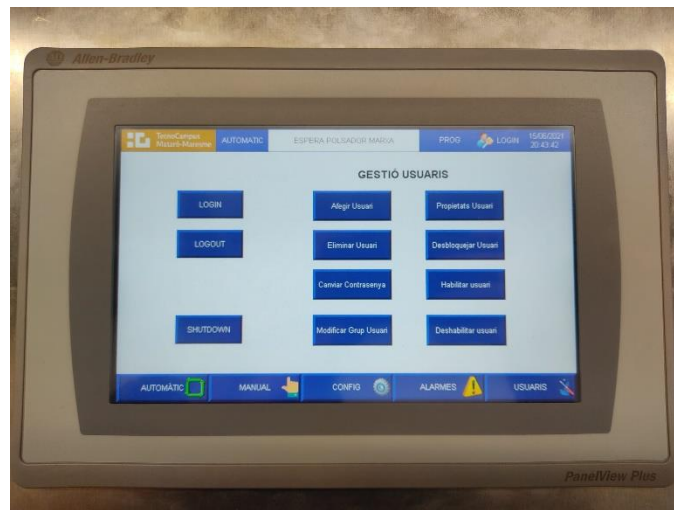


Fig. 4.3.3.18. Pantalla usuari. [Font Pròpia]

Aquesta pantalla inclou les següents funcionalitats:

- Afegir usuari: Permet afegir un nou usuari mitjançant un nom, contrasenya i confirmació de contrasenya.

Fig. 4.3.3.19. Afegir Usuaris. [Font Pròpia]

- Eliminar usuari: Permet eliminar un usuari creat amb anterioritat.
- Canviar Contrasenya: Permet a l'usuari canviar la contrasenya si ho permeten les seves propietats.
- Propietats usuari: Permet canviar les propietats d'un usuari relacionades amb el canvi de contrasenya.

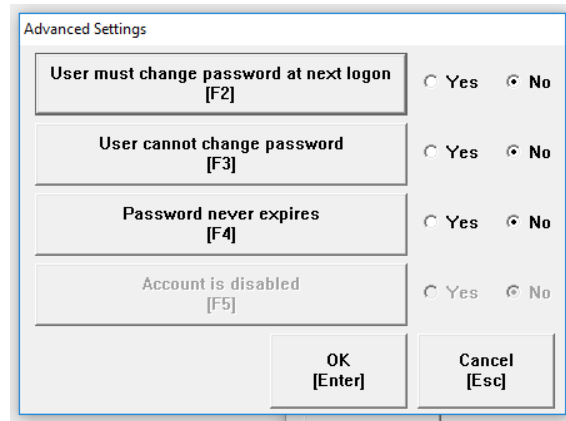


Fig. 4.3.3.20. Propietats Usuaris. [Font Pròpia]

- Modificar Grup usuari: Permet afegir o modificar el grup al qual pertany un usuari creat amb anterioritat. Els grups preestablerts són:

- Operació: Accés a la pantalla del mode automàtic i a l'històric d'alarmes.
- Manteniment: Anterior més pantalla del mode de funcionament manual.
- Programació: Anterior més pantalla de configuració i gestió d'usuaris

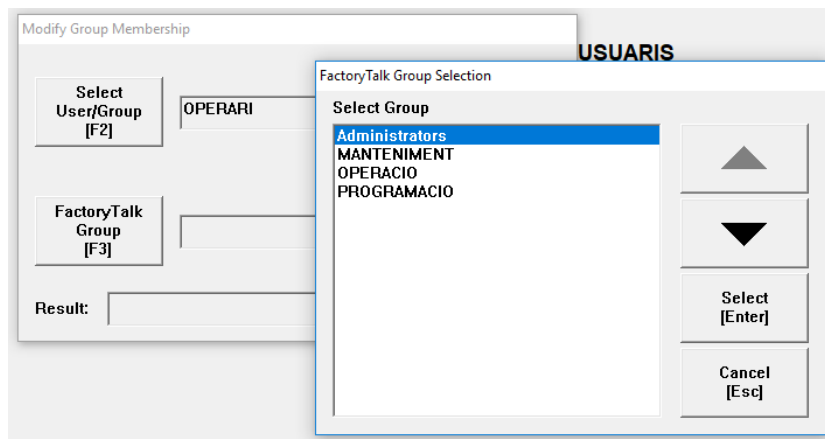


Fig. 4.3.3.21. Modificar Grup Usuaris. [Font Pròpia]

