



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO  
DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE  
SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y  
OMRON (NB7W) MEDIANTE  
COMUNICACIONES MODBUS

AUTOR: Mónica Aldeguer Lucas

TUTOR: José Luis Pitarch Pérez

Selección

Curso Académico: 2020-21



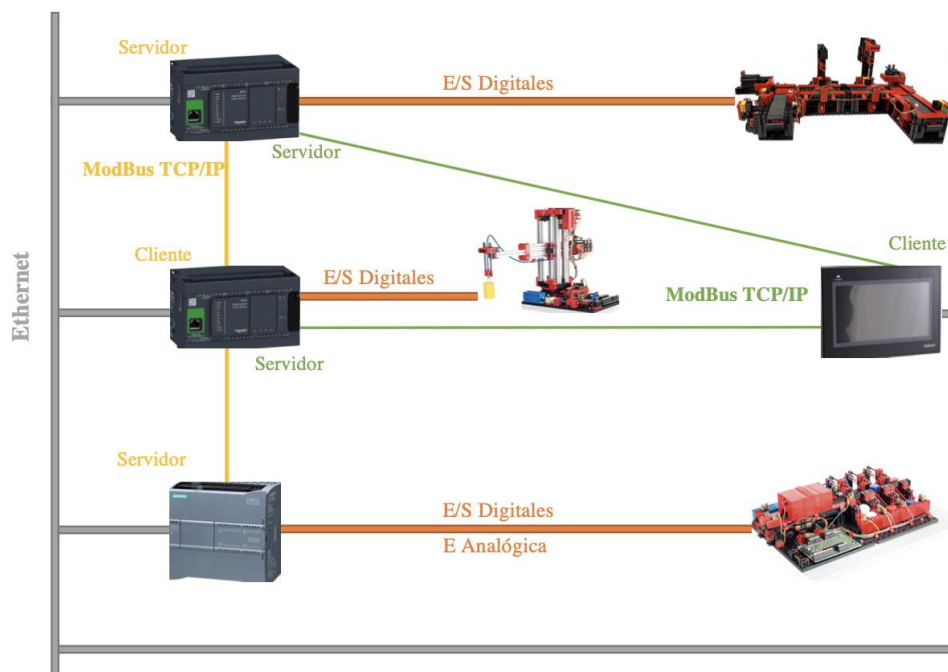
## RESUMEN

En el presente proyecto se ha automatizado un proceso de carácter industrial compuesto por tres subprocesos, que en su conjunto permiten: la clasificación por distinción de color, la manipulación y el mecanizado de piezas. Para emular el proceso descrito, se han usado tres maquetas de FischerTechnik de aplicación educacional: la cinta de clasificación con reconocimiento de color, el manipulador de aspiración al vacío y la cadena de producción con dos estaciones de mecanizado.

El automatismo del sistema completo se ha realizado de forma distribuida en diferentes controladores lógicos programables (PLC). El control de los procesos de mecanizado y la manipulación del producto han sido implementados sobre dos PLCs Schneider M241, mientras que para el clasificador por color se ha optado por un autómatas Siemens S7-1200. Además, se ha creado un sistema HMI que permite la monitorización e interacción del operario con la línea de producción. Dicho sistema HMI se ha implementado sobre una pantalla industrial Omron NB7W.

Evidentemente, para garantizar una correcta coordinación de todo el conjunto, los distintos elementos de control necesitan compartir información proveniente de los subprocesos, por lo que se ha realizado la comunicación pertinente entre los equipos de distinto fabricante. Para realizar esta comunicación se ha elegido utilizar el protocolo ModBus TCP/IP, programando las interfaces correspondientes para los equipos que las requieren.

**Palabras clave:** automatización industrial, modelado de eventos discretos, Siemens, Schneider, Omron, coordinación de procesos, ModBus TCP/IP.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA

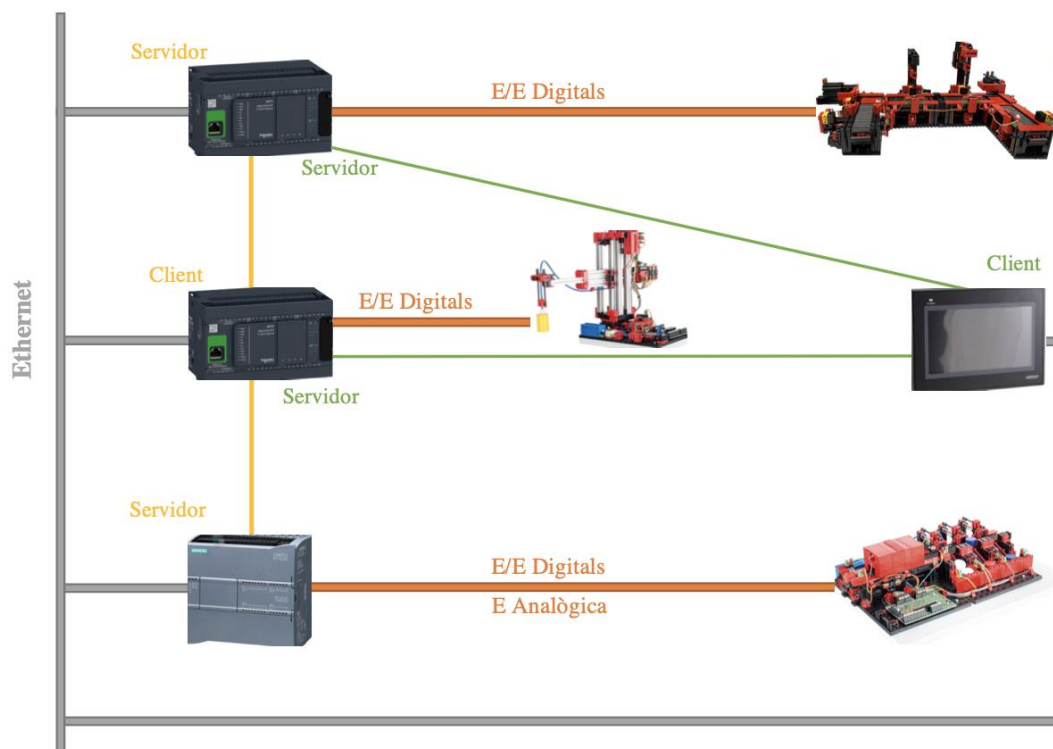
## RESUM

En el present projecte s'ha automatitzat un procés de caràcter industrial format per tres sub processos, que en el seu conjunt permeten: la classificació per distinció de color, la manipulació i el mecanitzat de peces. Per a emular el procés descrit, s'han usat tres maquetes de FischerTechnik d'aplicació educacional: la cinta de classificació amb reconeixement de color, el manipulador d'aspiració al buit i la cadena de producció amb dues estacions de mecanitzat.

L'automatisme del sistema complet s'ha realitzat de forma distribuïda en diferents controladors lògics programables (PLC). El control dels processos de mecanitzat i la manipulació del producte han sigut implementats sobre dos PLCs Schneider M241, mentre que per al classificador per color s'ha optat per un autòmat Siemens S7-1200. A més, s'ha creat un sistema HMI que permet el monitoratge i la interacció de l'operari amb la línia de producció. Aquest sistema HMI s'ha implementat sobre una pantalla industrial Omron NB7W.

Evidentment, per a garantir una correcta coordinació de tot el conjunt, els diferents elements de control necessiten compartir informació provinent dels sub processos, per la qual cosa s'ha realitzat la comunicació pertinent entre els equips de diferent fabricant. Per a realitzar aquesta comunicació s'ha decidit utilitzar el protocol ModBus TCP/IP, programant les interfícies corresponents per als equips que les requereixen.

Paraules clau: automatització industrial, modelatge d'esdeveniments discrets, Siemens, Schneider, Omron, coordinació de processos, ModBus TCP/IP.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA

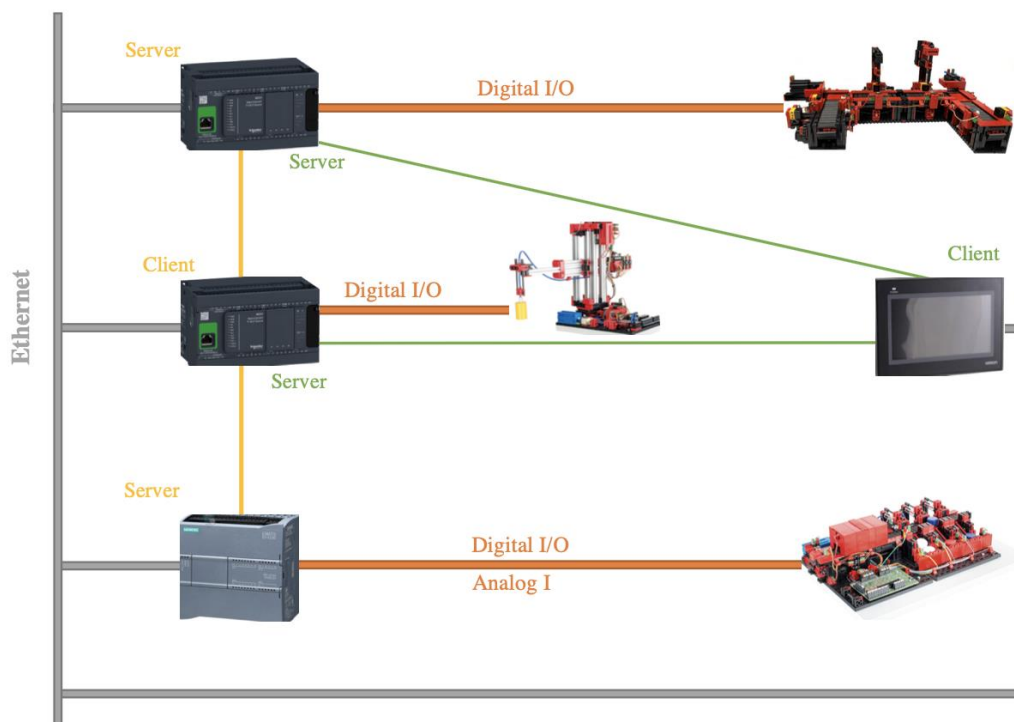
## ABSTRACT

In the present project, an industrial process consisting of three sub-processes has been automated, which together allow: sorting by colour distinction, handling and machining of pieces. To emulate the described process, three FischerTechnik educational application models have been used: the sorting belt with colour recognition, the vacuum suction manipulator and the production line with two machining stations.

The automation of the complete system has been carried out in a distributed way on different programmable logic controllers (PLC). The control of the machining processes and the handling of the product has been implemented on two Schneider M241 PLCs, while for the colour sorter a Siemens S7-1200 PLC has been chosen. In addition, an HMI system has been created to allow the operator to monitor and interact with the production line. This HMI system has been implemented on an Omron NB7W industrial display.

Obviously, in order to guarantee a correct coordination of the whole set, the different control elements need to share information coming from the subprocesses, so the pertinent communication between equipment from different manufacturers has been carried out. The ModBus TCP/IP protocol has been chosen to carry out this communication, programming the corresponding interfaces for the equipment that require them.

**Keywords:** industrial automation, discrete event modelling, Siemens, Schneider, Omron, process coordination, ModBus TCP/IP.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA





## DOCUMENTOS DEL PROYECTO

DOCUMENTO 1: MEMORIA

DOCUMENTO 2: PRESUPUESTO

DOCUMENTO 3: ANEXO I - LISTA DE VARIABLES

DOCUMENTO 4: PLANOS

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>1. Introducción .....</b>	<b>11</b>
1.1. Objetivos.....	11
1.2. Motivación y antecedentes.....	11
1.3. Normativa a considerar .....	12
<b>2. Descripción del proceso y las maquetas a escala empleadas .....</b>	<b>13</b>
2.1. Piezas procesadas.....	13
2.2. Cinta de clasificación con reconocimiento de color .....	14
2.2.1. Elementos de la maqueta .....	14
2.2.2. Entradas y salidas.....	16
2.2.3. Especificaciones de funcionamiento.....	16
2.3. Robot manipulador de aspiración al vacío .....	18
2.3.1. Elementos de la maqueta .....	19
2.3.2. Entradas y salidas.....	20
2.3.3. Especificaciones de funcionamiento.....	20
2.4. Línea de producción con 2 estaciones de mecanizado .....	21
2.4.1. Elementos de la maqueta .....	22
2.4.2. Entradas y salidas.....	23
2.4.3. Especificaciones de funcionamiento.....	23
<b>3. Estudio de alternativas y solución adoptada .....</b>	<b>25</b>
3.1. Lógica y elementos de control empleados .....	25
3.2. Equipos de control seleccionados.....	25
3.3. Lenguajes empleados .....	26
<b>4. Diseño y desarrollo de la solución .....</b>	<b>27</b>
4.1. Funcionamiento y consideraciones del sistema .....	28
4.1.1. Funcionamiento .....	28
4.1.2. Consideraciones de seguridad .....	31
4.1.3. Distribución en planta.....	31
4.2. Diseño del sistema de control .....	35
4.3. Automatización del sistema .....	35
4.3.1. Clasificador por color .....	35
4.3.2. Brazo manipulador de aspiración al vacío .....	40
4.3.3. Línea de producción con dos estaciones de mecanizado .....	43



<b>4.4.</b>	<b>Implementación de la comunicación entre equipos .....</b>	<b>45</b>
4.4.1.	Comunicación Schneider-Schneider .....	47
4.4.2.	Comunicación Schneider-Siemens .....	50
4.4.3.	Comunicación Omron-Schneider .....	53
<b>5.</b>	<b>Manual del usuario .....</b>	<b>58</b>
5.1.	Puesta en marcha .....	59
5.2.	Control HMI.....	59
5.2.1.	Pantalla común.....	60
5.2.2.	Pantalla de selección rápida.....	61
5.2.3.	Pantalla de inicio .....	62
5.2.4.	Pantalla de Nivel de Seguridad .....	63
5.2.5.	Pantalla de visualización de estados.....	64
5.2.6.	Pantalla de modo manual .....	67
5.2.7.	Pantalla de configuración.....	69
5.2.8.	Pantalla de emergencia.....	70
5.2.9.	Pantalla resumen .....	71
<b>6.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
<b>7.</b>	<b>Ampliaciones futuras .....</b>	<b>73</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

<b>1.</b>	<b>CUADRO Nº1: MANO DE OBRA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>CUADRO Nº 2: MAQUETAS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>CUADRO Nº3: HARDWARE .....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>CUADRO Nº4: SOFTWARE .....</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>CUADRO Nº5: PRECIOS UNITARIOS .....</b>	<b>10</b>
<b>6.</b>	<b>CUADRO Nº6: PRECIOS DESCOMPUESTOS .....</b>	<b>10</b>
6.1.	Diseño del sistema.....	10
6.2.	Automatización brazo manipulador .....	11
6.3.	Automatización cinta de mecanizado .....	11
6.4.	Automatización color.....	12
6.5.	Diseño HMI .....	12
6.6.	Comunicación entre dispositivos.....	13
6.7.	Elaboración memoria.....	14
<b>7.</b>	<b>CUADRO Nº7: PRESUPUESTO BASE DE LICITACION .....</b>	<b>15</b>



## ÍNDICE DEL ANEXO I - LISTA DE VARIABLES

<b>1.</b>	<b>Variables creadas en el Schneider conectado con el brazo manipulador de vacío.....</b>	<b>6</b>
1.1.	Entradas del sistema.....	6
1.2.	Salidas del sistema .....	6
1.3.	Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento .....	7
1.4.	Variables de conexión con la estación de mecanizado.....	8
1.5.	Variables de conexión con el clasificador por color .....	9
1.6.	Variables de conexión con el HMI .....	9
<b>2.</b>	<b>Variables creadas en el Schneider conectado con la estación de mecanizado .....</b>	<b>10</b>
2.1.	Entradas del sistema.....	10
2.2.	Salidas del sistema .....	10
2.3.	Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento .....	11
2.4.	Variables de conexión con el brazo manipulador .....	11
2.5.	Variables de conexión con el HMI .....	12
<b>3.</b>	<b>Variables creadas en el Siemens conectado con el clasificador por color .....</b>	<b>13</b>
3.1.	Entradas del sistema.....	13
3.2.	Salidas del sistema .....	13
3.3.	Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento .....	14
3.4.	Variables de conexión con el brazo manipulador .....	15
<b>4.</b>	<b>Variables creadas en la pantalla OMRON.....</b>	<b>16</b>
4.1.	Variables de conexión con el brazo manipulador (PLC1).....	16
4.2.	Variables de conexión con el clasificador por color a través el brazo manipulador ...	17
4.3.	Variables de conexión con la estación de mecanizado.....	18

## ÍNDICE DE PLANOS

<b>1.</b>	<b>Automatización REALIZADA sobre el PLC Siemens que controla El clasificador por color ....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>automatización REALIZADA SOBRE EL PLC Schneider que controla el brazo manipulador ...</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>AUTOMATIZACIÓN REALIZADA sobre el PLC Schneider que controla la estación de mecanizado.....</b>	<b>7</b>





**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO  
DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE  
SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y  
OMRON (NB7W) MEDIANTE  
COMUNICACIONES MODBUS**

**DOCUMENTO 1: MEMORIA**





## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>1. Introducción .....</b>	<b>11</b>
1.1. Objetivos.....	11
1.2. Motivación y antecedentes.....	11
1.3. Normativa a considerar .....	12
<b>2. Descripción del proceso y las maquetas a escala empleadas .....</b>	<b>13</b>
2.1. Piezas procesadas.....	13
2.2. Cinta de clasificación con reconocimiento de color .....	14
2.2.1. Elementos de la maqueta .....	14
2.2.2. Entradas y salidas.....	16
2.2.3. Especificaciones de funcionamiento.....	16
2.3. Robot manipulador de aspiración al vacío .....	18
2.3.1. Elementos de la maqueta .....	19
2.3.2. Entradas y salidas.....	20
2.3.3. Especificaciones de funcionamiento.....	20
2.4. Línea de producción con 2 estaciones de mecanizado .....	21
2.4.1. Elementos de la maqueta .....	22
2.4.2. Entradas y salidas.....	23
2.4.3. Especificaciones de funcionamiento.....	23
<b>3. Estudio de alternativas y solución adoptada .....</b>	<b>25</b>
3.1. Lógica y elementos de control empleados .....	25
3.2. Equipos de control seleccionados.....	25
3.3. Lenguajes empleados .....	26
<b>4. Diseño y desarrollo de la solución .....</b>	<b>27</b>
4.1. Funcionamiento y consideraciones del sistema .....	28
4.1.1. Funcionamiento .....	28
4.1.2. Consideraciones de seguridad .....	31
4.1.3. Distribución en planta.....	31
4.2. Diseño del sistema de control .....	35
4.3. Automatización del sistema .....	35
4.3.1. Clasificador por color .....	35
4.3.2. Brazo manipulador de aspiración al vacío .....	40
4.3.3. Línea de producción con dos estaciones de mecanizado .....	43
4.4. Implementación de la comunicación entre equipos .....	45
4.4.1. Comunicación Schneider-Schneider .....	47
4.4.2. Comunicación Schneider-Siemens.....	50
4.4.3. Comunicación Omron-Schneider .....	53
<b>5. Manual del usuario .....</b>	<b>58</b>
5.1. Puesta en marcha .....	59
5.2. Control HMI.....	59
5.2.1. Pantalla común.....	60
5.2.2. Pantalla de selección rápida.....	61
5.2.3. Pantalla de inicio .....	62
5.2.4. Pantalla de Nivel de Seguridad .....	63
5.2.5. Pantalla de visualización de estados.....	64



5.2.6.	Pantalla de modo manual .....	67
5.2.7.	Pantalla de configuración.....	69
5.2.8.	Pantalla de emergencia.....	70
5.2.9.	Pantalla resumen .....	71
<b>6.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
<b>7.</b>	<b>Ampliaciones futuras .....</b>	<b>73</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>74</b>



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Piezas procesadas.....	13
Figura 2. Maqueta de clasificador por color de Fischer Technik.....	14
Figura 3. Recorrido realizado por las piezas en el clasificador por color .....	17
Figura 4. Esquema de distinción de color en la maqueta del clasificador por color .....	18
Figura 5. Maqueta brazo manipulador de aspiración al vacío de Fischer Technik .....	18
Figura 6. Maqueta de la estación de mecanizado DE FISCHER TECHNIK.....	21
Figura 7. Recorrido de piezas en la maqueta de la estación de mecanizado .....	24
Figura 8. Diagrama funcional de recorrido de una pieza durante la producción.....	29
Figura 9. Primera distribución en planta planteada.....	32
Figura 10. Segunda distribución en planta planteada.....	33
Figura 11. Distribución en planta definitiva.....	34
Figura 12. Plano de la distribución en planta definitiva.....	34
Figura 13. Inicio del proceso en lenguaje LD en TIA PORTAL .....	36
Figura 14. Llamada a la función de escalado de color en lenguaje LD en TIA PORTAL.....	36
Figura 15. Instrucciones de la función escalado en TIA PORTAL.....	37
Figura 16. Contador de pulsos ascendente en lenguaje LD en TIA PORTAL.....	37
Figura 17. Función principal del FIFO en TIA PORTAL.....	38
Figura 18. Función MOVE del FIFO en TIA PORTAL .....	38
Figura 19. Llamada al bloque de función “FIFO_Piezas” en TIA PORTAL .....	39
Figura 20. Activación del bit SFCInit en SoMachine .....	41
Figura 21. Declaración del bit de sistema SFCInit en SoMachine.....	41
Figura 22. Reinicio del sistema en SoMachine .....	41
Figura 23. Código en texto estructurado para la cuenta de pulsos de giro en SoMachine .....	42
Figura 24. Control de pulsos de movimiento vertical del brazo manipulador en SoMachine .....	42
Figura 25. Conversión de WORD a TIME en lenguaje LD en SoMachine .....	43
Figura 26. Función MOVE para asignación de tiempo en SoMachine.....	44
Figura 27. Contador ascendente de piezas en lenguaje LD en SoMachine.....	44
Figura 28. Declaración de contadores en SoMachine .....	45
Figura 29. Diagrama de comunicación entre dispositivos .....	46
Figura 30. Diagrama de componentes UML .....	47
Figura 31. SFC de lectura y escritura entre autómatas Schneider-Schneider.....	47
Figura 32. Bloque ADDM para la dirección IP del servidor para comunicación Schneider-Schneider.....	48



Figura 33. Bloque de lectura para comunicación entre autómatas Schneider-Schneider.....	48
Figura 34. Bloque de escritura para comunicación entre autómatas Schneider-Schneider.....	49
Figura 35. Ejemplo de lectura del servidor en comunicación entre autómatas Schneider-Schneider .....	49
Figura 36. Ejemplo de escritura en el servidor en comunicación entre autómatas Schneider- Schneider.....	49
Figura 37. Ejemplo de lectura del cliente en comunicación entre autómatas Schneider-Schneider	50
Figura 38. Ejemplo de lectura del servidor por parte del cliente en comunicación entre autómatas Schneider-Schneider .....	50
Figura 39. Programa en lenguaje CFC para el establecimiento de la comunicación Modbus entre autómatas Siemens y Schneider .....	51
Figura 40. Asignación de una variable leída del Siemens por el Schneider.....	51
Figura 41. Escritura de una variable del Schneider al Siemens .....	51
Figura 42. Función MB_SERVER de TIA PORTAL para comunicación Siemens-Schneider.....	52
Figura 43. Bloque de datos MB_Parameter de TIA PORTAL para comunicación Siemens- Schneider.....	52
Figura 44. Asignación de variables leídas en autómatas Siemens en comunicación Siemens- Schneider.....	53
Figura 45. Asignación de variables escritas desde Siemens durante comunicación Siemens- Schneider.....	53
Figura 46. Asignación de bits escritos desde Siemens durante comunicación Siemens-Schneider.	53
Figura 47. Creación de un sistema HMI en NB-Designer.....	54
Figura 48. Creación de un PLC servidor en NB-Designer.....	55
Figura 49. Resultado de la comunicación entre dispositivos en NB-Designer .....	55
Figura 50. Configuración de las comunicaciones en NB-Designer .....	56
Figura 51. Selección de PLC para elementos del HMI en NB-Designer .....	58
Figura 52. Diagrama de navegación entre pantallas del HMI.....	60
Figura 53. Pantalla común del HMI.....	61
Figura 54. Pantalla de selección rápida del HMI .....	62
Figura 55. Pantalla de inicio del HMI.....	62
Figura 56. Pantalla de nivel de seguridad del HMI.....	64
Figura 57. Pantalla de control de estado del HMI.....	65
Figura 58. Pantalla de control del clasificador por color del HMI.....	65
Figura 59. Pantalla de control del brazo manipulador del HMI.....	66
Figura 60. Pantalla de control de la cinta de mecanizado del HMI.....	66
Figura 61. Pantalla de control manual del HMI.....	67
Figura 62. Pantalla de control manual del brazo manipulador a través del HMI .....	68
Figura 63. Pantalla de control manual de la cinta de mecanizado a través del HMI.....	68
Figura 64. Pantalla de configuración del HMI.....	69
Figura 65. Pantalla de control de la estación de mecanizado a través del HMI .....	70



Figura 66. Pantalla emergencia del HMI .....	71
Figura 67. Pantalla principal resumen producción del HMI .....	72
Figura 68. Pantalla de tabla resumen de la producción del HMI .....	72



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos de la maqueta de clasificación por color .....	15
Tabla 2. Entradas de la maqueta del clasificador por color.....	16
Tabla 3. Salidas de la maqueta del clasificador por color .....	16
Tabla 4. Elementos del brazo manipulador de vacío.....	19
Tabla 5. Entradas del brazo manipulador de vacío .....	20
Tabla 6. Salidas del brazo manipulador de vacío .....	20
Tabla 7. Elementos de la estación de mecanizado .....	22
Tabla 8. Entradas de la estación de mecanizado .....	23
Tabla 9. Salidas de la estación de mecanizado.....	23
Tabla 10. Resumen de hardware, software y lenguajes empleados .....	27
Tabla 11. Tipo de datos empleado para comunicación Modbus .....	56
Tabla 12. Direcciones empleadas para salidas discretas en NB-Designer .....	57
Tabla 13. Direcciones empleadas para entradas discretas en NB-Designer.....	57
Tabla 14. Direcciones empleadas para registros en NB-Designer .....	57
Tabla 15. Ejemplos de asignaciones de memoria en comunicación Omron-Schneider .....	58





## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objetivos

El objeto del presente proyecto es el diseño y la implementación de una solución de control distribuido sobre PLC's para coordinar procesos de clasificación y mecanizado de piezas mediante un terminal táctil. Por la propia naturaleza distribuida de la solución, aparecen problemas de coordinación de procesos, comunicaciones e integración entre equipos de control y monitorización de varios fabricantes, que hay que resolver.

Los objetivos planteados han sido:

- Estudio del proceso (sensores y actuadores, modos de funcionamiento, restricciones...) y planteamiento de las especificaciones a cumplir por el sistema de control.
- La programación de los distintos dispositivos de control utilizando el software proporcionado por cada fabricante.
- La creación de una interfaz humano-máquina que permita la monitorización y el control del sistema a través de un terminal táctil industrial.
- La implementación de las interfaces de comunicación necesarias entre los distintos equipos.
- Demostración del funcionamiento de la solución propuesta en una planta piloto a escala, construida a partir de maquetas de los procesos industriales involucrados.

### 1.2. Motivación y antecedentes

Gran parte de la motivación para la realización del presente proyecto proviene de la actual importancia de la Industria 3.0 (o Tercera Revolución Industrial) y la progresiva aparición de la Industria 4.0 (también conocida como Cuarta Revolución Industrial o industria inteligente), debido a la creciente demanda por parte de las empresas de aumentar la automatización de sus sistemas.

La Tercera Revolución Industrial, por su parte, “se caracteriza por el comienzo de la automatización de los procesos, basada en el uso de tecnologías como la electrónica, la informática, la microelectrónica y nos lleva a la producción automatizada” (Industria 3.0, 2017).

Por otro lado, la Cuarta Revolución Industrial es acentuada, como indica Baecker (2015), por la aparición de nuevas tecnologías como la nube, el Big Data y el Internet de las Cosas. Estos avances permitirán que las fábricas se puedan controlar y optimizar de una manera mucho más flexible que en la actualidad, gracias a la continua comunicación entre cada máquina o producto de una industria con todo su entorno, que posibilita la fusión entre el mundo real y el virtual.



Por todo ello, gran parte de la motivación para este proyecto es conocer y tratar los problemas y soluciones de la actual Industria 3.0, como base para la formación en los paradigmas de la nueva Industria 4.0.

No obstante, el real interés personal hacia parte de esta tecnología ha surgido a través de las asignaturas de la rama de automática del Grado Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia (Sistemas Automáticos, Tecnología Automática y Laboratorio de Automatización y Control). Concretamente, ha surgido a raíz de esta última asignatura, en la cual se hizo un trabajo introductorio sobre la programación de dos de las maquetas empleadas en este proyecto mediante autómata Schneider.

La realización de este trabajo ayuda a ampliar los conocimientos del sector, así como a aproximarse a escenarios habituales en el sector empresarial. Para ello se ha elegido usar PLC's de uso industrial para la automatización de maquetas que emulan procesos reales, lo cual podría asemejarse a una planta a pequeña escala de un proceso industrial, y supone la implementación de un trabajo muy visual y satisfactorio, puesto que proporciona una validación de la solución de control diseñada más próxima a la realidad que la mera comprobación en simulación por ordenador.

### 1.3. Normativa a considerar

Para el desarrollo de la solución requerida se ha tenido en cuenta la legislación vigente necesaria expuesta en este apartado:

- **UNE-EN 60848:2013.** Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales (UNE).
- **IEC 61131-3.** Tercera parte del estándar internacional IEC 61131, que define las especificaciones de la sintaxis y semántica de los lenguajes de programación de PLC's, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje (IEC).
- **ISO 13849-1:2006.** Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño (Gutiérrez).
- **IEC 60870-5-104:** Protocolo de comunicación basado en canales TCP/IP (IEC).



## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y LAS MAQUETAS A ESCALA EMPLEADAS

Para la demostración y validación de la solución de control propuesta en este trabajo se han adquirido tres maquetas de uso educacional de la marca Fischer Technik, cuyas características (obtenidas de sus correspondientes fichas técnicas referenciadas en la bibliografía) se resumen en este apartado. El empleo de estos tres subprocesos dota al proyecto de un mayor interés industrial, emulando una planta robotizada de clasificación y mecanizado de piezas y pudiendo ver de manera casi inmediata el efecto de la programación realizada.

### 2.1. Piezas procesadas

Las piezas procesadas en la planta emulada son tres cilindros de diámetro 2'5 cm y altura 1'4 cm, de colores blanco, rojo y azul. Han sido escogidas por ser de diferentes colores, detectables por el sensor incorporado en la maqueta del proceso de clasificación. Dichas piezas son mostradas en la Figura 1.



Figura 1. Piezas procesadas

## 2.2. Cinta de clasificación con reconocimiento de color

En el presente subapartado se comentarán todos los aspectos relevantes para el estudio del proyecto sobre el clasificador por color empleado, representado en la Figura 2.

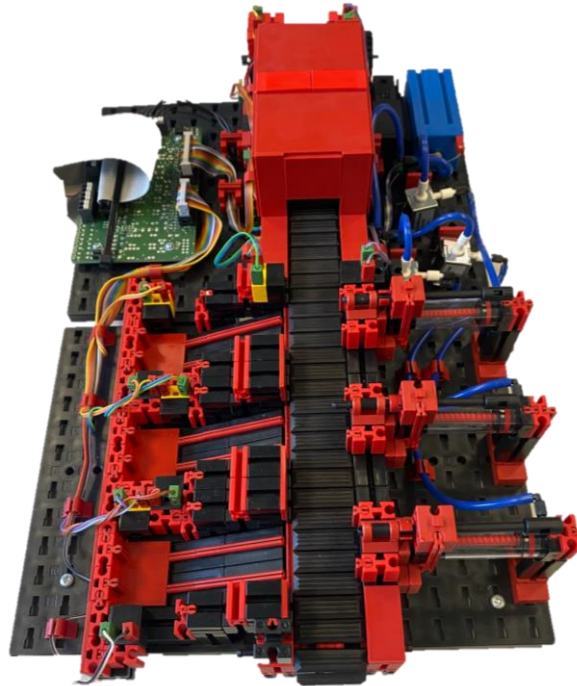


Figura 2. Maqueta de clasificador por color de Fischer Technik

### 2.2.1. Elementos de la maqueta

Son especificados a continuación, en la Tabla 1, los diferentes elementos que componen la maqueta tratada y que permiten el funcionamiento deseado.

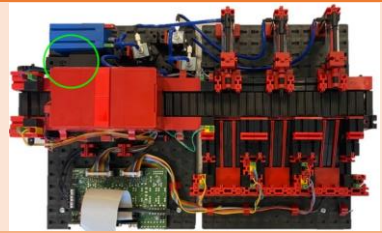
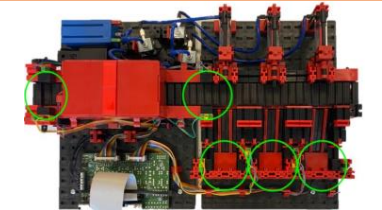
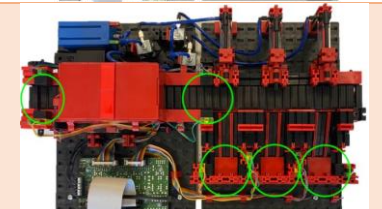
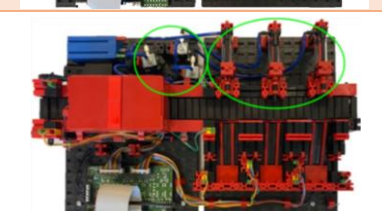
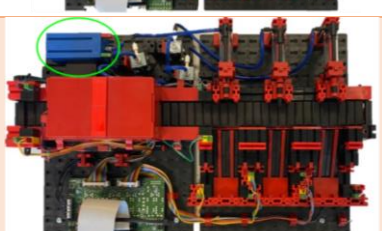
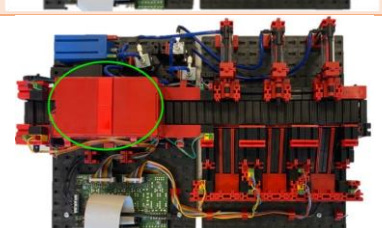
Cantidad	Elemento	Localización
2	Mini motores de corriente continua	
5	Fototransistores	
5	Barreras de luz LED	
3	Válvulas magnéticas	
1	Compresor	
1	Sensor óptico de color	

Tabla 1. Elementos de la maqueta de clasificación por color

La maqueta mostrada posee unas dimensiones de 44x31x1'5, expresadas en cm.

### 2.2.2. Entradas y salidas

Esta maqueta posee las entradas y salidas mostradas a continuación en la Tabla 2 y la Tabla 3, respectivamente. En total se tienen 6 entradas digitales, 6 salidas digitales y 1 entrada analógica de voltaje, mostrada en un rango entre 0 y 9V.

Entrada	Descripción
I1	Pulsos movimiento cinta
I2	Sensor de barrera entrada proceso color
I3	Sensor de barrera a la entrada de empujadores
I4	Sensor color (señal analógica)
I5	Sensor de barrera clasificador 1
I6	Sensor de barrera clasificador 2
I7	Sensor de barrera clasificador 3

Tabla 2. Entradas de la maqueta del clasificador por color

Salida	Descripción
Q1	Motor cinta transportadora
Q2	Habilitar compresor
Q3	Activar cilindro empujador 1
Q4	Activar cilindro empujador 2
Q5	Activar cilindro empujador 3
Q6	Habilitar señales de entrada del proceso

Tabla 3. Salidas de la maqueta del clasificador por color

### 2.2.3. Especificaciones de funcionamiento

En las siguientes líneas se detallarán las especificaciones del funcionamiento deseado de este subproceso.

- 1) Habilitación de las señales de entrada.
- 2) Una vez se detecta una pieza en el sensor de entrada al proceso, la cinta inicia su movimiento.
- 3) El sensor de color clasifica la pieza según la señal analógica recibida.
- 4) Cuando se ha pasado el sensor de barrera localizado delante de los empujadores, se habilita el compresor, preparándolo así para activar el cilindro empujador necesario.
- 5) Acorde al color detectado, y gracias a la acción del cilindro empujador, se hace descender a cada ficha por su resbaladera (la primera para las blancas, la segunda para las rojas y la última para las azules).

- 6) En el momento en que la pieza es detectada por el sensor ubicado en cada rampa, el empujador se retira y la cinta transportadora se detiene, siempre y cuando no haya otra pieza en proceso.

El recorrido realizado por cada una de las piezas es el mostrado en la Figura 3, haciendo referencia las flechas naranjas al desplazamiento común, y el resto a las fichas del mismo color.

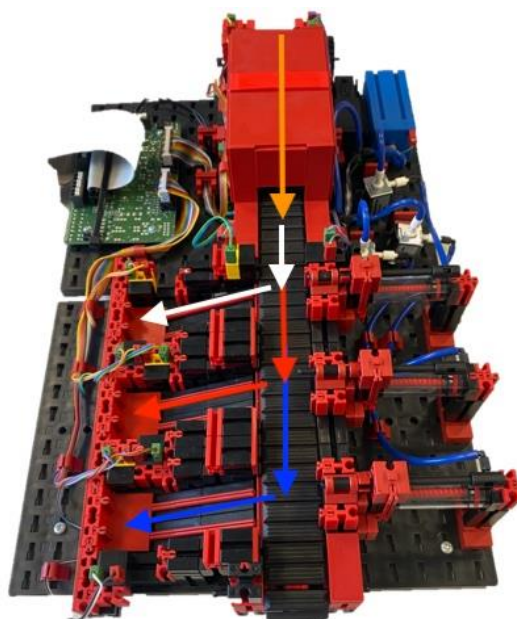


Figura 3. Recorrido realizado por las piezas en el clasificador por color

Como inconveniente que será tratado durante la programación, destacar que el sensor localizado al final de cada resbaladera permite detectar únicamente si hay una pieza en el final de la rampa, pero no cuántas piezas hay.

Tal como indica el manual que Fischer Technik incluye junto a esta maqueta:

El sensor de color fischertechnik emite luz roja, que se refleja con intensidad diferenciada de las diversas superficies de color. La intensidad de la luz reflejada se mide mediante un fototransistor, y se emite como un valor de tensión de entre 0 V y 9 V... La transformación de la tensión de 24 V CC a 9 V CC se realiza en la placa de conexión (Pista de clasificación con reconocimiento de color 24Vde Fischer Technik, p. 6).

Para la distinción entre los tres colores disponibles se ha realizado un estudio experimental mediante varias iteraciones, haciendo pasar las piezas por el sensor de color y leyendo el valor mínimo de voltaje para cada una de ellas. De esta manera, el mínimo valor detectado para el color azul marcará la diferencia entre esa pieza y la roja o la blanca y, análogamente, se hará la clasificación entre roja y blanca acorde al mínimo valor detectado por la roja. A continuación, se adjunta en la Figura 4 un esquema con los valores y el procedimiento que han sido seleccionados para la distinción.

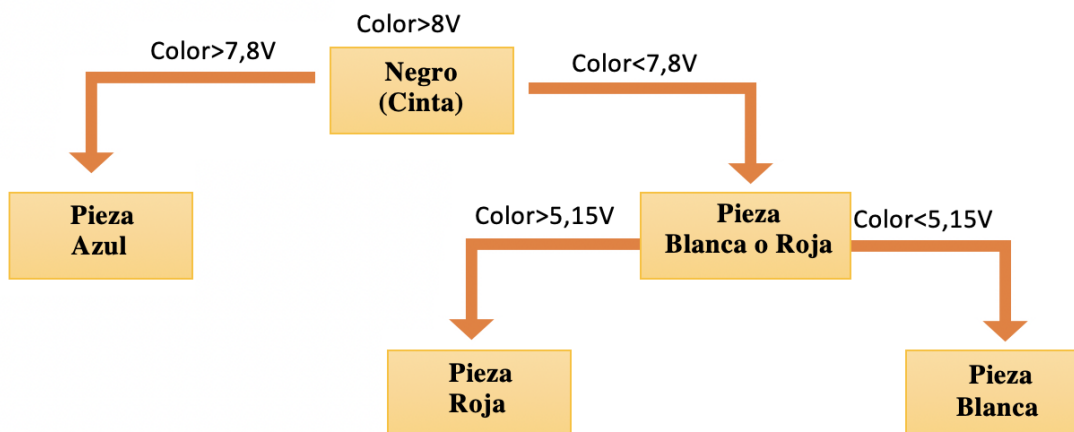


Figura 4. Esquema de distinción de color en la maqueta del clasificador por color

### 2.3. Robot manipulador de aspiración al vacío

En el presente subapartado se detallan las características más destacables del robot manipulador, que ayudan a comprender la implementación realizada sobre él. Se adjunta, primeramente, en la Figura 5, una representación de dicha maqueta.

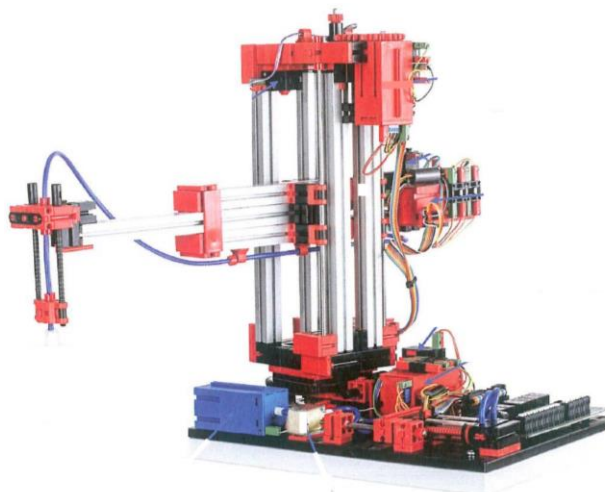


Figura 5. Maqueta brazo manipulador de aspiración al vacío de Fischer Technik

### 2.3.1. Elementos de la maqueta

Se enumeran a continuación, en la Tabla 4, los elementos de la maqueta del brazo manipulador de aspiración al vacío.

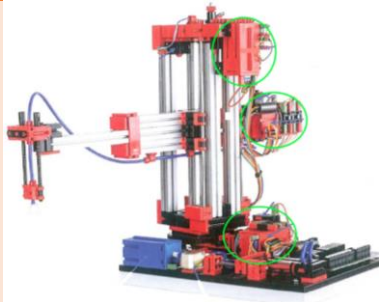
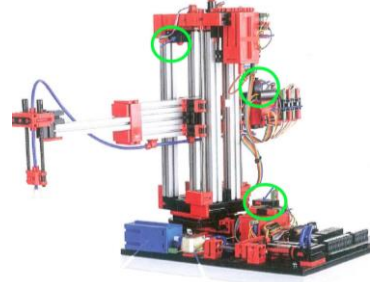
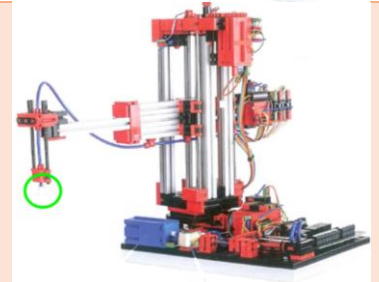
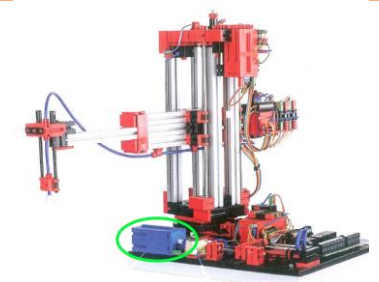
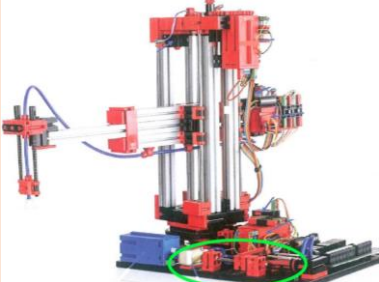
Cantidad	Elemento	Localización
3	Motores de corriente continua con codificador magnético	
3	Interruptores finales	
1	Ventosa de vacío	
1	Compresor	
1	Válvula magnética	

Tabla 4. Elementos del brazo manipulador de vacío

Las dimensiones del soporte de la maqueta son de 44'5x40'5x1'5 cm.

### 2.3.2. Entradas y salidas

En este subapartado, en las Tablas 5 y 6, se muestran las entradas y salidas del brazo manipulador, formado por 6 entradas digitales y 9 salidas también digitales.

Entrada	Descripción
I1	Final de carrera referencia vertical
I2	Final de carrera referencia horizontal
I3	Final de carrera referencia giro
B1	Pulsos encoder movimiento vertical
B3	Pulsos encoder movimiento horizontal
B5	Pulsos encoder movimiento giratorio

Tabla 5. Entradas del brazo manipulador de vacío

Los finales de carrera de referencia están colocados en la máxima posición superior vertical, en el máximo retroceso horizontal y en la posición de máximo giro horario que puede realizar el brazo, siendo el rango de giro de 270°. Esta posición se tomará como origen de referencia en todo momento para el control del movimiento del robot.

Salida	Descripción
Q1	Motor movimiento vertical arriba
Q2	Motor movimiento vertical abajo
Q3	Motor movimiento retroceso horizontal
Q4	Motor movimiento avance horizontal
Q5	Motor movimiento giro horario
Q6	Motor movimiento giro anti-horario
Q7	Habilitar compresor
Q8	Succión ventosa
Q9	Habilitar señales de entrada del proceso

Tabla 6. Salidas del brazo manipulador de vacío

### 2.3.3. Especificaciones de funcionamiento

Este robot es capaz de moverse sobre tres ejes (uno de rotación y dos de traslación), generando movimiento vertical (de 120mm), horizontal (de 140mm) y de giro (de 270°).

Los diferentes pasos a seguir para la efectividad de su acometido son los siguientes:

- 1) Habilitación de las señales de entrada del proceso.
- 2) Movimiento del robot hasta la posición de preparado para recogida de pieza.
- 3) Habilitación del compresor mientras finaliza el movimiento de recogida.



- 4) Una vez se encuentra sobre la pieza, se habilita la ventosa para realizar la succión de la pieza.
- 5) Desplazamiento del brazo hacia la cinta de mecanizado.
- 6) Desactivación de la ventosa para poder depositar la pieza.
- 7) Nuevamente se lleva al brazo a la posición de recogida.