-Desbloquejar usuari: Si un usuari ha intentat sense èxit identificar-se amb una contrasenya incorrecta, l'usuari es bloqueja a partir d'un nombre determinat d'intents. Amb aquesta funció existeix la possibilitat de desbloquejar l'usuari.

-Habilitar/Deshabilitar usuari: Permet habilitar o deshabilitar un usuari del sistema.

Si es produeix alguna alarma del sistema apareix de manera intermitent en totes les pantalles un indicador. Per tal de gestionar la visualització les alarmes s'ha realitzat una pantalla amb l'històric d'alarmes.



Fig. 4.3.3.22. Pantalla alarmes. [Font Pròpia]

En aquesta pantalla es mostren les alarmes que han tingut lloc durant el funcionament del sistema. Es mostra l'hora de la incidència, l'hora en què l'alarma ha sigut reconeguda i el missatge que la descriu. Mitjançant el polsador "ACK ALARM" es deixa constància que l'alarma ha sigut reconeguda. El controlador gestiona internament les alarmes, mitjançant el polsador "RESET" l'alarma deixa de ser activa per al sistema.

-Shutdown: Aquest polsador tanca l'aplicació carregada i retorna a la pantalla principal de Factory Tal view ME Station.

A més existeix la possibilitat de la supervisió i control mitjançant un ordinador o telèfon mòbil que es trobi en la mateixa xarxa que el panell mitjançant l'aplicació VNC Viewer.. Cal introduir la direcció IP del dispositiu en el software de visualització i control.

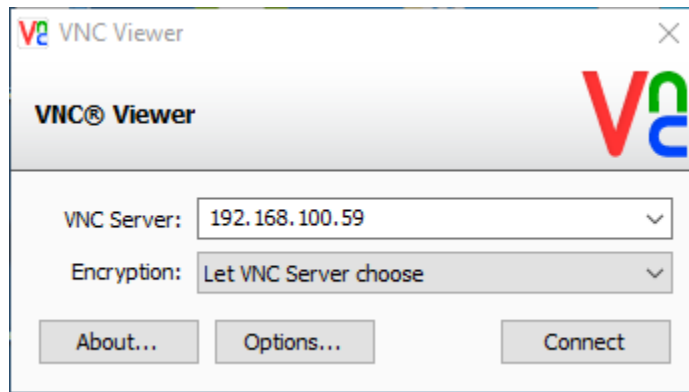


Fig. 4.3.3.23. VNC Viewer. [Font Pròpia]

Un cop s'ha establert la comunicació existeix la possibilitat de realitzar les mateixes funcionalitats com si la interacció fos directament des de la interfície gràfica tàctil.