Para asegurar la correcta localización del robot se han usado los tres encoder disponibles, mediante los cuales se puede saber el número de pulsos a realizar en cada dirección para alcanzar la posición. Un encoder es “un dispositivo electromecánico que permite codificar el movimiento mecánico en distintos tipos de impulsos eléctricos: digitales, analógicos en función de una onda, pulsos, etcétera”. (¿Qué es un encoder, cuáles son sus tipos y para qué sirven?, 2017).

En el caso de este robot, se consigue la codificación del movimiento mecánico en las tres posiciones mediante pulsos. Se ha estimado que el máximo número de pulsos en dirección horizontal y vertical es de 1000, y en giro de 750.

#### 2.4. Línea de producción con 2 estaciones de mecanizado

Finalmente, van a ser explicadas las características fundamentales de la última maqueta empleada: la cadena de producción con dos estaciones de mecanizado, mostrada en la Figura 6.

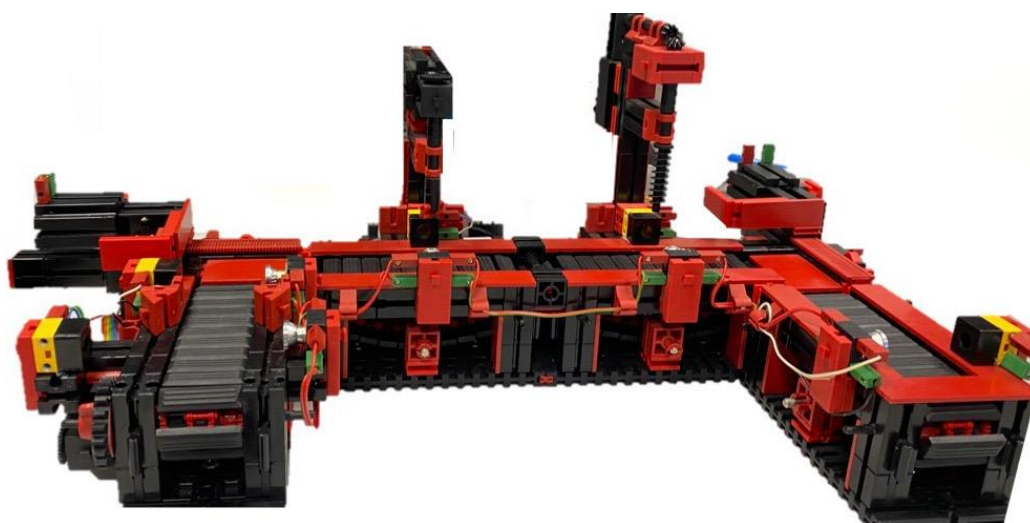


Figura 6. Maqueta de la estación de mecanizado DE FISCHER TECHNIK

### 2.4.1. Elementos de la maqueta

Son enumerados seguidamente los distintos elementos de la maqueta de la estación de mecanizado, en la Tabla 7.

Cantidad	Elemento	Localización
4	Cintas transportadoras	
8	Motores de corriente continua	
4	Pulsadores (interruptores finales)	
5	Fototransistores	
5	Barreras de luz LED	

Tabla 7. Elementos de la estación de mecanizado

Las dimensiones de la planta son de 18'5x25'5x1'5 cm.

### 2.4.2. Entradas y salidas

A continuación, se muestran las entradas (Tabla 8) y salidas (Tabla 9) de la cinta de mecanizado, que consta de 9 entradas y 11 salidas, todas ellas digitales.

Entrada	Descripción
I1	Final de carrera frontal empujador 1
I2	Final de carrera trasero empujador 1
I3	Final de carrera frontal empujador 2
I4	Final de carrera trasero empujador 2
I5	Fototransistor empujador 1
I6	Fototransistor fresadora
I7	Fototransistor estación de carga
I8	Fototransistor taladradora
I9	Fototransistor cinta transportadora salida

Tabla 8. Entradas de la estación de mecanizado

Salida	Descripción
Q1	Motor empujador 1 hacia adelante
Q2	Motor empujador 1 hacia detrás
Q3	Motor empujador 2 hacia adelante
Q4	Motor empujador 2 hacia detrás
Q5	Motor cinta transportadora de alimentación
Q6	Motor cinta transportadora fresadora
Q7	Motor fresadora
Q8	Motor cinta transportadora taladradora
Q9	Motor taladradora
Q10	Motor cinta transportadora salida
Q11	Habilitar sensores y empujadores

Tabla 9. Salidas de la estación de mecanizado

### 2.4.3. Especificaciones de funcionamiento

Los pasos a implementar para garantizar la producción deseada de dicha maqueta se detallan seguidamente:

- 1) Habilitación de los sensores de entrada y empujadores.
- 2) Una vez posicionada una pieza que corte el haz de luz del fototransistor a la entrada de la primera cinta, se activa del motor de la misma, que la hace avanzar.
- 3) Tras ser detectada por el fototransistor al final de la primera cinta, el primer empujador conduce a la ficha hacia la siguiente cinta, perpendicular a la primera.
- 4) El movimiento de la pieza sigue a través de las dos siguientes cintas, parándose en las posiciones de fresado y/o taladrado, según del proceso de mecanizado que se deba realizar.

- 5) De igual forma que antes, la pieza es nuevamente guiada por un empujador hasta la última cinta, que se para cuando el fototransistor final detecta la pieza.

Recalcar que el movimiento de estas cintas viene configurado de manera unidireccional, de forma que el recorrido solo se puede realizar en el sentido que se acaba de describir, y que se observa en la Figura 7.

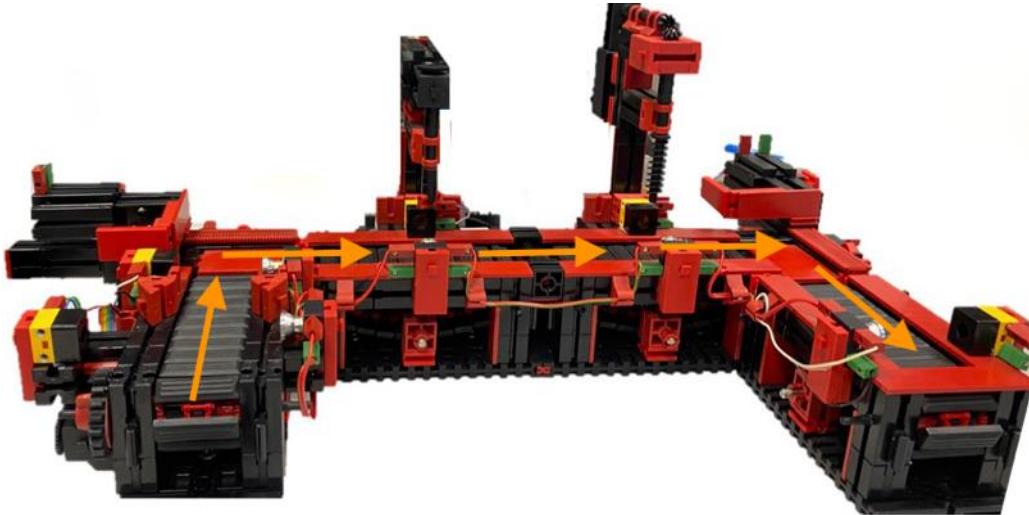


Figura 7. Recorrido de piezas en la maqueta de la estación de mecanizado



## 3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA

### 3.1. Lógica y elementos de control empleados

El primer paso para alcanzar la solución escogida podría haber sido decidir entre la implementación en lógica cableada o en lógica programada. Esta primera (habitualmente usada en instalaciones pequeñas) consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados y para cualquier cambio en la programación, se debe modificar el cableado y los elementos de forma que cumplan los nuevos requisitos de mando, protección y potencia. Por otra parte, en la lógica programada se sustituyen los elementos utilizados en los circuitos por PLC's, Autómatas Programables o Relés programables. Así los posibles cambios requeridos se realizan en la programación, y no en el cableado (Disseny y Producte blogspot 2012). Por ello, por la creciente importancia de la Industria 3.0 mencionada en el primer apartado y por la mayor facilidad en el cambio de la programación, no se ha dudado a la hora de escoger la implementación del sistema en lógica programada, por considerarse la opción más actual y de mayor interés.

Ya sabiendo el tipo de lógica, se ha seleccionado el tipo de controlador a emplear. De entre los más usados en la industria, por ser la opción estándar en la industria actual a este nivel, por ser capaces de manejar un gran número de entradas y salidas, la sencillez en su programación, la capacidad de comunicación con otros elementos y de reconfigurarlos tantas veces como sea necesario, se ha optado por la programación sobre diferentes PLC's (Controlador Lógico Programable), "computadoras digitales de grado industrial diseñadas para realizar funciones de control, especialmente para aplicaciones industriales" (MasterPLC).

Una vez elegido el tipo de controlador, se debía decidir entre un sistema de control centralizado o distribuido. En este primero, el control es realizado por un único controlador localizado en una ubicación central, mientras que, para el control distribuido, se disponen distintos controladores por toda la planta, que se encuentran comunicándose continuamente entre ellos (Qué es un sistema de control distribuido (DCS), s.f). A pesar de que, para la cantidad de entradas y salidas de las maquetas que serán empleadas en este proyecto, un sistema de control centralizado sería factible, se ha decidido implementar, con fines educativos, un control distribuido (integrando, como ya se verá, elementos de distinto fabricante). De esta manera se consigue una mejor aproximación a un caso real, en el que se verían incrementadas las señales de los procesos.

### 3.2. Equipos de control seleccionados

Concretamente, para este proyecto han sido necesarios tres autómatas (uno por cada maqueta). Para añadir valor educacional al proyecto, han sido seleccionados de entre distintas casas, exactamente dos de Schneider (programados mediante software SoMachine) y uno de Siemens (mediante software TIA Portal), que, además de ser capaces de cumplir con el cometido de este proyecto, se encuentran disponibles en los laboratorios del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática (DISA) de la UPV.

Estos PLC's se han comunicado mediante protocolo Modbus TCP/IP, "Modbus es un protocolo de comunicación abierto, utilizado para transmitir información a través de redes en serie entre dispositivos electrónicos. El dispositivo que solicita la información se llama maestro Modbus y los dispositivos que suministran la información son los esclavos Modbus" (Modbus: Qué es y cómo funciona, s.f). En apartados posteriores se ha explicado cuál de los autómatas realiza cada papel y cuál es la información que ha sido necesaria transferir entre ellos.

Por otra parte, para la creación del sistema de interfaz humano-máquina se ha usado una pantalla industrial de la casa Omron (software NB-Designer), que también se comunicará con los PLC's mediante protocolo Modbus.

### 3.3. Lenguajes empleados

En el presente subapartado se han descrito los distintos lenguajes de programación empleados para la automatización del sistema:

- **Texto estructurado, ST (SCL en Siemens):** tipo de lenguaje de texto (o de nivel bajo) usado para expresiones aritméticas con valores analógicos y digitales, capaz de realizar bucles, funciones y condicionales.
- **Diagrama de contacto, LD (KOP en Siemens):** lenguaje gráfico (o de alto nivel) donde se relacionan dos relés, uno que corresponde con una entrada y otro que lo hace con una salida, con las condiciones necesarias entre ellas para su activación o desactivación.
- **Diagrama de Funciones Secuenciales, SFC:** representación diagramática en el que se va cambiando entre etapas que afectan al sistema cuando se cumplan ciertas condiciones. Es la más similar al diagrama de diseño GRAFCET.
- **Diagrama de Función Continua, CFC:** lenguaje gráfico en los que puede haber lazos de realimentación.

Acorde a estas características (5 Lenguajes de Programación para PLC, s.f), (Lenguaje de diagrama de función continua CFC, s.f), se ha elegido cada uno de ellos para diferentes usos:

- **ST:**
  - Contadores de pulsos.
  - Asignación de variables, incluyendo algunas de lectura y escritura.
- **LD:**
  - Acciones y detección de flancos de etapas y/o señales.
  - Contadores de tipos de piezas.
  - Temporizadores.
  - Comunicación, lectura y escritura con otros equipos.
- **SFC:**
  - Etapas y transiciones.
- **CFC:**
  - Comunicación con otro PLC.

A continuación, se muestra en la Tabla 10 un resumen de la solución de hardware, software y lenguaje de programación usado.







Imagen	Hardware	Software	Lenguajes de programación empleados
	<p>Schneider MODICON M241</p>	<p>SoMachine </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LD (Ladder)</li> <li>• SFC</li> <li>• ST (Texto estructurado)</li> <li>• CFC</li> </ul>
	<p>Siemens SIMATIC S7-1214</p>	<p>TIA Portal </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SCL (Texto estructurado)</li> <li>• KOP (Ladder)</li> </ul>
	<p>OMRON NB7W-TW10B</p>	<p>NB-Designer </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenguaje gráfico mediante objetos funcionales</li> </ul>

Tabla 10. Resumen de hardware, software y lenguajes empleados

## 4. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN



A lo largo de este apartado se presentan tanto el funcionamiento y todas las consideraciones tomadas durante el diseño para cumplir especificaciones, como la metodología seguida, detallando cada paso hasta obtener la solución deseada. Se resumen tanto los aspectos de diseño conceptual como los relacionados con parte de la programación.

## 4.1. Funcionamiento y consideraciones del sistema

### 4.1.1. Funcionamiento

Para una mayor comprensión de todos los criterios tenidos en cuenta para garantizar el correcto funcionamiento del conjunto del sistema, y que se detallarán en este apartado, se muestra, en la Figura 8, un diagrama funcional realizado desde el punto de vista de la pieza.

Por otra parte, se ha creado y publicado un vídeo que describe el funcionamiento del sistema y que detalla algunas de las consideraciones tenidas durante el proyecto. Dicho vídeo se encuentra accesible a través del siguiente enlace:

<https://youtu.be/2YGHycGAmTo>



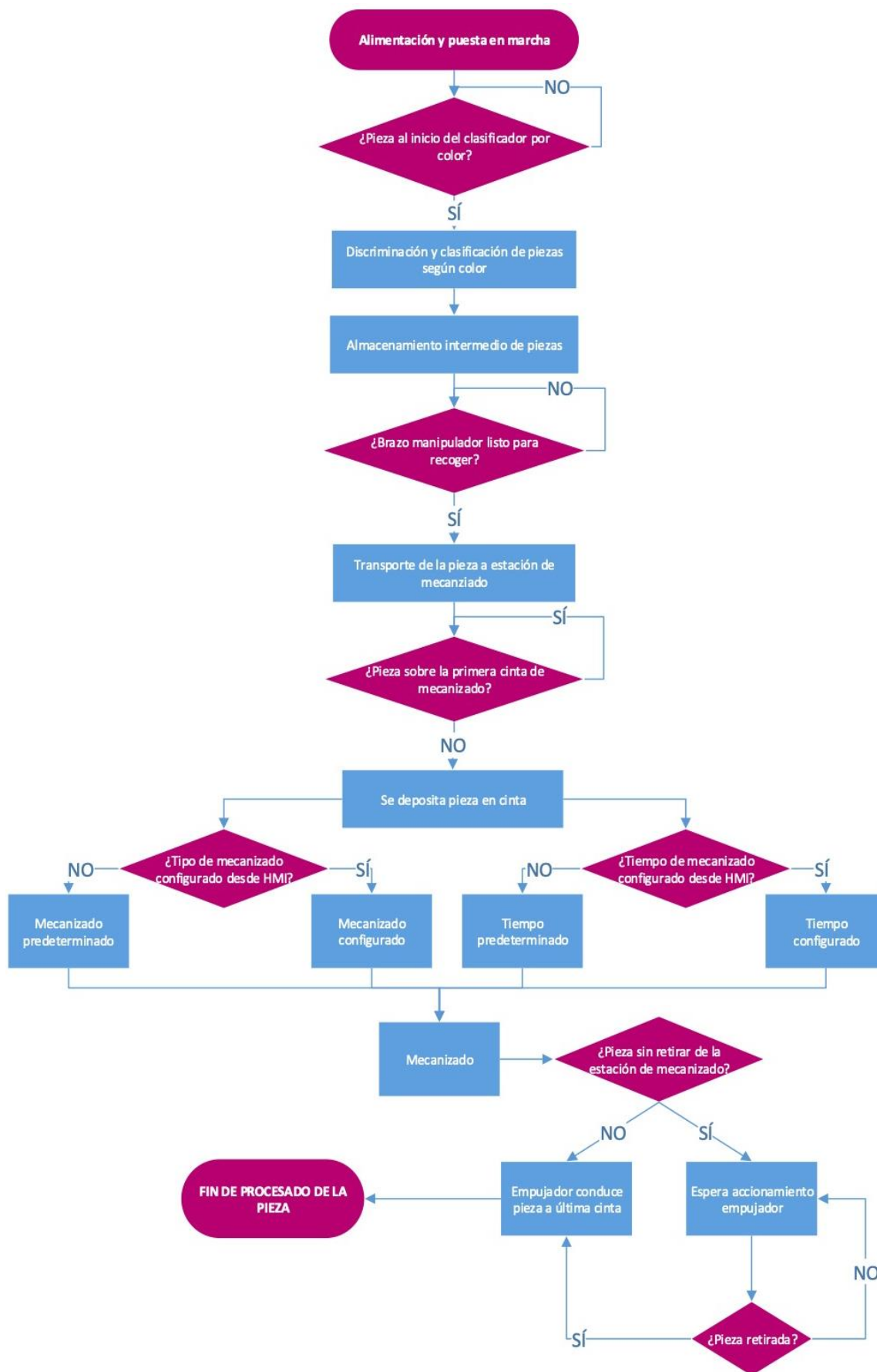


Figura 8. Diagrama funcional de recorrido de una pieza durante la producción

Durante todo el funcionamiento, el proceso podrá controlarse y monitorizarse mediante el terminal HMI. Una vez la alimentación del proceso ha sido habilitada desde el terminal táctil, y este ha sido puesto en marcha correctamente, estará listo para comenzar la producción.

El recorrido realizado por la pieza comienza en la estación de clasificado de piezas por color, del cual, como ya ha sido mencionado, se obtiene información gracias a una señal analógica en voltios enviada por la maqueta, y sobre la cual se ha realizado la codificación de color por niveles de tensión. Una vez depositada la pieza en la resbaladera correspondiente acorde a su color, el brazo manipulador de vacío la recoge y la transporta hacia el inicio de la cinta de mecanizado. Una vez allí, la pieza se desplaza mientras se realiza la operación de mecanizado oportuna, de nuevo dependiendo del color (fresado, taladrado, o ambas).

Han sido implementados además ciertos detalles que garantizan el aprovechamiento del tiempo y la continuidad en la fabricación:

- Cuando se inicia la producción, el brazo manipulador se dirige a su posición de origen (si no es en la que se encuentra) para reiniciar la cuenta de pulsos y asegurar la precisión en los desplazamientos posteriores.
- Siempre que el sistema esté en marcha y el brazo no esté trasladando alguna pieza, estará preparado para recoger en la posición de la última resbaladera (la que corresponde a las piezas azules). De esta forma, cuando pueda recoger una ficha, se encontrará cerca de cualquiera de los tres emplazamientos existentes.
- Cada tres piezas trasladadas, y debido a la falta de precisión del encoder ya comentada, el brazo pasará por su posición de origen para reiniciar la cuenta de pulsos de movimiento. Como para depositar la pieza ya se encuentra en el máximo retroceso y máximo giro horario, únicamente deberá llegar a su máxima posición vertical antes de prepararse para la recogida de la siguiente pieza.
- En el supuesto caso en que el brazo de aspiración al vacío esté preparado para depositar una pieza sobre la cinta de mecanizado y haya otra sobre la primera cinta, el brazo esperará el avance del ciclo de dicha cinta antes de dejar la que esté sujetando.
- Si hubiera alguna pieza detectada por el último sensor de la estación de mecanizado, hasta que esta no se retire, ninguna otra pieza podría acceder a la cinta en la que se encuentra. Es más, la pieza inmediatamente posterior esperaría en la plataforma del empujador a que este la desplazase cuando ya no hubiese cinta en el sensor.

Remarcar que en un proceso industrial real la pieza llegaría a la estación de clasificado y se retiraría de la de mecanizado por acción de otro brazo manipulador, una cinta transportadora, un operario... No obstante, en la demostración a escala llevada a cabo en este TFG, las piezas deberán colocarse y retirarse a mano.

Desde la terminal táctil se puede activar el paro que, como ya se comentará, se encuentra en la pantalla de inicio. Este último es un *paro programado*, en el cual las máquinas acaban de procesar las piezas que ya están en ellas, pero, una vez tratadas, el sistema se detiene y no aceptará nuevas piezas hasta que no vuelva a seleccionarse la opción de marcha.



#### 4.1.2. Consideraciones de seguridad

Como ya se verá en apartados posteriores, en el terminal se ha dispuesto (además de una seta de emergencia en la pantalla principal) un apartado de emergencia. En este podemos encontrar de nuevo la seta que, una vez accionada, inicia el protocolo de emergencia: los tres subprocesos paran por completo, a excepción de la ventosa, que continúa manteniendo la pieza en caso de que esté sujetando una.

El procedimiento a seguir tras el paro de emergencia sería, en primer lugar, activar el modo manual del brazo para dejar la posible pieza que pueda estar succionando en un lugar seguro. A continuación, se harán las intervenciones pertinentes acorde al problema que haya ocurrido. Cuando ya esté todo solucionado, se podrá activar el reinicio del proceso, de manera que toda la producción comenzará de nuevo. Se quiere recalcar la evidente diferencia entre este método de *paro de emergencia* y el mencionado en el apartado anterior.

#### 4.1.3. Distribución en planta

Para el diseño de la distribución en planta de una industria, se ha de asegurar el correcto funcionamiento de los dispositivos, además de tener en cuenta ciertas medidas de seguridad, la optimización del espacio y el recorrido de la maquinaria y el material, las zonas de paso para los trabajadores... En pos de emular una distribución real óptima, para la elección de la distribución en planta de las maquetas se han estudiado distintas posibilidades, algunas de las cuales han sido comentadas brevemente en el presente apartado, además de justificarse el descarte de algunas de ellas y la elección de la distribución definitiva.

La primera idea ha sido tratar de disminuir al máximo el espacio ocupado por los soportes sobre los que se asientan las plantas a escala de los tres subprocesos. Una vez encontrada una distribución que satisfaga este criterio y que permita todos los movimientos necesarios para el correcto funcionamiento (teniendo en cuenta sobretodo el rango de movimiento que puede ejecutar el brazo manipulador) se ha realizado la calibración de éste hasta las posiciones necesarias. La Figura 9 muestra la disposición que se acaba de comentar.