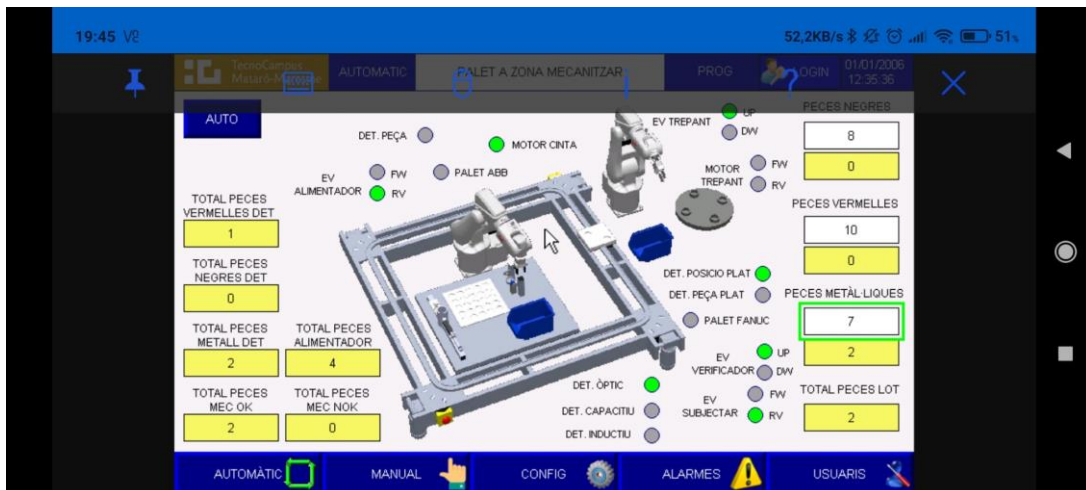


Fig. 4.3.3.24. VNC Viewer mitjançant telèfon mòbil. [Font Pròpia]

4.3.4. Propostes de millora

A l'hora de la posada en marxa del sistema s'han detectat anomalies o possibles millores en el funcionament de la cèl·lula flexible i es proposen les següents accions:

-Connexió relé seguretat

El sistema de la cèl·lula flexible disposa de dues aturades d'emergència sense tenir en compte les relacionades amb els robots. El relé de seguretat instal·lat PNOZ XV2 consta de dos canals de seguretat redundants. Tot i que el dispositiu està preparat per a funcionar amb un sol canal, el sistema actual està cablejat de manera incorrecta.

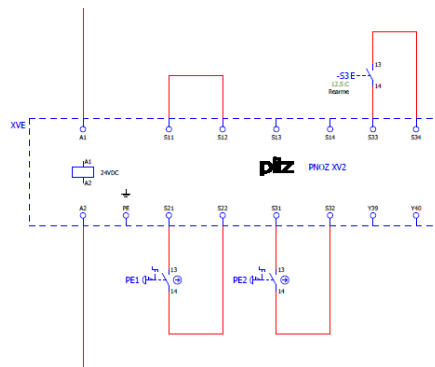


Fig. 4.3.4.1. Connexió actual relé seguretat. [Font Pròpia]

Actualment s'utilitza una aturada d'emergència per a cada canal. El fabricant en el manual del producte indica la forma de connexió correcta. Si es vol disposar dels dos canals de connexió les aturades haurien de tenir dos contactes i es realitzaria la connexió com s'indica en la figura 4.3.4.2.

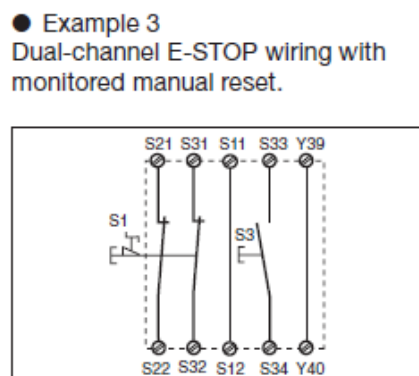


Fig. 4.3.4.2. Connexió relé seguretat doble canal. [PNOZ XV2 Manual]

D'altra banda, si es vol mantenir la configuració amb un canal, les dues aturades haurien de ser connectades en sèrie en el mateix canal i realitzar un pont de connexió en el segon.

-Aturades d'emergència robots.

En el sistema actual si es realitza una aturada d'emergència mitjançant els pulsadors instal·lats a la cèl·lula flexible els robots no realitzen una aturada d'emergència. Aquest fet provoca una situació de perill, ja que en una situació d'emergència relacionada amb els robots l'usuari ha d'aturar el sistema mitjançant els pulsadors d'aturada dels controladors o dels dispositius de manipulació d'aquests. Una possible solució és la connexió del relé de seguretat PNOZ XV2 amb les controladores dels robots.

El controlador R30ib-Mate disposa d'entrades dedicades per a una aturada d'emergència externa.