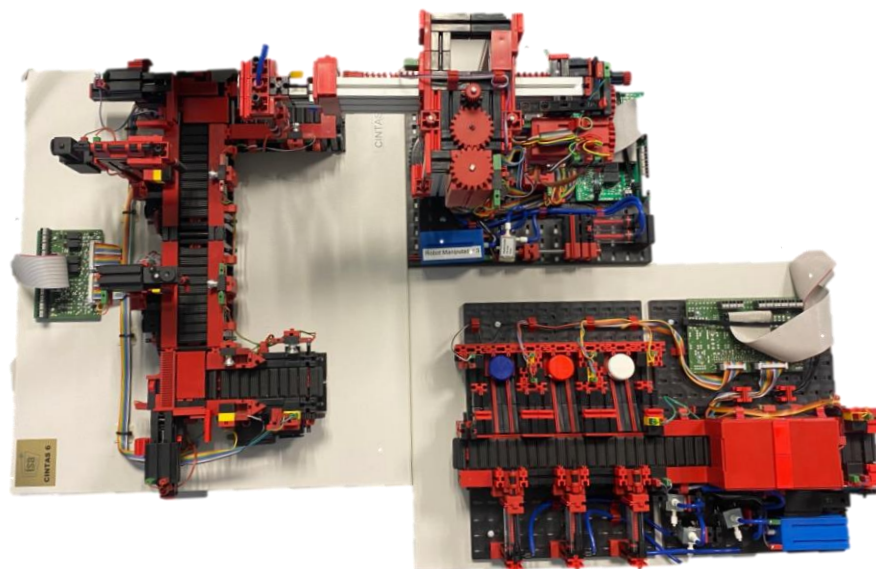


Figura 9. Primera distribución en planta planteada

No obstante, esta opción ha sido descartada por la falta de precisión del encoder del brazo manipulador. Como ya ha sido mencionado previamente, estas maquetas son únicamente de uso educacional por lo que, como es obvio, no poseen la misma exactitud y precisión que podrían llegar a poseer los procesos reales equivalentes.

Tras varias pruebas con esta distribución, se ha observado que el brazo alcanza perfectamente la posición deseada únicamente la primera vez que se lleva hasta una determinada situación y las siguientes veces se va desviando cada vez más de su destino, lo que imposibilita la adecuada marcha del proceso. Para solucionar este problema el brazo debe pasar por su posición de origen el máximo de veces posible (es decir, debe tocar los finales de carrera trasero, superior y de máximo giro horario), ya que ese es el punto de origen de la cuenta de pulsos. De esta manera se reinicia la cuenta en más ocasiones y se consigue la exactitud requerida en la localización. Sin embargo, en el caso de esta distribución, se ha descartado el forzado del brazo a pasar por su posición de origen (la cual se puede apreciar en la imagen superior), ya que la rapidez en la producción se vería notablemente afectada si pasase por dicha posición demasiadas veces.

Una vez se ha detectado tanto el problema como la solución, se han buscado otras distribuciones para agilizar el paso por el origen. Una de ellas (de las más consideradas como posibles soluciones) ha sido la mostrada en la Figura 10.

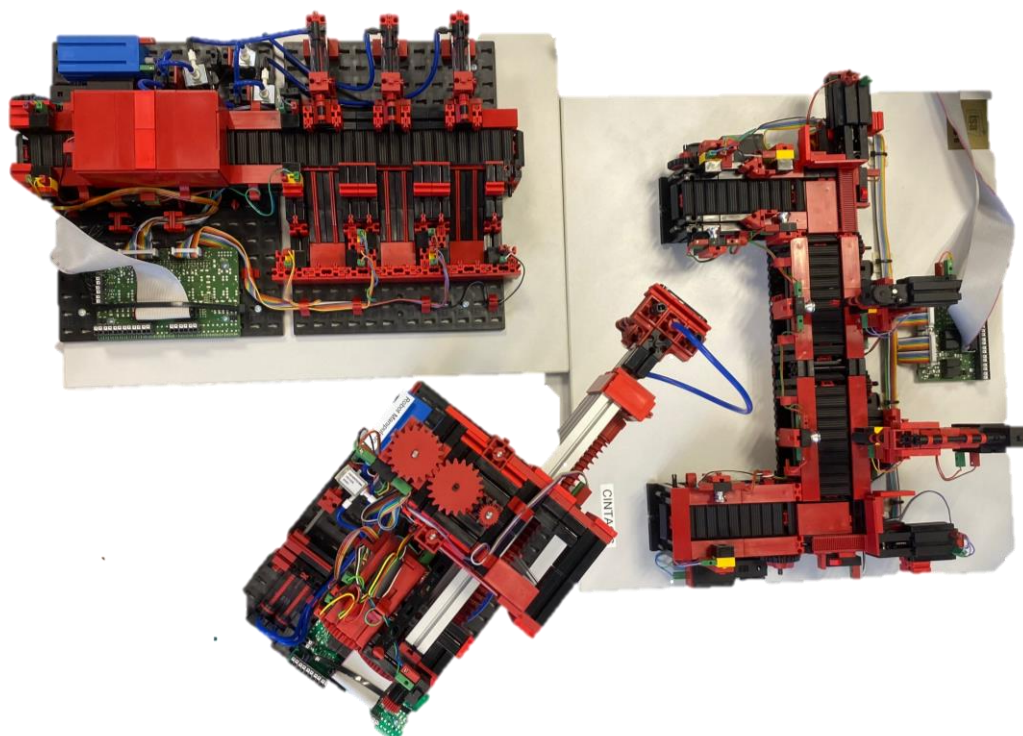


Figura 10. Segunda distribución en planta planteada

A pesar de que gracias a esta alternativa se ha solucionado el problema de la precisión del encoder y no se ocupa un espacio excesivo, ha sido suplantada por otra considerada mejor, puesto que en ella no era necesario colocar la base del brazo manipulador en diagonal con las otras maquetas (evitando así el pequeño desplazamiento sobre la superficie que puede llegar a realizar el brazo al moverse).

La disposición comentada que, además, es la elegida para el proyecto, se muestra tanto en la Figura 11 como en el plano de la Figura 12. Las flechas naranjas hacen referencia al recorrido realizado por las piezas independientemente de su color, mientras que las de otros colores indican la trayectoria acorde al color.

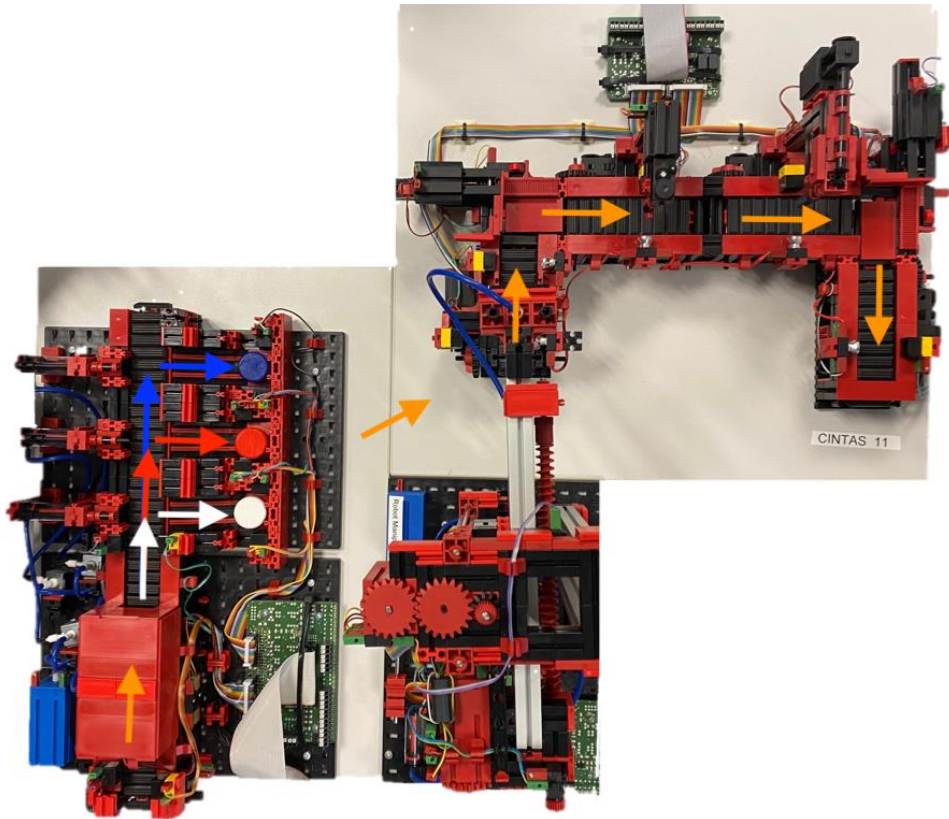


Figura 11. Distribución en planta definitiva

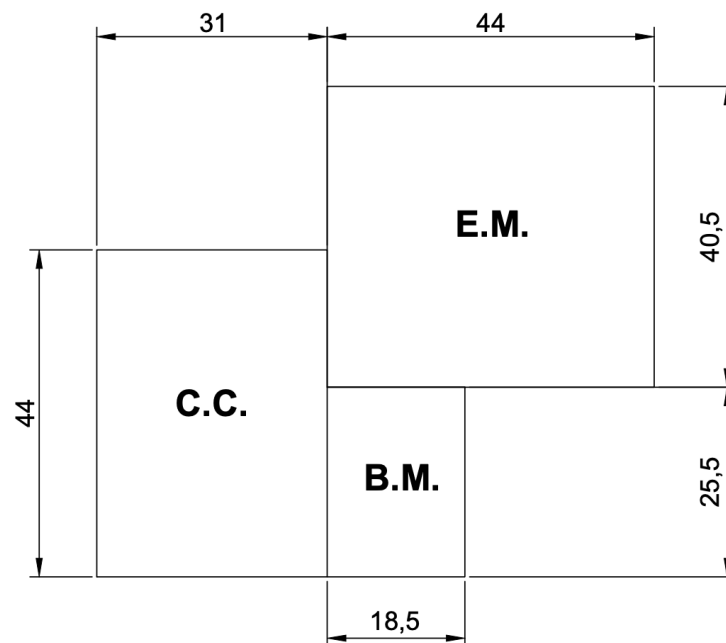


Figura 12. Plano de la distribución en planta definitiva

## 4.2. Diseño del sistema de control

La metodología de diseño seguida para alcanzar el cometido de este proyecto ha sido la siguiente:

- 1) Descripción y especificaciones del funcionamiento del conjunto, todos sus modos de funcionamiento y de seguridad.
- 2) Diseño del diagrama GRAFCET que servirá de base para la programación del sistema. “El GRAFCET es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones” (Gea, J.M., 2006).
- 3) Programación del funcionamiento independiente de cada proceso sobre su PLC asignado.
- 4) Conexión y comunicación entre los tres autómatas y coordinación de los sistemas de control.
- 5) Mejora del funcionamiento global de las maquetas del sistema, añadiendo las variables y etapas que han sido consideradas oportunas para evitar interrupciones durante la fabricación.
- 6) Diseño de la interfaz humano-máquina sobre el terminal HMI OMRON.
- 7) Conexión de dicha terminal con los PLC’s.
- 8) Revisión del funcionamiento, pruebas experimentales, mejora e implementación de los últimos detalles para garantizar la eficiencia y la marcha del sistema.

## 4.3. Automatización del sistema

A lo largo de este apartado de muestran únicamente los detalles que han sido considerados más significativos durante la automatización del sistema.

### 4.3.1. Clasificador por color

En el presente subapartado se van a tratar ciertos aspectos de la programación realizada sobre autómatas Siemens para el control del clasificador por color. El primero de ellos es cómo asegurar que el programa se inicia correctamente, es decir, que son únicamente las etapas iniciales las que se encuentran activas y el resto, inactivas (para un mayor entendimiento de qué etapas son iniciales y cuáles no véanse los planos del Documento 4: Planos). Para ello se podría haber usado la señal del sistema usual, el bit de “First Scan” que ofrece TIA Portal. Sin embargo, se ha decidido crear un bloque de organización del tipo “Startup”. Este programa es un ciclo de arranque, lo que quiere decir que se ejecutará una única vez cuando se pase del modo Stop a Run.

Tal y como se deduce de la Figura 13, que muestra un fragmento del programa, este bloque fuerza un set en ciertas etapas (todas las iniciales y en la variable “Borrar\_registro\_fifo” que se detallará más adelante) y un reset en todas las demás.



Figura 13. Inicio del proceso en lenguaje LD en TIA PORTAL

De manera similar se ha implementado el reinicio del sistema que tendría lugar tras la parada de emergencia. Cuando la variable de entrada por terminal táctil “Reinicio” está activa, se reiniciará el programa, ejecutando un set o un reset en cada etapa según se requiera.

En cuanto al código creado para la correcta identificación del color de la pieza, por una parte, en el bloque de organización “Main” se llama, como se observa en la Figura 14, a la función creada “Escalado” siempre que el sistema tenga alimentación. Dicha función recibe el valor I4 (señal analógica color) y devuelve el valor escalado “Color”, que se puede encontrar solamente entre 0 y 10 V.

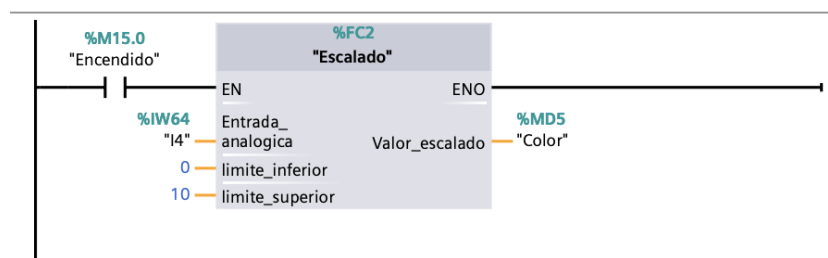


Figura 14. Llamada a la función de escalado de color en lenguaje LD en TIA PORTAL

Se representan seguidamente en la Figura 15 los componentes de la función de escalado implementada. El primer bloque, “NORM\_X”, normaliza el valor recibido, representándolo en una escala lineal entre 0 y 1. El resultado obtenido se envía a la siguiente instrucción, “SCALE\_X”, que escala este valor entre los límites introducidos en la llamada de la función Escalado.



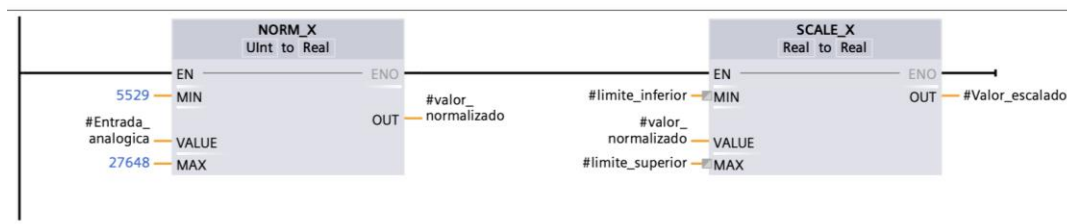


Figura 15. Instrucciones de la función escalado en TIA PORTAL

Respecto al control del movimiento de avance de la cinta transportadora, éste ha sido generado mediante un contador ascendente CTU como el representado en la Figura 16. Cada ciclo de reloj que esté activa dicha cinta (señal I1), aumenta el valor de la variable “Pulsos\_cinta”, produciéndose su reseteo cuando una pieza pasa por el sensor I3, colocado justo antes de las resbaladeras. Ha sido establecido de esta forma debido al escaso número de fototransistores disponibles en la maqueta. La cuenta se inicia cuando se pasa por este sensor, y representa el valor desde éste hasta el empujador correspondiente acorde al color detectado. La resbaladera más cercana al fototransistor será ocupada por las piezas blancas, la siguiente por las rojas y, la última, por las azules.

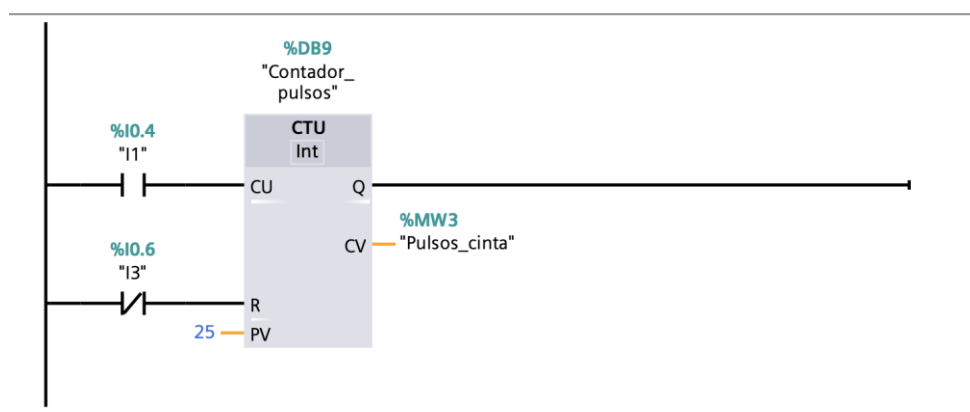


Figura 16. Contador de pulsos ascendente en lenguaje LD en TIA PORTAL

Finalmente, otro aspecto remarcable es la manera en que el brazo manipulador recibe la información de qué pieza debe recoger de la maqueta en cada momento. Primeramente, se pensó en darle prioridad a los colores, de manera que, por ejemplo, se retirasen primero las piezas azules, luego las rojas y por último las blancas. No obstante, esta solución podría acarrear un problema: siempre que continuasen entrando piezas azules, las rojas y las blancas se acumularían y pasarían mucho tiempo sin ser retiradas.

La solución adoptada ha sido la creación de un sistema FIFO (First In First Out), un método de gestión logística basado en retirar primero del almacén el artículo que antes ha llegado (El método FIFO en la valoración de stock de un almacén, 2018). La manera de aplicarlo es formar un vector que vaya almacenando el color de la pieza clasificada y, cuando se necesite retirar una pieza se mire el primer valor introducido. Conforme se van retirando estas piezas, se vacían esas posiciones del vector.

En el supuesto que ocupa a este proyecto no se trata de un almacén concretamente, pero se ha extrapolado al orden de la retirada de piezas de las resbaladeras, de manera que sean transportadas las piezas según su orden de llegada. En las páginas siguientes será tratado el procedimiento seguido para conseguir este acometido.

Dentro del programa principal se hace una llamada continua a la función creada “Tracking FIFO-LIFO” siempre que el programa se esté ejecutando, como puede observarse en la Figura 17.

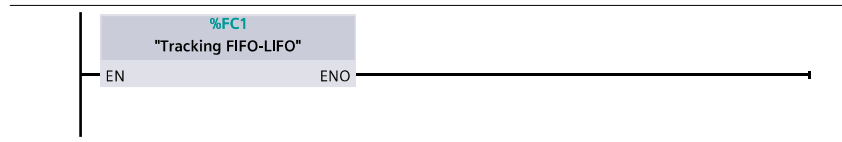


Figura 17. Función principal del FIFO en TIA PORTAL

Esta función está formada por las instrucciones de la Figura 18 y la Figura 19. En la primera de ellas, “MOVE”, el valor de la variable “Color\_FIFO”, que adquiere los valores 1, 2 o 3 según si la pieza es blanca, roja o azul respectivamente, se envía al parámetro “Pieza\_in” de la estructura de datos “Pieza\_IN\_OUT”. Esta acción es realizada cuando está activa la primera etapa de los programas que identifican el color de la pieza analizada, etapa en la que acaba de ser detectado su color.

El siguiente elemento es una llamada al bloque de función FB “FIFO\_PIEZAS”, en el que, se “ingresa” una pieza cuando ésta se encuentra en la posición de su empujador. El valor que se introduce es el que contenga en ese instante “Pieza\_in”. Un valor es extraído del vector cuando está activa la variable “Brazo\_listo\_para recoger”, es decir, cuando el brazo está en la posición intermedia de recogida (justo encima de la última resbaladera) y hay alguna pieza al final de su rampa preparada para ser extraída. El valor obtenido se transfiere a “Pieza\_out”, también de la estructura de datos “Pieza\_IN\_OUT”. La última entrada a esta función es “Borrar\_registro\_fifo” que, cuando se activa al iniciarse por primera vez el programa, borra todos los datos almacenados en el vector del FIFO, así se asegura que dicho vector no almacena ningún dato de piezas de fabricaciones anteriores.

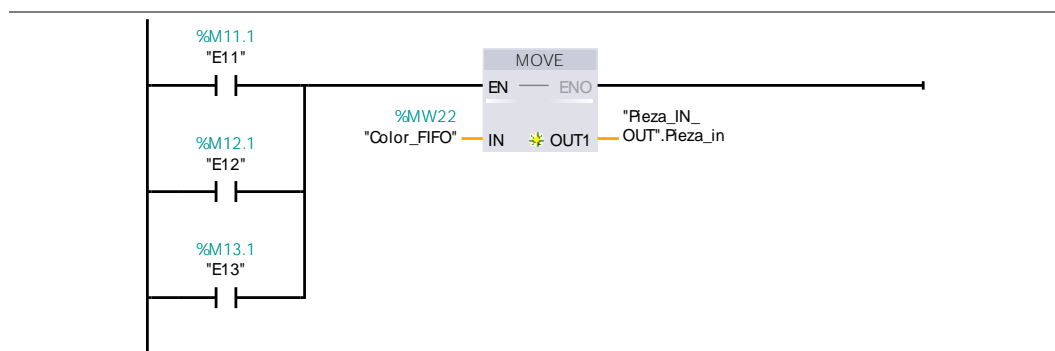


Figura 18. Función MOVE del FIFO en TIA PORTAL

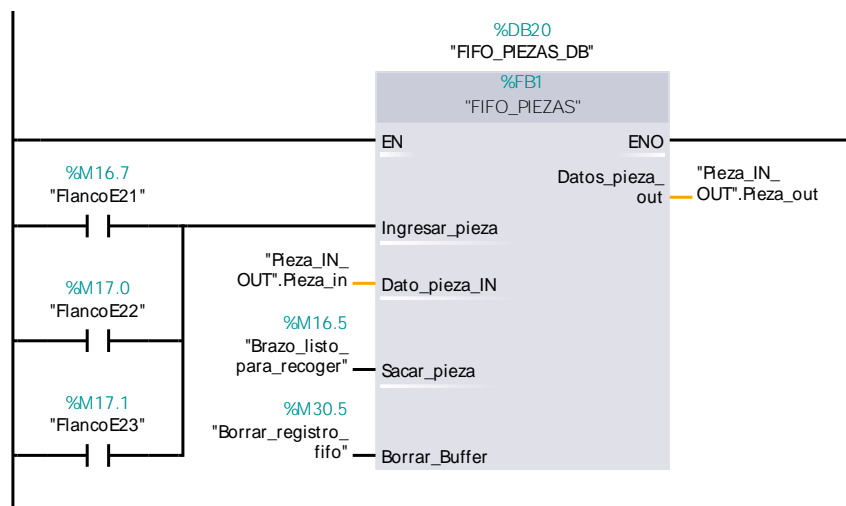


Figura 19. Llamada al bloque de función “FIFO\_Piezas” en TIA PORTAL

Se pasa ahora a detallar la programación realizada sobre el bloque de función “FIFO\_PIEZAS”. La primera parte, escrita en el siguiente fragmento de código, corresponde a la entrada de una nueva pieza en el vector. Siempre que se active alguna de las señales que añaden un color al vector, todos los parámetros de éste se desplazan una posición, de manera que la primera es ocupada por la recién entrada, donde se almacena el valor del color que se acaba de leer. Además, se aumenta en una unidad el “Índice\_FIFO”, un indicador del número de datos preparados para recoger, es decir, del número de piezas ya clasificadas. Resaltar que el parámetro llamado “Flanco\_Pieza\_IN” sirve para asegurar que se introduce la nueva pieza una única vez mientras la señal de ingreso esté activa, si no estuviese, estarían introduciéndose valores en el vector cada instante en que se siguiese en esas etapas.

```
// Secuencia de entrada nueva pieza
IF #Ingresar_pieza AND #Flanco_Pieza_IN=FALSE THEN //si se activa la señal de meter los datos
    // Ponemos a true para generar el flanco
    #Flanco_Pieza_IN:= True;
    // Calculamos cuantas piezas hemos movido
    #Piezas_a_mover:= INT_TO_UDNIT(10-1);
    //Movemos el array desde Final-1 a Final
    #Resultado := MOVE_BLK_VARIANT (SRC := #Piezas, COUNT := #Piezas_a_mover, SRC_INDEX :=0, DEST_INDEX := 1, DEST =>
    #Piezas);
    //Movemos el vector piezas "piezas_a_mover" posiciones, desde el índice 0 del array hasta el destino 1
    //Copiamos los datos de la pieza IN en la posición 1 del array
    #Piezas[1] := #Dato_pieza_IN;
    #Indice_FIFO := #Indice_FIFO +1;
END_IF;
IF NOT #Ingresar_pieza THEN
    #Flanco_Pieza_IN := FALSE;
END_IF;
```

Análogamente, la segunda parte del código (análogo al mostrado a continuación) es la encargada de la lectura del color de la pieza a transportar el brazo. Cuando se activa dicha señal de lectura, siempre que ya haya alguna pieza ya colocada (“Índice\_FIFO”>=1), se pasa el primer valor que se introdujo en el vector a la variable “Pieza\_OUT” y se elimina del vector (se escribe un 0 en su posición). También se disminuye el índice en una unidad, remarcando que hay una pieza menos disponible para recogida.

```
// Secuencia de salida de pieza
IF #Sacar_pieza AND #Flanco_Pieza_OUT=FALSE AND #Indice_FIFO>=1 THEN //si se activa la señal, sacamos pieza del FIFO
    #Flanco_Pieza_OUT:= True;
    // Pasamos el valor del array más viejo a la salida
    #Datos_pieza_out := #Piezas [#Indice_FIFO];
    //Borramos la posición última copiando una pieza vacía
    #Piezas [#Indice_FIFO] := #Pieza_Vacia;
    //Disminuimos el índice en una unidad
    #Indice_FIFO := #Indice_FIFO -1;
END_IF;
IF NOT #Sacar_pieza THEN
    #Flanco_Pieza_OUT := FALSE;
END_IF;
```

En último lugar comentar el borrado de registro del vector FIFO. Gracias a este pedazo del código mostrado, este registro se vacía cada vez que se vuelve a iniciar el programa.

```
// Secuencia borrar buffer
IF #Borrar_Buffer THEN
    // Recorremos el array para borrar el array
    FOR #Contador := 0 TO 9 DO
        #Resultado := MOVE_BLK_VARIANT (SRC := #Pieza_Vacia, COUNT := #1, SRC_INDEX :=0, DEST_INDEX :=
#Contador, DEST => #Piezas);
    END_FOR;
    //Borramos la pieza de salida para que no quede nada
    #Datos_pieza_out := #Pieza_Vacia;
    //Reinicializamos el índice para la siguiente vez
    #Indice_FIFO := 0;
    #Flanco_Pieza_OUT := FALSE;
    #Flanco_Pieza_IN := FALSE;
END_IF;
```

También mencionar que el vector “Piezas” creado contiene 10 posiciones, consideradas suficientes en esta situación por las dimensiones de la maqueta.