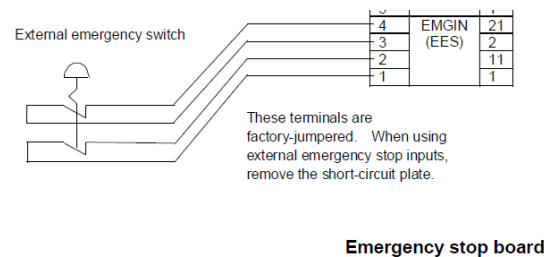


Fig. 4.3.4.3. Connexió entrades seguretat R-30iB Mate . [R-30iB Mate Manual]

Pel que fa al controlador IRC5 compact ABB també disposa d'entrades dedicades a una aturada d'emergència externa.

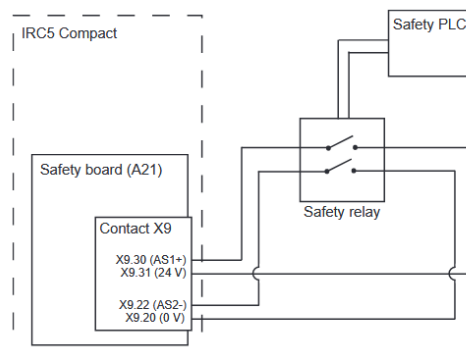


Fig. 4.3.4.4. Connexió entrades seguretat IRC5 Compact . [IRC5 compact Manual]

Mitjançant un relé de 4 contactes amb activació segura provinent del relé de seguretat es podrien realitzar les connexions per a les dues controladores dels robots. D'aquesta manera al causar una aturada d'emergència en qualsevol dels pulsadors de la cèl·lula flexible els robots també s'aturarien i no podrien iniciar els moviments sense rearmar el relé de seguretat.

-Comunicacions PLC-Robots mitjançant Ethernet.

Actualment la comunicació entre el PLC i els robots es realitza mitjançant entrades i sortides digitals. Aquest fet suposa una limitació en l'intercanvi de dades entre els diferents elements del sistema. Es proposa realitzar les comunicacions mitjançant Ethernet, d'aquesta manera seria possible l'intercanvi de dades numèriques, modificació dels paràmetres de velocitat dels robots, etc.

- Canvi freqüència variador motor cinta.

La cinta transportadora de la cèl·lula flexible consta de 4 motors governats per un variador de freqüència. En el sistema actual la velocitat d'aquests motors és constant i no existeix la possibilitat de modificar-la. Es proposa afegir al controlador una unitat de sortides analògiques, d'aquesta manera es podria proporcionar una sortida 0-10 VDC o 4-20 mA per al control de la velocitat dels motors. D'altra banda si no fos factible afegir una unitat de sortides analògiques, es podria instal·lar un potenciòmetre a la porta del quadre elèctric per a poder modificar la velocitat dels motors de manera manual.

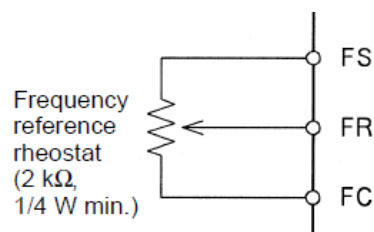


Fig. 4.3.4.5. Connexió referència freqüència. [3G3EV User's Manual]

5. Viabilitat mediambiental

En línies generals el projecte no té un impacte significatiu sobre el medi ambient. S'ha realitzat l'estudi de la viabilitat mediambiental mitjançant les llistes de control mediambiental que es troben en l'annex.

Els elements del projecte que poden tenir un efecte sobre el medi ambient i les accions proposades per tal de minimitzar els efectes són:

Fase d'operació:

-El panell tàctil disposa d'una bateria de liti del tipus CR2032 que proporciona alimentació al rellotge intern i la RAM estàtica quan no hi ha voltatge d'alimentació.