#### 4.3.2. Brazo manipulador de aspiración al vacío

La maqueta correspondiente al brazo manipulador de vacío ha sido automatizada mediante un PLC de la marca Schneider, es decir, se ha programado a través del software SoMachine.

Cabe destacar, en primer lugar, la manera de implementar el reinicio tras una parada de emergencia en este software, que se ha realizado de igual forma tanto para esta maqueta como para la estación de mecanizado.

En primer lugar, se debe activar el bit del sistema “SFCInit” en cada uno de los programas en los que se desea poder habilitar su reinicio. Al pulsar el botón derecho sobre el programa, se debe configurar como se indica en la Figura 20:

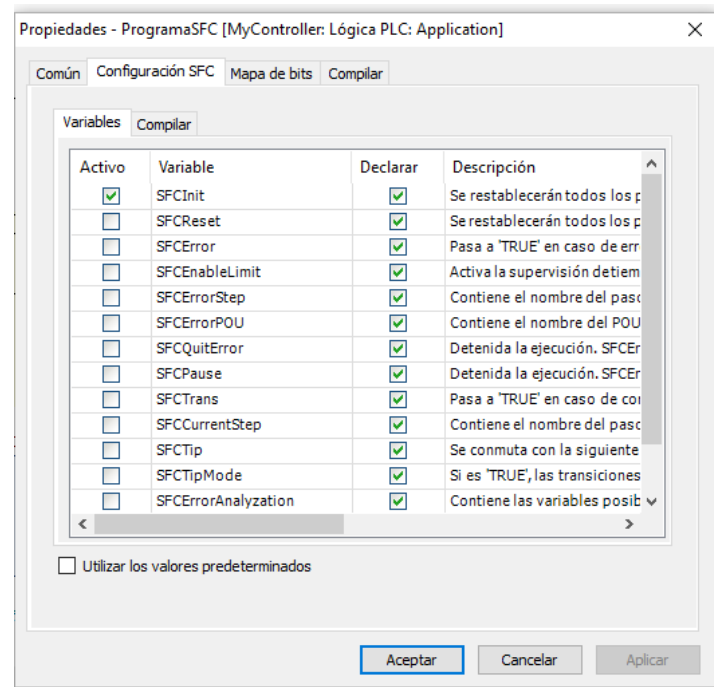


Figura 20. Activación del bit SFCInit en SoMachine

Una vez activado dicho bit, se debe declarar, también dentro del programa en el que se ha activado, como en la Figura 21:

```

1  PROGRAM ProgramaSFC
2  VAR
3  END_VAR
4  VAR_INPUT
5      SFCinit:bool;
6  END_VAR

```

Figura 21. Declaración del bit de sistema SFCInit en SoMachine

Finalmente, en el programa de lenguaje de diagrama de contactos LD, se ha asociado el reinicio del sistema con la variable creada para ello, recibida a través del terminal táctil, como en la Figura 22:

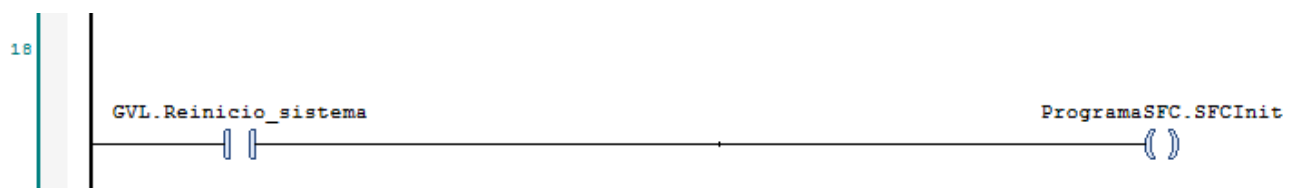


Figura 22. Reinicio del sistema en SoMachine

Por otra parte, se desea mencionar cómo ha sido establecido el código para el control de la posición del brazo mediante pulsos. Se han creado análogamente tres códigos (uno para cada uno de los movimientos que puede hacer el brazo), además de tres tareas necesarias donde incluir cada uno de ellos. Tal y como se muestra en la Figura 23, cada cuenta se reinicia cuando se activa el final de carrera correspondiente al movimiento que se esté realizando, es decir, cuando alcanza la máxima posición en cada dirección. El aumento de la cuenta se realiza cuando el movimiento se produce alejándose de la situación de origen y, en caso contrario, se disminuye la cuenta. Concretamente, el contador de giro se resetea cuando se pulsa el final de carrera “I3”, que es el situado en el máximo giro horario que el brazo puede realizar. Cuando está activo el giro anti-horario “Q6” se va aumentando la cuenta, y se disminuye cuando se produce el giro horario “Q5”.

```

1      PROGRAM ContadorGiro
2      VAR
3      END_VAR
4
-----
1      IF I3 = TRUE THEN
2          CuentaGiro := 0 ;
3      ELSE
4          IF Q6 = TRUE THEN
5              CuentaGiro := CuentaGiro + 1 ;
6          END_IF ;
7
8          IF Q5 = TRUE THEN
9              CuentaGiro := CuentaGiro - 1 ;
10         END_IF ;
11     END_IF ;
12

```

Figura 23. Código en texto estructurado para la cuenta de pulsos de giro en SoMachine

Gracias a la implementación del código que se acaba de mostrar y al conocimiento del máximo número de pulsos que puede realizar el brazo en cada dirección, se han podido condicionar las acciones de movimiento tanto a superar o no (según el sentido del desplazamiento) el valor de la cuenta hasta la localización buscada, como a no exceder nunca el valor máximo de pulsos. El establecimiento de dichas condiciones en el LD se aprecia en la Figura 24.

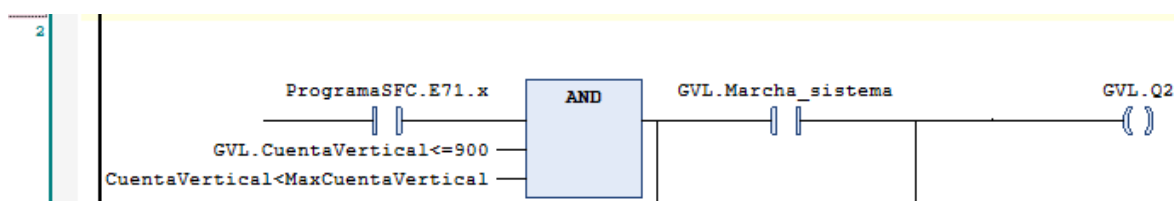


Figura 24. Control de pulsos de movimiento vertical del brazo manipulador en SoMachine

### 4.3.3. Línea de producción con dos estaciones de mecanizado

La cadena de producción de mecanizado también ha sido programada mediante el software So Machine.

De esta parte del proceso lo primero a remarcar son los distintos modos de mecanizado que se pueden llevar a cabo. Como ya ha sido mencionado, la línea posee dos estaciones de mecanizado: fresado y taladrado. Por ello, y por qué las cintas pueden ir únicamente en un sentido, los modos que se pueden conseguir son fresado, taladrado o fresado seguido de taladrado. Sin embargo, en lugar de asignar un modo determinado a cada color de pieza, se ha diseñado de forma que el usuario autorizado para ello pueda decidir (como ya se explicará más adelante) el mecanizado que se le atribuye a cada color a través del terminal táctil. En caso de no realizar ninguna asignación por ésta, los procesos por defecto son los siguientes:

- Pieza blanca: Fresado.
- Pieza roja: Taladrado.
- Pieza azul: Fresado y taladrado.

Debido a esta decisión de diseño, han sido necesarios 9 códigos en diagramas de funciones secuenciales SFC, uno para cada color y cada método de mecanizado. Además, se han establecido dos adicionales, uno inicial, que se corresponde con el recorrido de la pieza a lo largo de la primera cinta y el primer empujador; y otro final, que atañe al segundo empujador y la cinta final. Todos estos códigos se muestran en los diagramas GRAFCET del Documento 4: Planos.

De igual forma que se puede seleccionar el proceso de mecanizado, también es posible hacerlo con la duración de cada subprocesso también a través del terminal táctil. Para poder ejecutar esta función, en primer lugar, se envía el valor escrito en la pantalla (en formato WORD) a la variable correspondiente tipo TIME creada, como se observa en la figura 25.

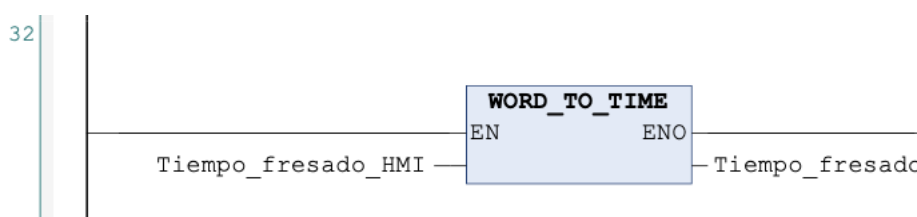


Figura 25. Conversión de WORD a TIME en lenguaje LD en SoMachine

Si no se realizase ninguna modificación, el tiempo predefinido de fresado es de 2s y 50ms, y de 2s para el taladrado. Esto se ha conseguido como se presenta en la Figura 26: en el caso en que el tiempo no sea modificado desde el terminal táctil, el tiempo de fresado es el predeterminado. Ha sido imprescindible usar la función MOVE para ello, que copia el valor del registro de entrada a la variable especificada en el registro de salida. Es preciso que el tiempo se escriba en el formato observado: t#XsYms, siendo X el número de segundos e Y el de milisegundos.

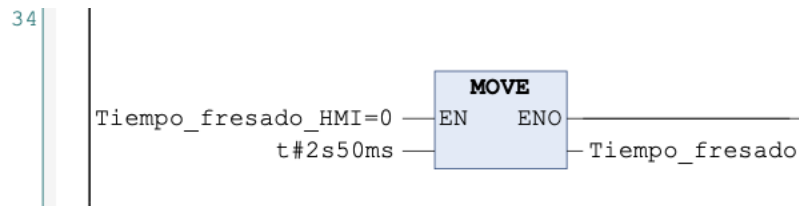


Figura 26. Función MOVE para asignación de tiempo en SoMachine

Finalmente comentar todos los contadores que se han establecido para la cinta de mecanizado. Para poder llevar un seguimiento de la producción han sido creados 16 contadores: uno para cada color y modo de pieza (9), otros para todas las piezas del mismo color (3), otros para cada modo de mecanizado (3) y otro para el número total de piezas (1). Dicha implementación se ha realizado mediante CTU's (contadores ascendentes), que aumentan en una unidad el valor de la variable al producirse un flanco ascendiente en la etapa o acción requerida tal y como se muestra en la Figura 27:

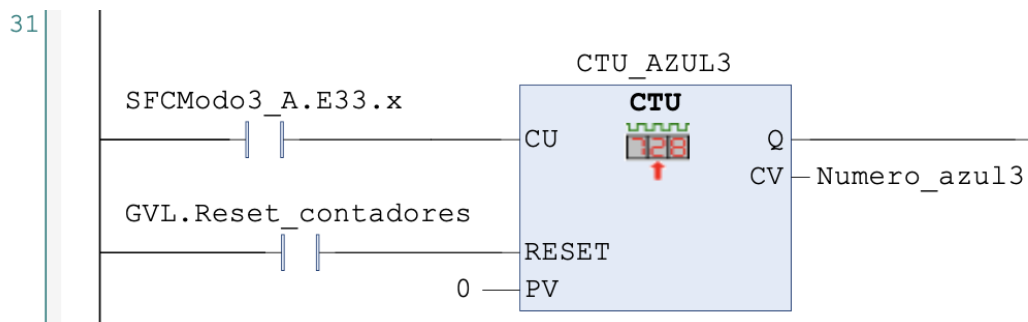


Figura 27. Contador ascendente de piezas en lenguaje LD en SoMachine

Para el correcto funcionamiento de estos contadores, deben ser declarados en el mismo código en el cual se emplean, como se indica en la Figura 28:



```
1      PROGRAM ProgramaLD
2
3      VAR
4          F_TRIG_I7 : F_TRIG ;
5          FlancoFI7 : BOOL ;
6          R_TRIG_I5 : R_TRIG ;
7          FlancoRI5 : BOOL ;
8          R_TRIG_I3 : R_TRIG ;
9          FlancoRI3 : BOOL ;
10         F_TRIG_I9 : F_TRIG ;
11         FlancoFI9 : BOOL ;
12         FlancoE7 : BOOL ;
13         F_TRIG_E7 : F_TRIG ;
14         CTU_BLANCO : CTU ;
15         CTU_ROJO : CTU ;
16         CTU_AZUL : CTU ;
17         CTU_TOTAL : CTU ;
18         CTU_BLANCO1 : CTU ;
19         CTU_BLANCO2 : CTU ;
20         CTU_BLANCO3 : CTU ;
21         CTU_ROJO1 : CTU ;
22         CTU_ROJO2 : CTU ;
23         CTU_ROJO3 : CTU ;
24         CTU_AZUL1 : CTU ;
25         CTU_AZUL2 : CTU ;
26         CTU_AZUL3 : CTU ;
27     END_VAR
28     VAR
29         SR_MARCHA : SR ;
30     END_VAR
```

Figura 28. Declaración de contadores en SoMachine

#### 4.4. Implementación de la comunicación entre equipos

Primeramente, ha sido realizada la comunicación entre autómatas, actuando el brazo de aspiración como cliente o maestro (el que solicita la información al resto) y la estación de mecanizado y el clasificador por color como servidores o esclavos (los que envían la información requerida).

Seguidamente se ha comunicado el terminal táctil con los dos autómatas de Schneider, haciendo estos el papel de servidores y el terminal táctil el de cliente. La interacción entre el clasificador por color (autómata Siemens) y el terminal táctil ha sido implementada a través del brazo, es decir, la información que el terminal táctil necesita del proceso de clasificación se traspasa del PLC Siemens al Schneider del brazo, quien, a su vez, la lleva al terminal táctil.

El siguiente esquema expuesto en la Figura 29 representa la conexión y los papeles que realizan cada uno de los elementos del sistema. Las líneas grises hacen referencia a la conexión vía Ethernet (compartida por los cuatro dispositivos), mientras las amarillas a la primera comunicación Modbus TCP mencionada y las verdes a la segunda.

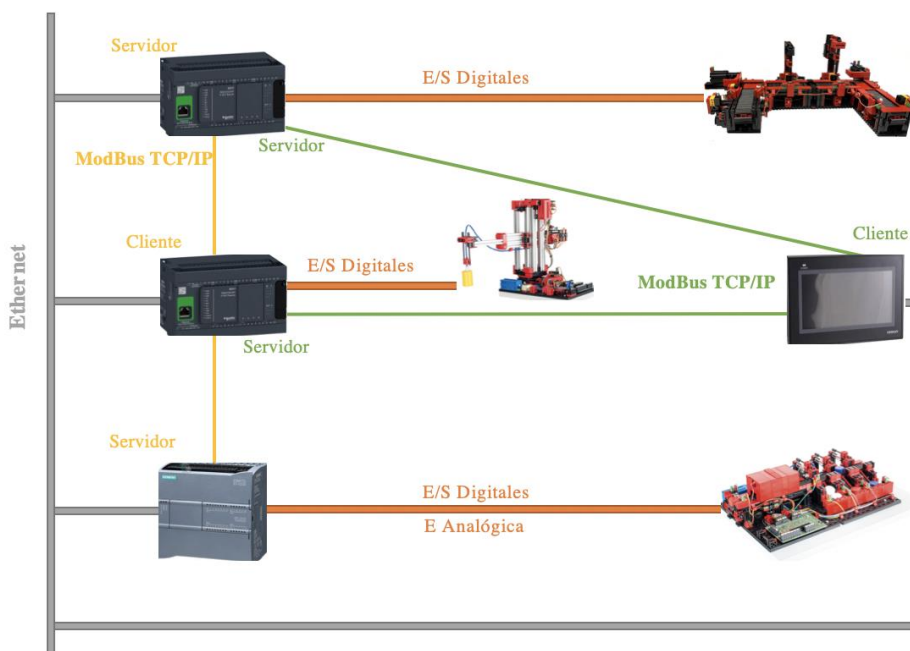


Figura 29. Diagrama de comunicación entre dispositivos

Ha sido además adjuntado, en la Figura 30, un diagrama de componentes UML (Lenguaje Unificado de Modelado), que indica qué información se comparte entre cada uno de los dispositivos, además de los papeles principales que realiza cada uno de ellos.

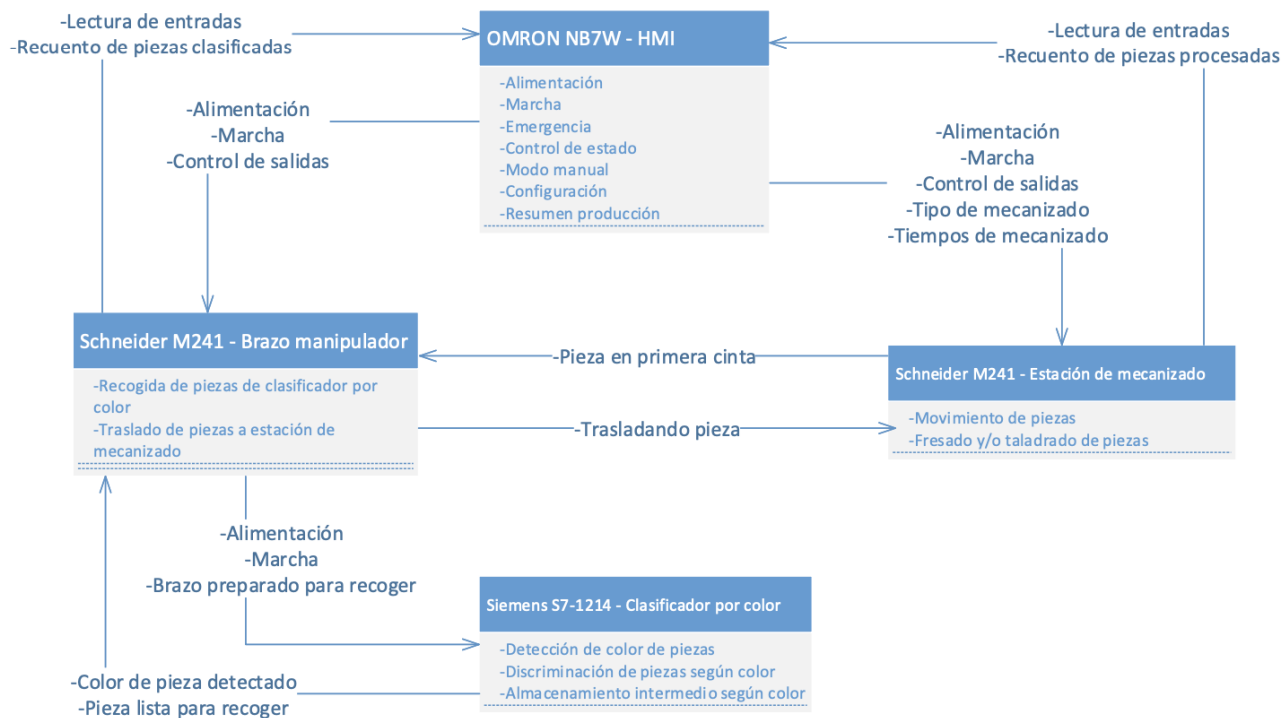


Figura 30. Diagrama de componentes UML

#### 4.4.1. Comunicación Schneider-Schneider

En primer lugar, se va a mencionar la implementación que se ha creado sobre el brazo manipulador (cliente). El código requerido se encuentra en los llamados “SFCComunicaciónMecanizado” y “LDComunicacionMecanizado”, que se pueden apreciar en las imágenes sucesivas.

Primeramente, se muestra en la Figura 31 el código SFC, formado por tres etapas. La primera de ellas está solamente activa nada más iniciar el programa. El resto del tiempo se varía entre las dos etapas restantes, cambiando cada 20 ms.

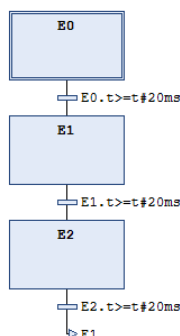


Figura 31. SFC de lectura y escritura entre autómatas Schneider-Schneider

En adelante se pasa a comentar, instrucción por instrucción, la parte de código generada en lenguaje Ladder. Lo más destacable del bloque de función ADDM (Figura 32) es que sobre él se escribe la dirección IP del autómatas que funciona como servidor (el de la cinta de mecanizado concretamente). Esta dirección se convierte en una estructura ADDRESS, pero solo cuando el programa se encuentra en una etapa diferente a la inicial en el SFC explicado.

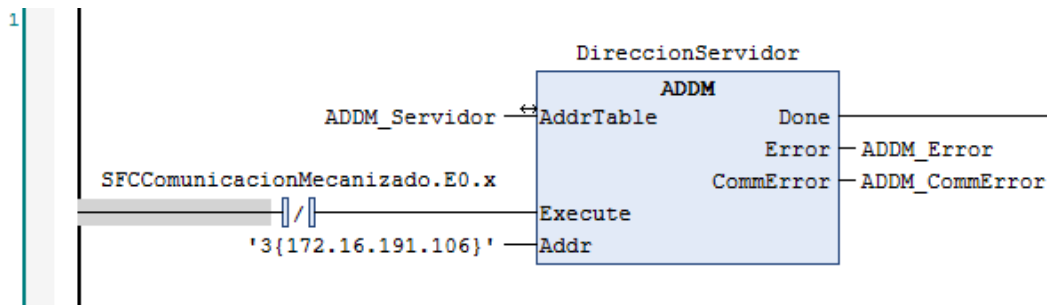


Figura 32. Bloque ADDM para la dirección IP del servidor para comunicación Schneider-Schneider

El siguiente bloque adjuntado en la Figura 33, “READ\_VAR” lee ciertos registros de memoria del dispositivo Modbus conectado. La lectura se realiza únicamente cuando se encuentra en la primera etapa del SFC cuando la comunicación es efectiva. En él se expresa el tipo de datos que se van a leer del servidor (Word en este caso) y la cantidad de ellos (2).

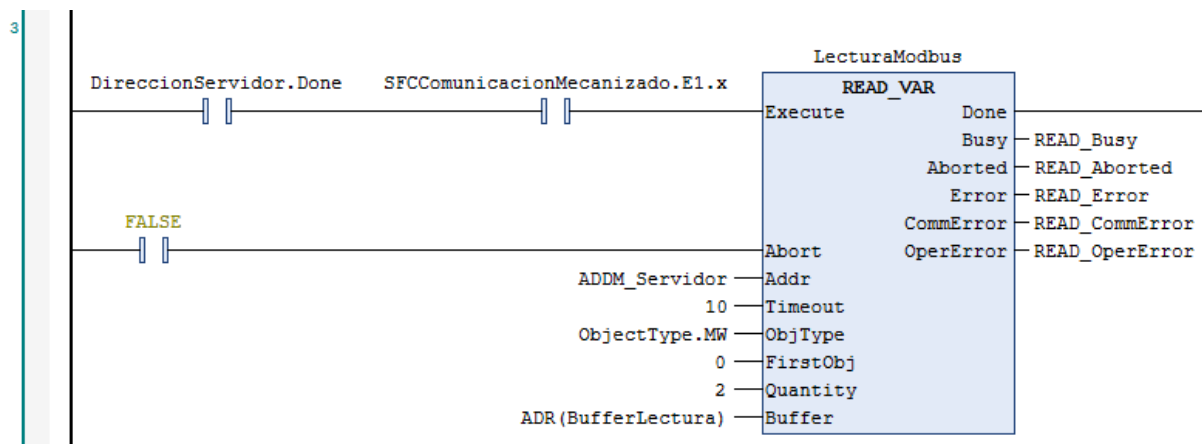


Figura 33. Bloque de lectura para comunicación entre autómatas Schneider-Schneider

Por último, la función “WRITE\_VAR”, cuya implementación se observa en la Figura 34, tiene lugar cuando la conexión con el servidor se ha realizado de manera adecuada y está activa la segunda etapa del SFC de comunicación. El tipo de datos a leer son Word y la cantidad 2.

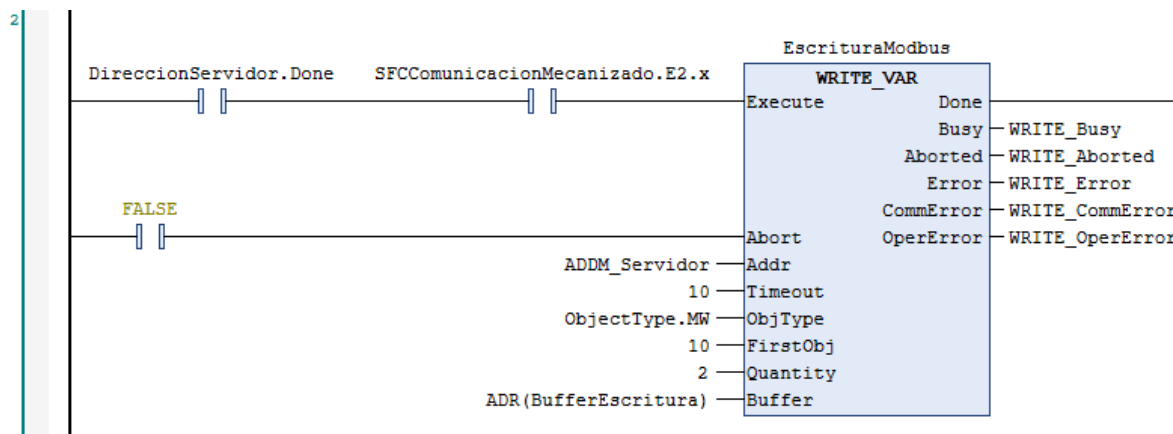


Figura 34. Bloque de escritura para comunicación entre autómatas Schneider-Schneider

En el Anexo I - Lista de Variables se muestran todas las variables que han sido creadas en el proyecto, sin embargo, se pretende indicar un ejemplo de lectura y otro de escritura. Para la lectura de valores únicamente se asignan estas a la dirección de memoria equivalente a la usada en el código del servidor, como se expone seguidamente. Esto quiere decir que la lectura se realiza a través de la Lista de Variables Globales (GVL). Un ejemplo de lectura se indica en la Figura 35.

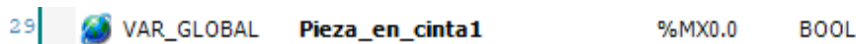


Figura 35. Ejemplo de lectura del servidor en comunicación entre autómatas Schneider-Schneider

En el caso de la escritura el procedimiento a seguir es muy similar. Se debe asociar la variable que se quiere escribir en la dirección de memoria disponible para escritura en el servidor. En esta ocasión la escritura se ha implementado sobre lenguaje de contactos LD, tal y como se puede apreciar en el ejemplo de la Figura 36:



Figura 36. Ejemplo de escritura en el servidor en comunicación entre autómatas Schneider-Schneider

Por otro lado, para implementar la comunicación sobre el autómatas de la maqueta de mecanizado (servidor), no se debe crear ningún código adicional como se ha hecho para el cliente, únicamente es necesario realizar la asignación de variables requerida. Las variables que deben ser escritas por el cliente simplemente deben ser asignadas a las direcciones de memoria correspondientes, como se aprecia en la Figura 37.

21 | VAR\_GLOBAL Encendido\_HMI %MX20.0 BOOL

Figura 37. Ejemplo de lectura del cliente en comunicación entre autómatas Schneider-Schneider

Así mismo, para las que el cliente lee del servidor se hace sobre el programa LD de la estación de mecanizado una asociación entre la variable concreta y la dirección de memoria, como se ha realizado anteriormente y se muestra en la Figura 38.

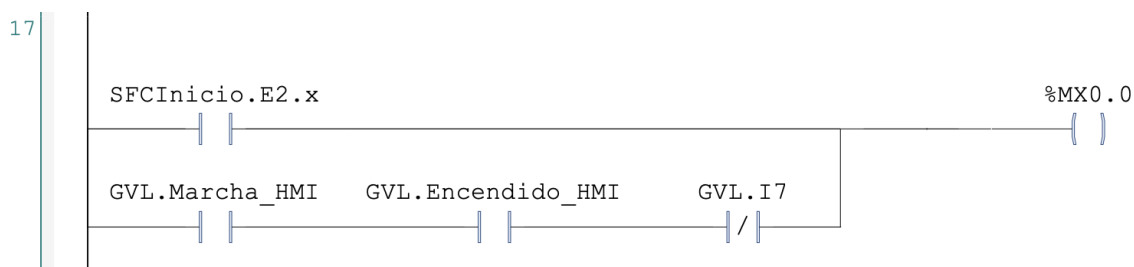


Figura 38. Ejemplo de lectura del servidor por parte del cliente en comunicación entre autómatas Schneider-Schneider

#### 4.4.2. Comunicación Schneider-Siemens

El caso de la comunicación entre autómatas Schneider (el relacionado con el brazo manipulador de vacío) y el Siemens (clasificador por color) es algo más complejo que en el caso anterior. Primeramente, se van a comentar las tareas elaboradas en SoMachine. La asignación de la dirección IP del servidor, de su lectura y su escritura se ha ejecutado sobre código CFC (como ya ha sido explicado, lenguaje gráfico con realimentación). Este fragmento de código (Figura 39) funciona de manera semejante al anteriormente comentado: la función ADDM transforma la dirección IP en una estructura ADDRESS; en READ\_VAR se indica la cantidad (4) y el tipo de datos (Word) a leer; y en WRITE\_VAR la cantidad (7) y el tipo de los datos (Word) a escribir. La diferencia con el caso anterior radica en que no ha sido necesaria la generación de un SFC, al ser un código cíclico que varía entre el modo lectura y el de escritura cada 10 ms.

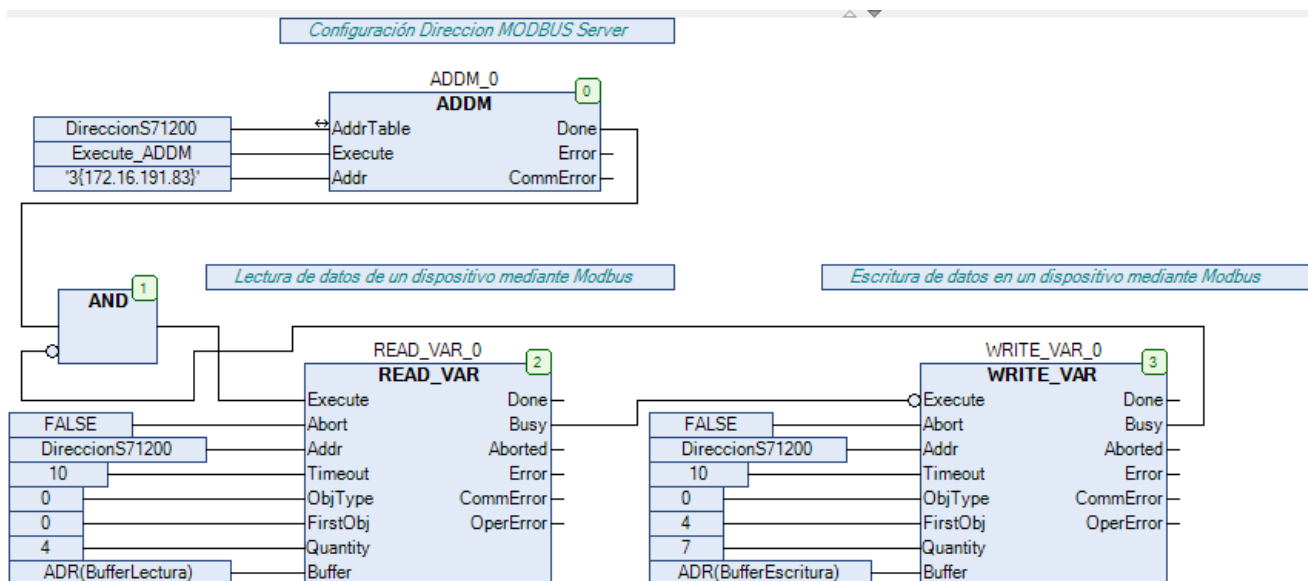


Figura 39. Programa en lenguaje CFC para el establecimiento de la comunicación Modbus entre autómatas Siemens y Schneider

Como puede comprobarse en la Figura 40 y la Figura 41, la asignación de variables a leer o escribir ha sido configuradas igual que en el caso de comunicación Schneider-Schneider, relacionando las variables con las direcciones de memoria requeridas, en la GVL para la lectura y en el LD para la escritura.



Figura 40. Asignación de una variable leída del Siemens por el Schneider



Figura 41. Escritura de una variable del Schneider al Siemens

Sin embargo, el papel de servidor a implementar sobre el autómata Siemens no es tan sencillo como el anteriormente implementado sobre Schneider. No se trata únicamente de realizar la lectura y la escritura, sino que hay que utilizar bloques de función que permitan que el PLC se comunique mediante protocolo Modbus TCP.

También en el bloque de organización “Main”, se establece la comunicación mediante la instrucción “MB\_SERVER”, adjuntada en la Figura 42. “La instrucción “MB\_SERVER” comunica como servidor Modbus-TCP a través del enlace PROFINET de la CPU. La instrucción “MB\_SERVER” elabora las solicitudes de enlace de un cliente Modbus-TCP, recibe las solicitudes de las funciones Modbus y envía avisos de respuesta” (¿Cómo se

programa y se parametriza la comunicación Modbus/TCP entre una CPU S7-1500 y una CPU S7-1200?, 2019).

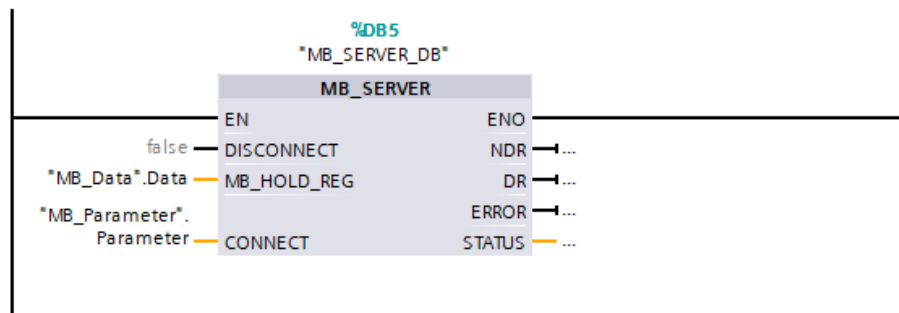


Figura 42. Función MB\_SERVER de TIA PORTAL para comunicación Siemens-Schneider

La instrucción recién mostrada almacena todos los datos (tanto de lectura como de escritura) en el vector Data creado sobre el bloque de datos DB “MB\_Data”. Este vector almacena 11 parámetros (4 de lectura y 7 de escritura concretamente) de tipo entero.

Por otra parte, en la entrada “CONNECT” se deben asociar el tipo de estructura empleada en la comunicación (TCON\_IP\_v4), el puerto local por el que se realizará (502 en este caso) y la dirección IP del PLC con el que se va a conectar parte por parte. Cada uno de estos parámetros de configuración se ajusta como cero, para poder permitir la conexión con cualquier dispositivo disponible que cumpla las condiciones necesarias. Todos estos datos se editan sobre el bloque de datos “MB\_Parameter” inmediatamente adjuntado en la Figura 43.

MB_Parameter							
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Static							
▼ Parameter	TCON_IP_v4		False	True	True	False	
Interfaceld	HW_ANY	64	False	True	True	False	HW-identifier of IE-interface sub-module
ID	CONN_OUC	1	False	True	True	False	connection reference / identifier
ConnectionType	Byte	11	False	True	True	False	type of connetion: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP/IP)
ActiveEstablished	Bool	0	False	True	True	False	active/passive connection establishment
▼ RemoteAddress	IP_V4		False	True	True	False	remote IP address (IPv4)
▼ ADDR	Array[1..4] of Byte		False	True	True	False	IPv4 address
ADDR[1]	Byte	0	False	True	True	False	IPv4 address
ADDR[2]	Byte	0	False	True	True	False	IPv4 address
ADDR[3]	Byte	0	False	True	True	False	IPv4 address
ADDR[4]	Byte	0	False	True	True	False	IPv4 address
RemotePort	UInt	0	False	True	True	False	remote UDP/TCP port number
LocalPort	UInt	502	False	True	True	False	local UDP/TCP port number

Figura 43. Bloque de datos MB\_Parameter de TIA PORTAL para comunicación Siemens-Schneider

Por último, para la lectura y escritura de variables, ha sido implementado un bloque de organización en lenguaje SCL (texto estructurado), en el cual se almacenan en otras variables creadas los parámetros del vector de comunicación necesarios. El siguiente ejemplo de la Figura 44 muestra la escritura ejecutada de las variables Encendido y Marcha. Ambas



variables son booleanas, por ello se ha escrito una función asociada a algunas posiciones del vector de manera que devuelva un TRUE o un FALSE, para poder así llegar a relacionar variables booleanas con enteras.

```
0002 "Encendido" := NOT("MB_Data".Data[5] = 0) AND ("MB_Data".Data[8] = 0);  
0003 "Marcha" := NOT ("MB_Data".Data[6] = 0) AND ("MB_Data".Data[7] = 0);
```

Figura 44. Asignación de variables leídas en autómatas Siemens en comunicación Siemens-Schneider

De manera similar ha sido generada la lectura del Siemens por parte del Schneider. En el caso adjuntado en la Figura 45, se almacena el valor de la variable “Color” en la primera posición de lectura creada.

```
0005 "MB_Data".Data[1] := "Color";
```

Figura 45. Asignación de variables escritas desde Siemens durante comunicación Siemens-Schneider

Finalmente mencionar cómo se ha ejecutado la lectura de entradas y salidas del clasificador por color que han sido enviados al terminal táctil a través del autómatas del brazo manipulador. Para evitar aumentar notablemente el vector de lectura, desperdiciando espacio de memoria por almacenar booleanos en posiciones de enteros, cada una de estas variables se ha almacenado en un bit del mismo entero, como se aprecia en la Figura 46.

```
0030 "MB_Data".Data[3].%X0 := "I2"; //Lectura sensor entrada  
0031 "MB_Data".Data[3].%X1 := "I3"; //Lectura sensor entrada empujadores  
0032 "MB_Data".Data[3].%X2 := "I5"; //Lectura sensor blanco  
0033 "MB_Data".Data[3].%X3 := "I6"; //Lectura sensor rojo  
0034 "MB_Data".Data[3].%X4 := "I7"; //Lectura sensor azul  
0035 "MB_Data".Data[3].%X5 := "Q1"; //Lectura cinta transportadora en marcha  
0036 "MB_Data".Data[3].%X6 := "Q2"; //Lectura compresor activo  
0037 "MB_Data".Data[3].%X7 := "Q3"; //Lectura empujador 1 activo  
0038 "MB_Data".Data[3].%X8 := "Q4"; //Lectura empujador 2 activo  
0039 "MB_Data".Data[3].%X9 := "Q5"; //Lectura empujador 3 activo
```

Figura 46. Asignación de bits escritos desde Siemens durante comunicación Siemens-Schneider

#### 4.4.3. Comunicación Omron-Schneider

La pantalla industrial OMRON, ha sido conectada mediante protocolo Modbus TCP/IP con los dos autómatas Schneider que controlan el brazo manipulador y la cinta de mecanizado. Para estos intercambios de información, como ya ha sido mencionado, el terminal táctil ha realizado el papel de cliente y los otros dos de servidor. Recordar también que los datos que el terminal táctil recibe del PLC Siemens que controla el clasificador por color, es recibida a través del brazo, es decir, dicha información se envía del Siemens al Schneider, quien a su vez la reenvía al terminal táctil.

El primer paso para el establecimiento de esta comunicación es la creación de exactamente los mismos dispositivos que intervienen en ella en el software NB-Designer. Por una parte, es necesario crear un HMI del tipo “OMRON NB7W-TW10B” (el tipo de terminal táctil concreto del cual se dispone para este proyecto) y escribir en sus propiedades la dirección IP de ésta, como se indica en la Figura 47.

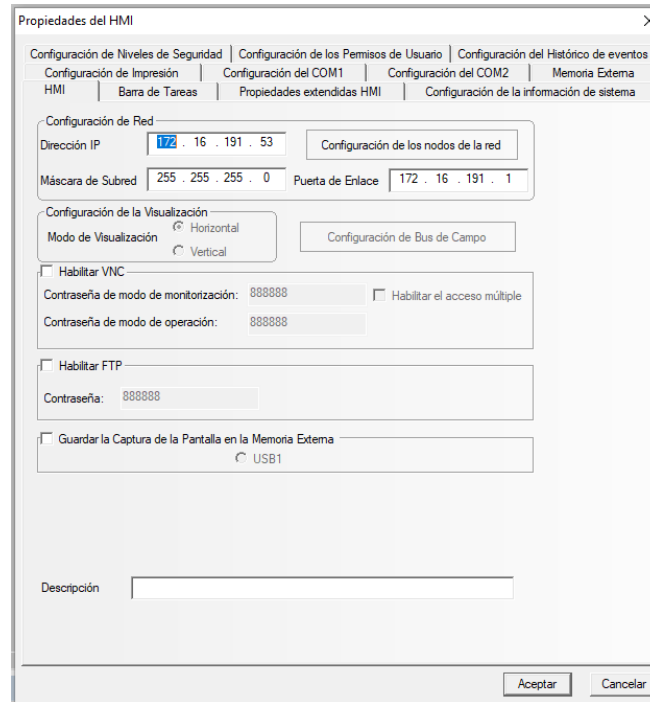


Figura 47. Creación de un sistema HMI en NB-Designer

Por otra parte, deben adjuntarse dos controladores (PLC) del tipo “MODBUS SLAVE”, y editar sus propiedades de manera que cada uno de ellos posea la dirección IP del autómatas al que hacen referencia. Subrayar que, para el adecuado funcionamiento de la conexión, el nodo de cada PLC debe coincidir con los últimos dígitos de la dirección IP y, además, el puerto debe ser el mismo en los tres elementos. El resultado final de la configuración comentada resulta como en la Figura 48.

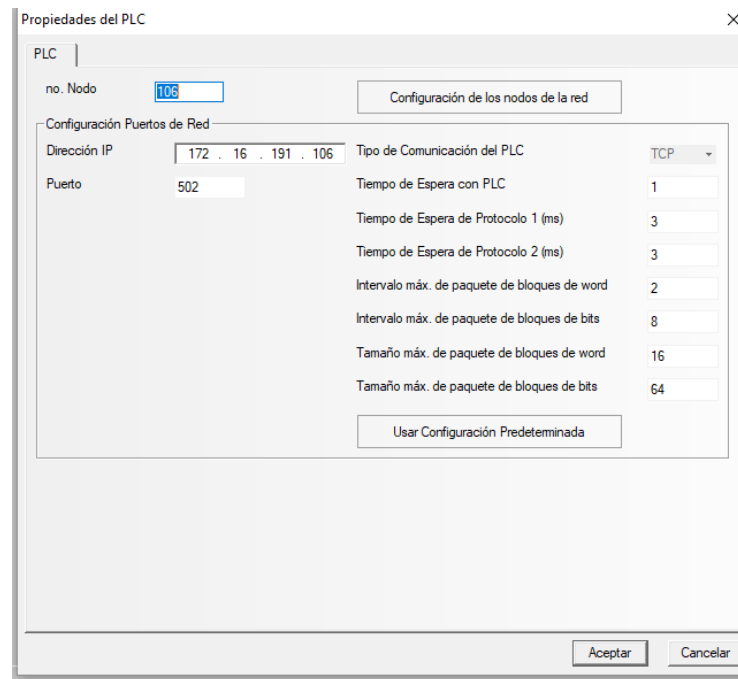


Figura 48. Creación de un PLC servidor en NB-Designer

La siguiente tarea a realizar es la especificación de cómo se va a implementar la conexión entre los tres dispositivos. En el caso que ocupa a este trabajo ha sido vía Ethernet, por ello se debe añadir este elemento a la red de comunicaciones, que finalmente quedará como puede observarse en la Figura 49.