La vida útil de la bateria és de 4 anys, per tant cada cop que es substitueixi haurà de ser dipositada en el punt de recollida municipal habilitat especial per a aquest tipus de residu, ja que es tracta d'un material corrosiu i inflamable i necessita un tractament especial.

A més el fabricant adverteix del risc d'explosió en el procediment de canvi de bateria si no es fa seguint les següents indicacions:

-Canvi de bateria sempre amb la prèvia desconexió de l'alimentació elèctrica.

-Només substituir per una bateria de liti tipus moneda equivalent a CR2032.

-Augment poc significatiu del consum elèctric de la cèl·lula flexible. La interfície gràfica té un consum màxim de 30 Watts.

- Panel View Plus 7 Standard 9W està classificat com a Grup 1, Clase A segons la normativa CISPR 11 que regula la compatibilitat electromagnètica en àmbits industrials i mèdics. Les emissions d'aquest dispositiu són molt baixes i és adequat per a l'ús domèstic, industrial i mèdic.

Final de vida útil:

-Un cop finalitzada la vida útil del panell s'haurà de dipositar en un punt de recollida municipal habilitat per al reciclatge de components electrònics.

La bateria de liti serà separada per al seu posterior reciclatge independent.

Per altra banda, en l'àmbit social el projecte facilita la interacció entre els estudiants i la cèl·lula de fabricació flexible, per tant augmenta la qualitat educacional.

A més la digitalització dels esquemes elèctrics i la creació d'aquests en format pdf interactiu impulsa l'ús del format digital vers a documentació impresa en paper.

6. Viabilitat tècnica

-Elecció de la interfície gràfica a utilitzar

A l'hora d'escollir el model de la interfície gràfica tàctil utilitzada s'han estudiat dues possibilitats.

Aquestes dues possibilitats són els models existents a la universitat, que s'utilitzen en assignatures del Grau en Enginyeria Electrònica i Automàtica Industrial.

Els dos models existents són:

-Panel View Plus 6 1250

- Panel View Plus 7 Standard 9W

El Panel View Plus 6 1250 es tracta d'un model més antic i és compatible amb els controladors Control Logix que incorporen el model de CPU L61 existents a la universitat.

Per altra banda el model més recent Panel View Plus 7 Standard 9W és compatible amb tots els controladors existents, el Control Logix amb CPU L61 i L71 i els controladors de la família Compact Logix.

El controlador ja instal·lat en la cèl·lula flexible de fabricació es tracta d'un Compact Logix amb CPU L32E , per tant per criteris de compatibilitat i pel fet que es tracta del model més recent adquirit per la universitat s'ha escollit utilitzar el panell Panel View Plus 7 Standard 9W per a desenvolupar aquest projecte.

El panel View Plus 7 i el controlador Compact Logix amb CPU L32E disposen d'un port Ethernet que incorpora d'un connector RJ45,10/100Base-TJ que permet la connexió directa entre els dos dispositius mitjançant un cable Ethernet amb connectors RJ45 en ambdós extrems.

7. Viabilitat econòmica

Amidaments

Capítol I: Elaboració del projecte		
Codi	Descripció	Parts iguals
1.1	Hores de projectista destinades a la recerca d'antecedents i recopilació d'informació	30
1.2	Hores de projectista dedicades a la realització d'esquemes elèctrics	45
1.3	Hores de projectista destinades a la programació de PLC.	45
1.4	Hores de projectista destinades a la programació de HMI.	75
1.5	Hores de projectista destinades a la programació del robot ABB.	15
1.6	Hores de projectista destinades a la programació del robot Fanuc.	15
1.7	Hores de projectista destinades a la posada en marxa del sistema.	60
1.8	Hores de projectista destinades a la redacció de documentació tècnica.	90

Taula. 7.1. Amidaments Capítol 1

Capítol II: Material		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.1	Panelview Plus 7 Standard 9W	1
2.2	Cable Ethernet 10m CAT6	1