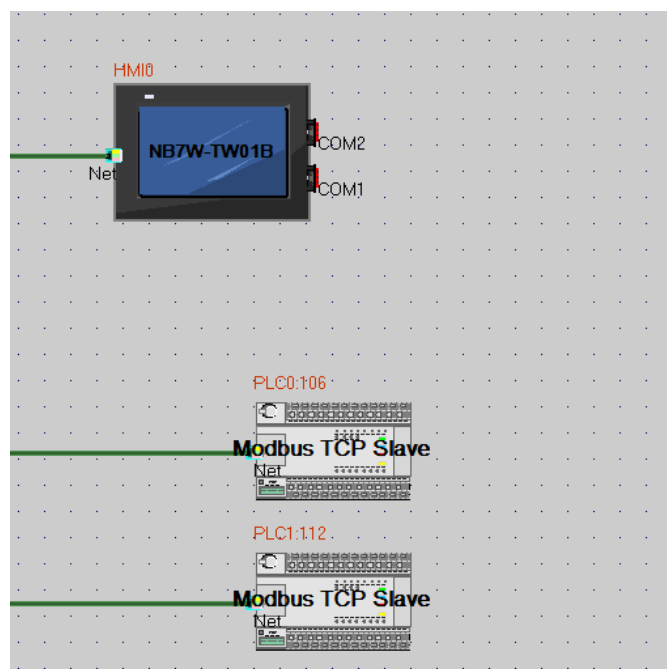


Figura 49. Resultado de la comunicación entre dispositivos en NB-Designer

Una vez hayan sido añadidas las propiedades de todos los dispositivos, se detalla en la Figura 50 como debe quedar la configuración. Cada uno de los PLC conectados adquiere un número para poder identificarlos durante la implementación del HMI. Concretamente, PLC0 será el autómatas que controla la estación de mecanizado y PLC1 el brazo manipulador.

Configuración de las comunicaciones ×

Dispositivo	Dirección IP	Puerto	Protocolo	Maestro/E...	No. de N...	No. de PL...
HMI0	172.16.191.53	502	Modbus TCP	M		
PLC0	172.16.191.106	502	Modbus T...	S	106	
PLC1	172.16.191.112	502	Modbus T...	S	112	

Añadir    Eliminar    Eliminar Todo    Modificar    Aceptar

Figura 50. Configuración de las comunicaciones en NB-Designer

Como ya ha sido explicada la configuración de la comunicación, se procede a comentar el método seguido para la lectura y escritura de variables. En la Tabla 11 se muestra el tipo de datos, la acción y la referencia empleada para la comunicación Modbus.

Tipo de datos	Acción	Referencia
Bobinas (salidas)	Lectura y escritura de variables discretas	0xxx
Entradas discretas	Lectura de variables discretas	1xxx
Registros de entrada	Lectura	3xxx
Registros de retención	Lectura y escritura de registros	4xxx

Tabla 11. Tipo de datos empleado para comunicación Modbus

Más concretamente, las direcciones interrelacionadas son las expresadas en las siguientes tablas. En la Tabla 12 se encuentran los direccionamientos que en NB-Designer se asocian con las salidas de los autómatas. Del mismo modo, pero para las entradas, ha sido creada la Tabla 13. La Tabla 14, por su parte, sirve para conocer las usadas como registros.

Salidas discretas %QX	0x
%QX0.0	0x1
%QX0.1	0x2
...	...
%QX0.7	0x8
%QX0.7	0x9

Tabla 12. Direcciones empleadas para salidas discretas en NB-Designer

Entradas discretas %IX	1X
%IX0.0	1x1
%IX0.1	1x2
...	...
%IX0.7	1x8
%IX0.7	1x9

Tabla 13. Direcciones empleadas para entradas discretas en NB-Designer

4x (Word)	Word	Byte	Bit	4X_ (Bit)
<b>1</b>	%MW0	%MB0	%MX0.0...%MX0.7	1.00...1.07
		%MB1	%MX1.0...%MX1.7	1.08...1.15
<b>2</b>	%MW1	%MB2	%MX2.0...%MX2.7	2.0...2.07
		%MB3	%MX3.0...%MX3.7	2.8...2.15
<b>3</b>	%MW2	%MB4	%MX4.0...%MX4.7	3.0...3.7
		%MB5	%MX5.0...%MX5.7	3.3...3.15

Tabla 14. Direcciones empleadas para registros en NB-Designer

A continuación, han sido mostrados en la Tabla 15 diferentes ejemplos de asignaciones de memoria empleados durante la programación.

Nombre	Referencia del tipo de dato empleado	Dirección memoria PLC	Dirección memoria terminal táctil
<b>Q7 (Compresor)</b>	0	%QX1.2	0x11
<b>I1 (Final carrera vertical)</b>	1	%IX0.4	1x5
<b>Encendido</b>	4 (Bit)	%MX6.7	4x4.12
<b>Color</b>	4 (Word)	%MB8	4x5

Tabla 15. Ejemplos de asignaciones de memoria en comunicación Omron-Schneider

Es debido recordar que, como ya ha sido comentado, uno de los PLC (el conectado a la estación de mecanizado) es llamado PLC0 y, el otro (conectado al brazo manipulador), PLC1. Por ello es necesario indicar de la dirección de memoria de qué PLC se quiere leer o sobre cuál se pretende escribir, a la hora de editar las propiedades de cada elemento usado para el HMI, en el selector que se presenta en la Figura 51.

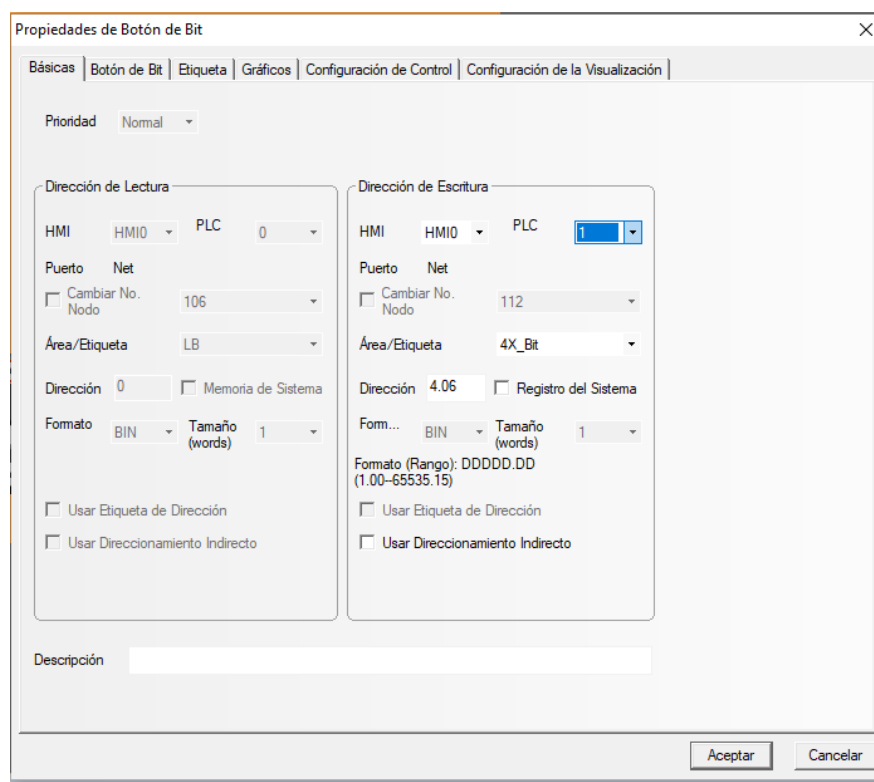


Figura 51. Selección de PLC para elementos del HMI en NB-Designer

## 5. MANUAL DEL USUARIO



## 5.1. Puesta en marcha

En el presente apartado se indica la metodología a seguir para que la puesta en marcha permita el correcto funcionamiento del conjunto.

- 1) Colocar las maquetas de acuerdo a la distribución en planta vista en el apartado 4.1.3 Distribución en planta.
- 2) Realizar el cableado necesario en los autómatas (conectarlos a la red de corriente, a una red Ethernet y a la maqueta que le corresponda).
- 3) Compilar y cargar sobre cada dispositivo el código realizado.
- 4) Ejecutar todos los programas en el siguiente orden indicado para garantizar una correcta comunicación entre los elementos, forzando que los servidores estén en modo “Run” antes que los clientes para que estén preparados para servirles la información requerida.
  - 4.1) Ejecutar el programa ClasificadorcolorTFG sobre el Siemens S7-1214 (servidor en todo momento).
  - 4.2) Ejecutar el programa CintaMecanizadoTFG sobre el Schneider M241 (también siempre servidor).
  - 4.3) Ejecutar el programa BrazoManipuladorTFG sobre el Schneider M241, (función de servidor y de cliente).
  - 4.4) Ejecutar el programa PantallaTFG sobre el terminal táctil OMRON (función únicamente de cliente).

## 5.2. Control HMI

El presente apartado muestra una por una las diferentes pantallas que han sido generadas sobre el terminal táctil, las opciones que cada una muestra y la manera de configurarlas, en caso de que esto sea posible. Para obtener una idea de conjunto de todas las pantallas accesibles, adjunta el esquema de la Figura 52.

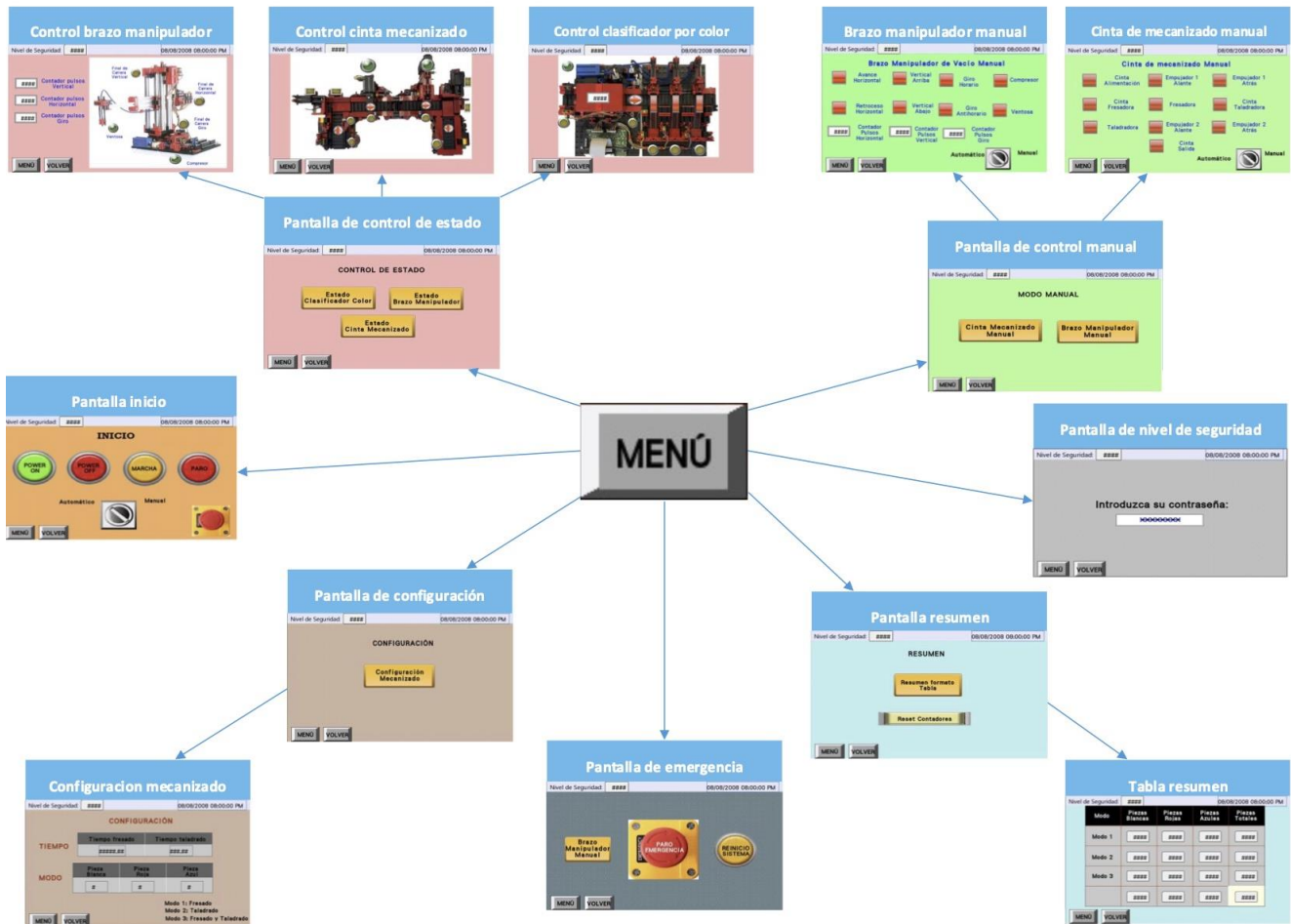


Figura 52. Diagrama de navegación entre pantallas del HMI

### 5.2.1. Pantalla común

En primer lugar, se ha querido mostrar la pantalla común, es decir, aquella que estará en segundo plano en todas y cada una de las otras creadas. De esta manera siempre podrán visualizarse la información y los comandos estimados generales. Todos estos se observan en la Figura 53.



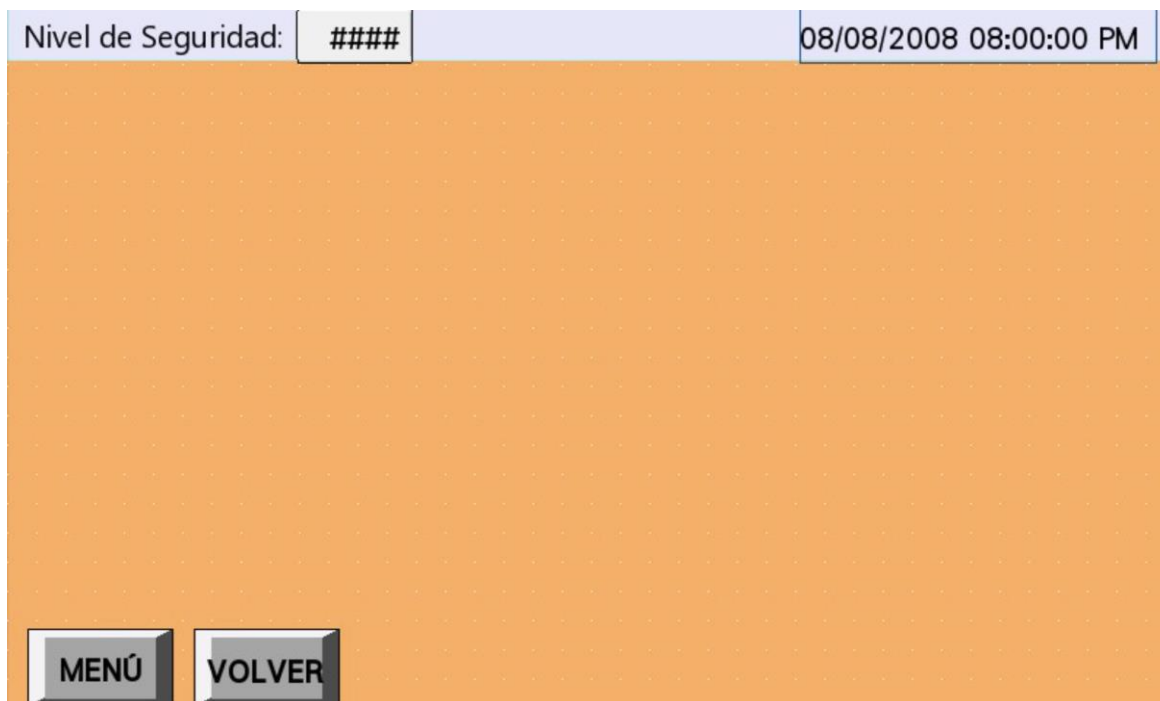


Figura 53. Pantalla común del HMI

- 1) Nivel de seguridad al que se ha accedido. Serán comentados dichos niveles posteriormente.
- 2) Fecha y hora exactas de la ejecución del programa.
- 3) Botón “MENÚ”, que abre la pantalla de selección rápida que se explicará en el siguiente subapartado.
- 4) Botón “VOLVER”. Al pulsarlo, se vuelve automáticamente a la anterior pantalla abierta.

### 5.2.2. Pantalla de selección rápida

En este subapartado se presenta la pantalla de selección rápida (Figura 54), útil para poder manejarse a través de la interfaz HMI, cambiando entre sus diferentes pantallas de una manera fácil y eficaz. Los 7 pulsadores que se visualizan generan un cambio de pantalla a las igualmente nombradas. Cada una de ellas se comentará con detalle más abajo.



Figura 54. Pantalla de selección rápida del HMI

### 5.2.3. Pantalla de inicio

La primera pantalla a la que se accede desde la pantalla de selección rápida es la de Inicio (Figura 55). Esta es una de las más importantes, puesto que además es la primera que aparece al ejecutar el programa y es la que permite tanto dotar a la maquinaria de alimentación, como la marcha del sistema.



Figura 55. Pantalla de inicio del HMI



Los elementos que aparecen en esta pantalla son los siguientes:

- 1) “POWER ON”: al accionarlo, aporta alimentación a los tres subprocesos del sistema, es decir, habilita todas sus salidas y señales.
- 2) “POWER OFF”: desconecta la alimentación del conjunto, es el botón opuesto al anterior.
- 3) “MARCHA”: inicia el proceso y posibilita que funcione.
- 4) “PARO”: tal y como ya ha sido comentado previamente, este paro hace que el sistema acabe de procesar las piezas que ya están en los subprocesos, pero no acepte ninguna más. Para que nuevas piezas sean admitidas es necesario accionar de nuevo “MARCHA”.
- 5) “Switch Automático-Manual”: gracias a este elemento se puede cambiar entre modo automático (el proceso se realiza sin necesidad de interacción humana) y modo manual (los diferentes componentes de los subprocesos se accionan manualmente), solo pudiendo estar activo uno de dichos modos.
- 6) Seta de emergencia: pulsador sin ningún nivel de seguridad restringido para poder detener la producción en caso de emergencia.

#### 5.2.4. Pantalla de Nivel de Seguridad

Para asegurar la manipulación del terminal táctil únicamente por usuarios autorizados, ha sido creada la pantalla de Nivel de seguridad que se observa en la Figura 56. Dicha interfaz es indispensable para, introduciendo la contraseña correcta, poder acceder a los tres niveles de seguridad disponibles:

- 1) Nivel 0, de uso general. Únicamente puede accederse a pantallas genéricas, como la visualización del estado de cada maqueta. Además, puede llegarse también a la pantalla de emergencia, para que cuando alguna tenga lugar, el usuario que lo detecte pueda activar el paro del sistema. No obstante, no es posible reiniciar el sistema tras su detención en este nivel.
- 2) Nivel 1, operario. A parte de tener acceso a los estados de los subprocesos y a la parada de emergencia (también sin poder reiniciar la marcha), es posible activar la alimentación y la marcha del conjunto desde la pantalla de inicio, así como entrar en los controles de modo manual y visualizar los resúmenes (datos de fabricación) que han sido producidos.
- 3) Nivel 2, ingeniero. Es el nivel de máximo rango de operaciones. Se garantiza el acceso a todas las funciones utilizables por el nivel 2, pudiendo en este caso reiniciar el proceso tras solucionar los acontecimientos que han acarreado la parada de emergencia, y añadiendo la configuración de la cinta de mecanizado, como se comentará más adelante.

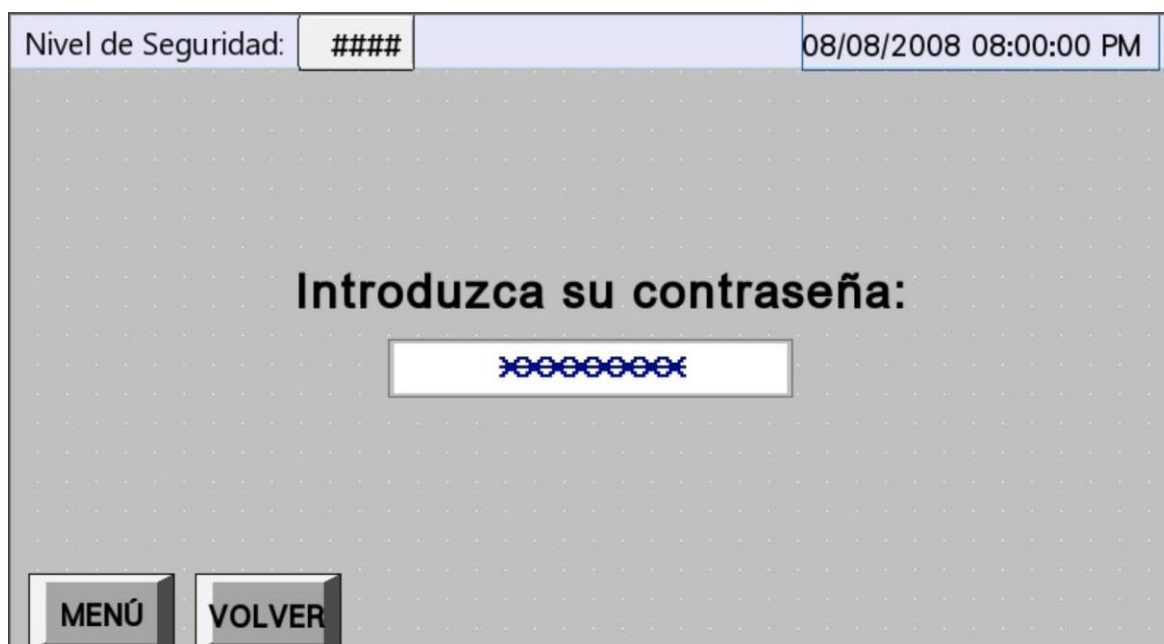


Figura 56. Pantalla de nivel de seguridad del HMI

#### 5.2.5. Pantalla de visualización de estados

A través de estas pantallas es permisible alcanzar las pantallas de estados de los tres subprocesos, que representan el estado de cada uno de sus componentes, es decir, si los finales de carrera están pulsados o no, si los sensores de luz se encuentran encendidos, si alguna cinta transportadora está en marcha, etc.