Taula. 7.2. Amidaments Capítol 2

Quadre de preus

Capítol I: Elaboració del projecte		
Codi	Unitats	Preu unitari(€)
1.1	Hores	20
1.2	Hores	30
1.3	Hores	35
1.4	Hores	35
1.5	Hores	35
1.6	Hores	35
1.7	Hores	35
1.8	Hores	20

Taula. 7.3. Quadre de preus Capítol 1

Capítol II: Material		
Codi	Unitats	Preu unitari(€)
2.1	Panelview Plus 7 Standard 9W	1050
2.2	Cable Ethernet 10m CAT6	15

Taula. 7.4. Quadre de preus Capítol 2

Pressupost parcial

Capítol I: Elaboració del projecte				
COST D'ENGINYERIA				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import(€)
1.1	Hores de projectista destinades a la recerca d'antecedents i recopilació d'informació	30	20	600
1.2	Hores de projectista dedicades a la realització d'esquemes elèctrics	45	30	1.350
1.3	Hores de projectista destinades a la programació de PLC.	45	35	1.575
1.4	Hores de projectista destinades a la programació de HMI.	75	35	2.625
1.5	Hores de projectista destinades a la programació del robot ABB.	15	35	525
1.6	Hores de projectista destinades a la programació del robot Fanuc.	15	35	525
1.7	Hores de projectista destinades a la posada en marxa del sistema.	60	35	2.100
1.8	Hores de projectista destinades a la redacció de documentació tècnica.	90	20	1.800
COSTOS INDIRECTES				
1.9	Costos indirectes de mà d'obra (20%)			2.220

Taula. 7.5. Pressupost Parcial Capítol 1

TOTAL CAPÍTOL 1 (25% de marge)**16.650,00 €**

Capítol II: Material				
COST MATERIALS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import(€)
2.1	Panelview Plus 7 Standard 9W	1	1050	1050
2.2	Cable Ethernet 10m CAT6	1	15	15
COSTOS INDIRECTES				
2.3	Costos indirectes de MATERIAL (20%)			213

Taula. 7.6. Pressupost Parcial Capítol 2

TOTAL CAPÍTOL 2 (15% d'imprevistos)**1.533,60 €**

Capítol III: Amortitzacions				
COST MATERIALS				
Codi	Descripció	hores	Preu/hora	Import(€)
3.1	Ordinador	300	0.3	90
3.2	Software Eplan P8	45	2.5	112.5
3.3	RSLogix 5000	45	2	90
2.2	Factory Talk View Studio	75	2	150

Taula. 7.7. Pressupost Parcial Capítol 3

TOTAL CAPÍTOL 3**442,5 €**

Pressupost inicial

Total Capítol I	16.650,00 €
Total Capítol II	1.533,60 €
Total Capítol III	442,50 €
<hr/>	
TOTAL	18.626,10 €
IVA 21 %	3.911,48 €
<hr/>	
TOTAL PRESSUPOST	22.537,58 €

8. Conclusions.

El principal objectiu del present projecte ha estat la integració d'una interfície gràfica tàctil per al control i la supervisió de la cèl·lula flexible de fabricació ubicada en les instal·lacions de la universitat Tecnocampus Mataró-Maresme.

La cèl·lula flexible ha format part de diferents projectes i treballs de final de grau al llarg dels anys. La documentació elèctrica ha estat actualitzada amb tots els elements que en formen part actualment. El disseny dels esquemes elèctrics s'ha realitzat mitjançant el software Eplan Electric P8, líder actual en el sector de l'automatització industrial i les instal·lacions elèctriques. El fet de disposar d'aquesta documentació aporta professionalitat i apropa el sistema al món laboral real.

D'altra banda la programació del PLC, encarregat de la gestió i el control del sistema, en llenguatge estructurat aporta un valor afegit al procés. Es tracta d'un llenguatge d'alt nivell que millora la claredat del codi i redueix el temps de desenvolupament dels programes. A més aporta flexibilitat en la migració de programes entre diferents fabricants de controladors. El llenguatge estructurat ha guanyat usuaris en els darrers anys i és un aspecte diferencial en els perfils laborals actuals.

La cèl·lula de fabricació flexible no disposava d'elements que facilitessin la interacció entre el sistema i els usuaris més enllà dels polsadors situats en l'armari elèctric principal. La integració de la interfície gràfica tàctil en el sistema ha fet possible aquesta interacció. El sistema disposa de diferents funcionalitats:

- Mode de funcionament manual, permet l'activació de les electrovàlvules, l'accionament dels motors i els moviments dels robots de forma manual i independent del cicle de procés de la màquina. Es tracta d'un mode de funcionament útil en tasques de manteniment i detecció i correcció d'avaries.

- Possibilitat de modificar els paràmetres principals del procés, valors dels temporitzadors que intervenen en el funcionament del sistema.

- Supervisió de l'estat del procés, sensors que formen part de la cèl·lula i dades totals relacionades amb la producció de peces.

-Gestió d'alarmes, avisos i històric d'alarmes produïdes en el temps.

-Permisos de seguretat mitjançant usuaris, dependent de l'usuari registrat i els seus permisos existeix restricció en les funcionalitats permeses.

-Possibilitat de la supervisió i control del sistema des de qualsevol ordinador o telèfon mòbil intel·ligent que es trobi en la mateixa xarxa mitjançant VNC Viewer.

D'altra banda s'ha donat la necessitat de l'adaptació del programa del robot ABB i la creació de nous moviments per al correcte funcionament del sistema.

El disseny dels esquemes elèctrics i la programació en llenguatge en alt nivell han facilitat la integració i posada en marxa del panell. Es tracta d'activitats relacionades en el procés global de realitzar un projecte d'automatització real.

En l'àmbit personal, la realització d'aquest projecte m'ha permès adquirir nous coneixements en l'àmbit de la programació de PLC en text estructurat, el desenvolupament del software necessari per a la interfície gràfica i la interacció entre aquests. A més l'adaptació del programa del robot ABB i la creació de nous moviments m'han servit per a conèixer millor aquest tipus d'elements. En resum, la integració de tots els elements sota el control i supervisió de la interfície gràfica tàctil ha suposat un repte i finalment s'han complert els objectius.

9. Referències.

- [1] *DISSENY D'UNA CINTA TRANSPORTADORA ROBOTITZADA*, Miguel Angel Molina Porcel, Tardor 2011.
- [2] R-30iB Mate Controller MAINTENANCE MANUAL, FANUC Robot series, 2013
- [3] <https://www.eplan.es/soluciones/plataforma-eplan/eplan-electric-p8/>, Eplan ,2021
- [4] <https://webstore.iec.ch/publication/4552>, International Electrotechnical Commission, 2013
- [5] <https://www.opiron.com/aprender-texto-estructurado-en-codesys/>, Opiron Electronics, 2013
- [6] Manual de usuario Terminales estándar PanelView Plus 7, Rockwell Automation , Maig 2015
- [7] Introducció a FactoryTalk View ME i PanelView, Automatització II Tecnocampus Mataró, 2019.
- [8] Texto estructurado de los controladores Logix5000, Rockwell Automation, Juliol 2008.
- [9] FactoryTalk ViewMachine Edition User's Guide, Rockwell Automation, Setembre 2020.
- [10] FTView ME i PanelView Plus – M_A temporitzat, Automatització II Tecnocampus Mataró, 2019.
- [11] Programació en SFC i en ST, Automatització II Tecnocampus Mataró, 2019.
- [12] Projecte de programació del robot IRB 120 ABB, Robòtica Tecnocampus Mataró, 2019.
- [13] Manual robot IRB120 ABB Laboratori 4, Robòtica Tecnocampus Mataró, 2016.
- [14] <https://www.realvnc.com/es/connect/>, Real VNC, 2021

-
- [15] PNOZ XV2 Emergency Stop Relays, Safety Gate monitors, PILZ, 2021
 - [16] Product Manual IRC5 Compact, ABB, 2017
 - [17] SYSDRIVE 3G3EV USER'S MANUAL, OMRON, 2017