Seguidamente se muestra tanto esta pantalla general (Figura 57) como las generadas para cada uno de los subprocesos que, para conseguir una visualización más sencilla y fácil de interpretar, han sido creadas sobre imágenes de los procesos reales (Figura 58, Figura 59 y Figura 60).



Figura 57. Pantalla de control de estado del HMI



Figura 58. Pantalla de control del clasificador por color del HMI

De la pantalla de estado del clasificador por color superior, se indica sobre la cámara de detección el valor leído en cada instante (en voltios) por el sensor. Los rectángulos situados a la altura de los empujadores serán visibles únicamente cuando estos estén estirados, emulando su movimiento real.

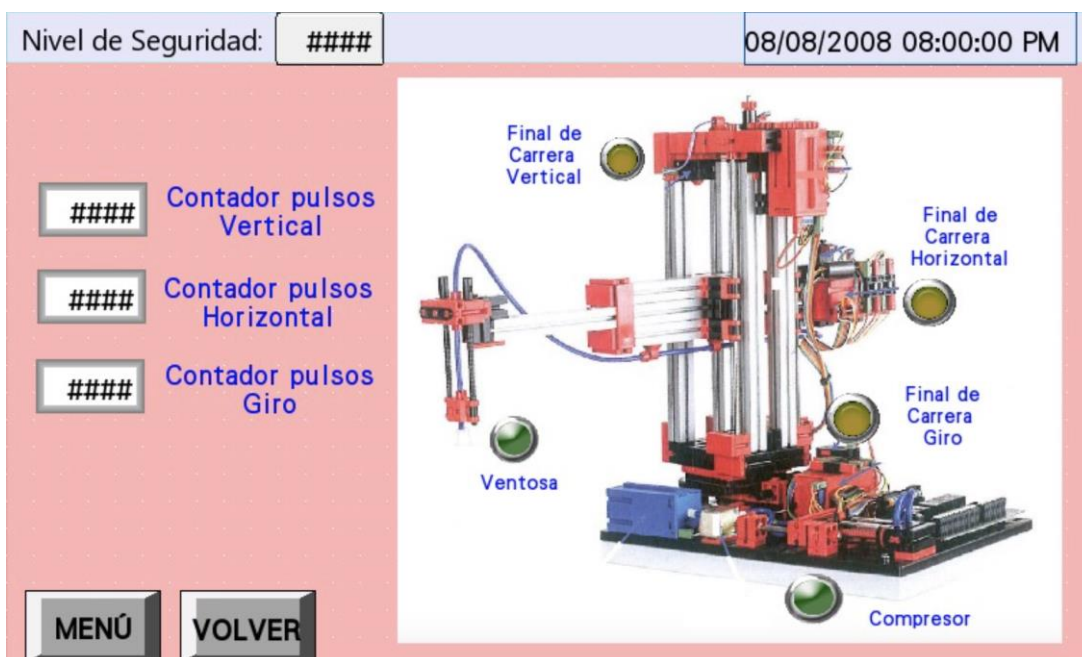


Figura 59. Pantalla de control del brazo manipulador del HMI

Para el análisis del estado del brazo manipulador se indican, además de la situación de los tres finales de carrera, el compresor y la ventosa; los pulsos realizados en cada dirección.



Figura 60. Pantalla de control de la cinta de mecanizado del HMI

Análogamente, son mostradas todas las fases de los componentes de la estación de clasificado: sensores de luz, finales de carrea, movimiento de cintas y motores de la fresadora y la taladradora.

### 5.2.6. Pantalla de modo manual

Para el correcto uso del modo manual es necesario haberlo activado en la pantalla inicial o en las específicas de control manual del brazo o la cinta. De la misma forma que en el caso anterior, la pantalla general habilita el acceso al control manual de dos de las estaciones. La estación de clasificado por color no ha sido implementada para el control manual por considerarse de poca utilidad, ya que el color de las piezas podría ser distinguido a simple vista sin necesidad de usar el clasificador por color.

Seguidamente se encuentran fotografías tanto de la pantalla general de modo manual (Figura 61) como de las disponibles para las dos estaciones (Figura 62 y Figura 63). Para poder, por ejemplo, girar el brazo manipulador en sentido horario, solamente debe pulsarse el botón creado para ello. Al soltarse, el giro parará.



Figura 61. Pantalla de control manual del HMI



Figura 62. Pantalla de control manual del brazo manipulador a través del HMI



Figura 63. Pantalla de control manual de la cinta de mecanizado a través del HMI

Recalcar que, para asegurar que no ocurra ningún inconveniente durante el uso manual, han sido establecidas ciertas condiciones para cada una de las salidas. De manera general, el sistema debe estar recibiendo alimentación, para poder leer el estado exacto de sus elementos y accionar las salidas requeridas. Por otra parte, un ejemplo concreto para impedir problemas mientras se active una señal, es la condición relacionada con los finales de carrera de los empujadores: para prevenir fallos en su motor, solamente se desplazará un empujador hacia delante cuando no haya llegado a su final de carrera delantero. Este tipo de condiciones se han fijado para todas las variables que lo han requerido.



### 5.2.7. Pantalla de configuración

A través de dicha pantalla (Figura 64), a la que sólo tienen acceso los usuarios que conozcan la contraseña de nivel de seguridad 2, se adquiere acceso a la configuración de la estación de mecanizado (Figura 65). Solamente se permite configurar esta por ser la única en la que se pueden variar tiempos y modos de funcionamiento. Como ya fue explicado en el apartado 4.3.3 Cadena de producción con dos estaciones de mecanizado, si no se configuran los datos en esta pantalla los valores preestablecidos son los siguientes:

- Tiempo de fresado: 2s 50ms.
- Tiempo de taladrado: 2s.
- Modo de mecanizado pieza blanca: 1, solo fresado.
- Modo de mecanizado pieza roja: 2, solo taladrado.
- Modo de mecanizado pieza azul: 3, fresado y taladrado.



Figura 64. Pantalla de configuración del HMI

Nivel de Seguridad: #####		08/08/2008 08:00:00 PM	
<b>CONFIGURACIÓN</b>			
<b>TIEMPO</b>	<b>Tiempo fresado</b>	<b>Tiempo taladrado</b>	
	#####.##	###.##	
<b>MODO</b>	<b>Pieza Blanca</b>	<b>Pieza Roja</b>	<b>Pieza Azul</b>
	#	#	#
<b>MENÚ</b>		<b>VOLVER</b>	
<b>Modo 1: Fresado</b> <b>Modo 2: Taladrado</b> <b>Modo 3: Fresado y Taladrado</b>			

Figura 65. Pantalla de control de la estación de mecanizado a través del HMI

#### 5.2.8. Pantalla de emergencia

Esta pantalla de libre acceso para todos los niveles de seguridad se compone de un botón de cambio de pantalla al control manual del brazo manipulador, la seta de emergencia que paraliza por completo el funcionamiento (pero mantiene habilitadas las señales) y uno de reinicio de sistema. Dicha pantalla es representada en la Figura 66.

El procedimiento a seguir en caso de emergencia sería el siguiente:

- 1) Pulsar la seta de emergencia, para detener todos los componentes instantáneamente.
- 2) Controlar manualmente el brazo manipulador para, en caso de que lleve alguna pieza, pueda llevarse a un lugar seguro y evitar otro accidente. Recordar que este control solo puede efectuarse por un operario o ingeniero cualificado para ello.
- 3) Reinicio del sistema: una vez solucionados todos los problemas acarreados, el usuario ingeniero puede reestablecer la marcha del conjunto para poder continuar con la producción.



Figura 66. Pantalla emergencia del HMI

#### 5.2.9. Pantalla resumen

La pantalla “Resumen” (Figura 67) es la última de las expuestas en la pantalla de selección rápida. Desde ella se puede acceder, como se ve en la Figura 68, a los resúmenes de producción en formato tabla. De esta forma se obtiene toda la información sobre el número de piezas fabricadas de cada color, modo y totales, para poder almacenar estos datos y controlar posibles mejoras o deterioros en la fabricación en jornadas posteriores. En caso de que se deseen reiniciar las cuentas, se debería pulsar “Reset \_contadores”.

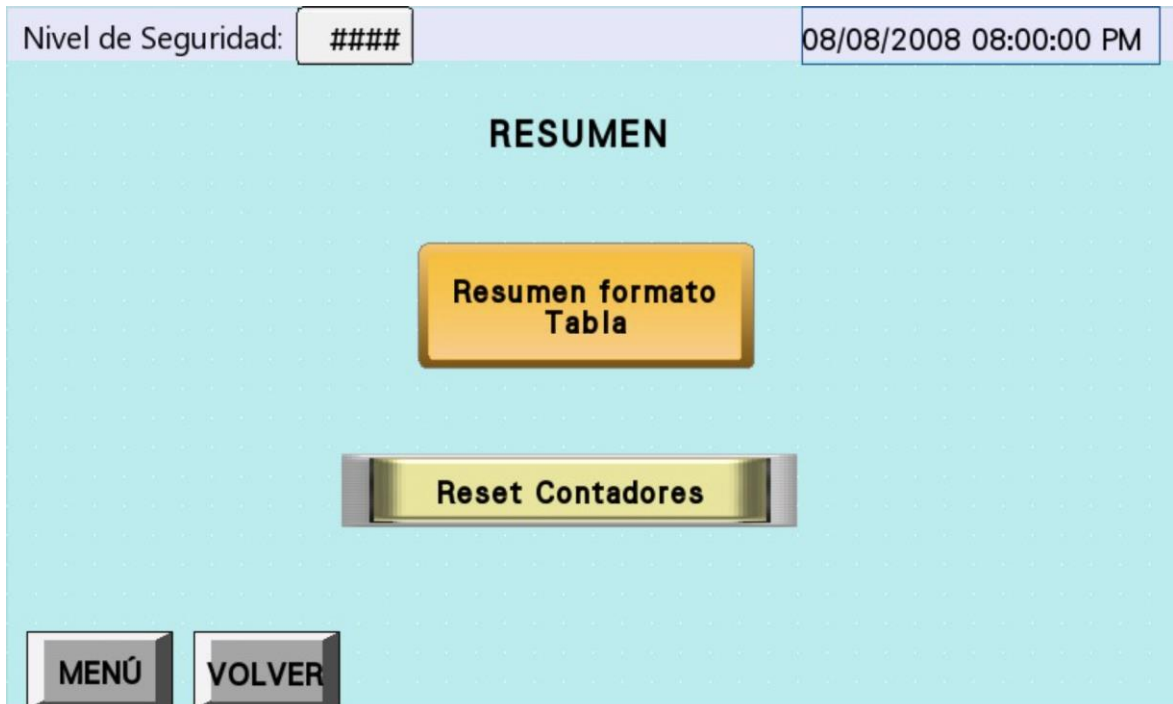


Figura 67. Pantalla principal resumen producción del HMI

Nivel de Seguridad: ####		08/08/2008 08:00:00 PM		
Modo	Piezas Blancas	Piezas Rojas	Piezas Azules	Piezas Totales
Modo 1	####	####	####	####
Modo 2	####	####	####	####
Modo 3	####	####	####	####
	####	####	####	####

MENÚ VOLVER

Figura 68. Pantalla de tabla resumen de la producción del HMI



## 6. CONCLUSIONES

Como conclusión del proyecto mencionar que no se han cumplido únicamente los objetivos específicos del trabajo, sino que además se han adquirido múltiples conocimientos y competencias para la programación de automatismos.

Por una parte, se han automatizado los sistemas de las tres maquetas disponibles, cumpliendo las funcionalidades que fueron especificadas previamente. Para ello se han adquirido conocimientos de automatización de PLC's de distintos fabricantes, usando además diferentes lenguajes de programación, lo cual ha supuesto una gran y variada adquisición de conocimientos en programación.

Por otra parte, se ha creado una interfaz humano- máquina HMI bastante eficaz, que permite el control, la monitorización y la segura operación de los subprocesos en todo momento, así como su control manual y su configuración. De esta forma el terminal táctil no solo recibe datos del sistema, sino que también es capaz de aportar información.

Además, ha sido implementada la comunicación necesaria entre los cuatro dispositivos empleados en el proyecto, conectando elementos de distinto fabricante, y generando un continuo flujo de información entre ellos. De esta forma, se ha dotado al conjunto del sistema de la continuidad y la conexión necesarias para la optimización de la producción.

## 7. AMPLIACIONES FUTURAS



Mencionar a continuación la posibilidad de mejorar y/o ampliar el trabajo realizado. A pesar de haberse cumplido los objetivos establecidos, es viable modificar o incluir ciertos factores que vayan añadiendo valor al proyecto.

Una posibilidad de mejora podría ser la ampliación de la producción, añadiendo más maquetas que reproduzcan otros subprocesos de manera que se pueda conseguir una representación a escala de toda una nave industrial de fabricación de piezas.

Otra opción, interesante sobre todo a nivel empresarial, aparte de emplear autómatas de otros fabricantes con el fin de aprender el uso de otros softwares y lenguajes de programación, podría ser utilizar un PLC con suficiente capacidad para automatizar todos los subprocesos, en lugar de usar (como se ha hecho en este caso) tres diferentes. No obstante, como finalidad educativa y como ya se mencionó en el apartado 3.1 Lógica y elementos de control empleados, se ha considerado útil el uso de diferentes autómatas, puesto que no solo se utilizan diferentes softwares, sino que también es necesario y ha sido aprendido el establecimiento de la comunicación entre ellos.

Finalmente, otra conveniente alternativa sería adentrar el trabajo en la nueva Industria 4.0, generando un servidor OPC que permita la continua comunicación con los distintos PLC's; la conexión con bases de datos de la planta en tiempo real; o la creación de un servidor web, habitualmente empleados para almacenar datos y poder acceder fácilmente a ellos. Otra posibilidad sería implementar un sistema SCADA, una herramienta de automatización que permite el control y la supervisión del sistema además de la recopilación de datos. De este modo, se tendría una tecnología Digital Twin, que conectaría el mundo online y offline.

## 8. BIBLIOGRAFÍA



- *5 Lenguajes de Programación para PLC.* (s.f). Seika. Disponible en: <https://www.seika.com.mx/5-lenguajes-de-programacion-para-plc/> (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- Baecker, M (2015). *El futuro de la producción.* Disponible en: <http://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/134751-El-futuro-de-la-produccion.html> (Recuperado el 1 de junio de 2021).
- Cadena de producción con 2 estaciones de mecanizado 24V – Fischer Technik. Disponible en: <https://www.fischertechnik.de/es-es/productos/simular/modelos-de-entrenamientos/96790-sim-cadena-de-produccion-con-2-estaciones-de-mecanizado-24v-simulacion> (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- *El método FIFO en la valoración de stock de un almacén.* (2 de julio de 2018) Stock Logistic. Disponible en: <https://www.stocklogistic.com/metodo-fifo-valoracion-stock-almacen/> (Recuperado el 21 de junio de 2021).
- Gea, J.M., (2006). Introducción al GRAFCET. Autómatas.org. Disponible en: <https://www.automas.org/redes/grafcet.htm> (Recuperado el 17 de junio de 2021).
- Gutiérrez, B. (2018) Seguridad en Maquinaria en ISO 13849-1. Disponible en: [http://www.infoplc.net/files/documentacion/seguridad\\_normativa/infoPLC\\_net\\_Seguridad\\_Maquina\\_SEiS\\_Maquinaria.pdf](http://www.infoplc.net/files/documentacion/seguridad_normativa/infoPLC_net_Seguridad_Maquina_SEiS_Maquinaria.pdf) (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- *IEC 61131-3 Lenguajes de Programación* (s.f). Isa uniovi. Disponible en: [http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-3%20\(Lenguajes\).pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-3%20(Lenguajes).pdf) (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- *Industria 3.0* (6 de julio de 2017). Economía 3. Disponible en: <https://economia3.com/2016/10/13/86041-industria-3-0/> (Recuperado el 1 de junio de 2021).
- *Introducción a la norma IEC 60870-5-104* (s.f). Ensotest. Disponible en: <https://www.ensotest.com/es/iec-60870-5-104/introduccion-a-la-norma-iec-60870-5-104/> (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- *Lenguaje de diagrama de función continua (CFC)* (s.f) Schneider Electric. Disponible en: [https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoMProg/SoMProg/CFC\\_Editor/CFC\\_Editor-2.htm](https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoMProg/SoMProg/CFC_Editor/CFC_Editor-2.htm) (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- Manipulador de aspiración al vacío 24V – Fischer Technik. Disponible en:



<https://www.fischertechnik.de/es-es/productos/simular/modelos-de-entrenamientos/536630-sim-manipulador-de-aspiracion-al-vacio-24v-simulacion>  
(Recuperado el 12 de junio de 2021).

- *Modbus: Qué es y cómo funciona* (s.f) Curso aula 21. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/modbus-que-es-y-como-funciona/> (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- Pista de clasificación con reconocimiento de color de 24V. (s.f). Fischer Technik. <https://www.fischertechnik.de/es-es/productos/aprender/modelos-de-entrenamientos/536633-edu-cinta-de-clasificacion-con-reconocimiento-de-color-24v-education>
- *Qué es y para qué sirve un PLC*. (s.f). MasterPLC. Disponible en: <https://masterplc.com/programacion/que-es-un-plc/> (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- Ribas, J. (2010-2012). *Lógica cableada y lógica programada*. Disseny y producte blogspot. Disponible en: <https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html?m=1> (Recuperado el 12 de junio de 2021).
- Simarro Fernández, R (2020-2021). Apuntes. Apuntes de Laboratorio de Automatización y Control. Seminario de Automatización. Valencia: UPV.
- Simarro Fernández, R. (s.f) Procesos FischerTechnik (Entradas-Salidas).Valencia: UPV.
- UNE-EN 60848:2013 (2013). UNE. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0051395>  
(Recuperado el 12 de junio de 2021).
- *¿Cómo se programa y se parametriza la comunicación Modbus/TCP entre una CPU S7-1500 y una CPU S7-1200?* (24/08/2019). Siemens-Industry online support. Disponible en: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/102020340/¿cómo-se-programa-y-se-parametriza-la-comunicación-modbus-tcp-entre-una-cpu-s7-1500-y-una-cpu-s7-1200-?dti=0&lc=es-ES> (Recuperado el 21 de junio de 2021).
- *¿Qué es un encoder, cuáles son sus tipos y para qué sirven?* (10 de mayo de 2017). Disponible en: <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/encoder-tipos#comments> (Recuperado el 12 de junio de 2021).







TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO  
DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE  
SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y  
OMRON (NB7W) MEDIANTE  
COMUNICACIONES MODBUS**

**DOCUMENTO 2: PRESUPUESTO**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA



## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1.	CUADRO Nº1: MANO DE OBRA .....	7
2.	CUADRO Nº 2: MAQUETAS .....	7
3.	CUADRO Nº3: HARDWARE .....	8
4.	CUADRO Nº4: SOFTWARE .....	9
5.	CUADRO Nº5: PRECIOS UNITARIOS .....	10
6.	CUADRO Nº6: PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	10
6.1.	Diseño del sistema.....	10
6.2.	Automatización brazo manipulador .....	11
6.3.	Automatización cinta de mecanizado .....	11
6.4.	Automatización color.....	12
6.5.	Diseño HMI .....	12
6.6.	Comunicación entre dispositivos.....	13
6.7.	Elaboración memoria.....	14
7.	CUADRO Nº7: PRESUPUESTO BASE DE LICITACION .....	15



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Cuadro de mano de obra.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 2. Cuadro de maquetas.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 3. Cuadro de Hardware.....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 4. Cuadro de Software.....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 5. Cuadro de precios unitarios.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 6. Cuadro de precios descompuestos 1: diseño del sistema.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 7. Cuadro de precios descompuestos 2: automatización brazo.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 8. Cuadro de precios descompuestos 3: automatización mecanizado.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 9. Cuadro de precios descompuestos 4: automatización color.....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 10. Cuadro de precios descompuestos 5: diseño del HMI.....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 11. Cuadro de precios descompuestos 6: comunicación entre dispositivos.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 12. Cuadro de precios descompuestos 7: elaboración de la memoria.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 13. Presupuesto de ejecución material.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 14. Resumen del presupuesto.....</b>	<b>15</b>



## 1. CUADRO N°1: MANO DE OBRA

<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€/UNIDAD)</b>
<b>MO.001</b>	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (Junior)	50
<b>M0.002</b>	h	Tutor (Ingeniero senior)	100

Tabla 1. Cuadro de mano de obra

## 2. CUADRO N° 2: MAQUETAS

Para las tres maquetas empleadas, se ha considerado en el cálculo de su amortización una vida útil de 4 años, realizando 4 proyectos de 300 horas cada uno al año.

$$\text{Amortización } M.001 = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{660 - 0}{4 \text{ años} * \frac{1200h}{1 \text{ año}}} = 0,1375€/h$$

$$\text{Amortización } M.002 = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{605 - 0}{4 \text{ años} * \frac{1200h}{1 \text{ año}}} = 0,126€$$

$$\text{Amortización } M.003 = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{610 - 0}{4 \text{ años} * \frac{1200h}{1 \text{ año}}} = 0,127€$$

<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€/UNIDAD)</b>
<b>M.001</b>	h	Manipulador de aspiración al vacío 24V	0,1375
<b>M.002</b>	h	Cinta de clasificación con reconocimiento de color 24V	0,126
<b>M.003</b>	h	Cadena de producción con 2 estaciones de mecanizado 24V	0,127

Tabla 2. Cuadro de maquetas



### 3. CUADRO N°3: HARDWARE

Para la amortización del portátil empleado en el proyecto, se considera una duración del mismo de 6 años con un uso diario de 5h.

$$\text{Amortización H.001} = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{1159 - 0}{6 \text{ años} * \frac{1825h}{1 \text{ año}}} = 0,106€$$

Por otra parte, para los autómatas empleados, la vida útil es de 4 años, realizando 4 proyectos de 300h cada uno de ellos.

$$\text{Amortización H.002} = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{308,06 - 0}{4 \text{ años} * \frac{1200h}{1 \text{ año}}} = 0,064€$$

$$\text{Amortización H.003} = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{412,11 - 0}{4 \text{ años} * \frac{1200h}{1 \text{ año}}} = 0,086€$$

$$\text{Amortización H.004} = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{986,15 - 0}{4 \text{ años} * \frac{1200h}{1 \text{ año}}} = 0,206€$$

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€/UNIDAD)
H.001	ud	Portátil MSI	0,106
H.002	ud	Siemens S7-1200, CPU 1214C, AC/DC/RLY	0,064
H.003	ud	Modicon M241 TM241CE40R	0,086
H.004	ud	Omron NB7W-TW01B	0,206

Tabla 3. Cuadro de Hardware

## 4. CUADRO N°4: SOFTWARE

Para la amortización de la licencia del software TIA Portal v13, se ha estimado una vida útil de 1 año (duración de la licencia), en el cual se realizan 5 proyectos de 300 horas cada uno.

$$\text{Amortización S.001} = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{1159 - 0}{1 \text{ año} * \frac{1500h}{1 \text{ año}}} = 0,773€$$

Análogamente, para el software Microsoft 365 Personal, ha sido considerado un año de vida útil, realizándose 5 proyectos de 100 horas.

$$\text{Amortización S.005} = \frac{\text{base de amortización (€)}}{\text{vida útil (h)}} = \frac{69 - 0}{1 \text{ año} * \frac{500h}{1 \text{ año}}} = 0,138€$$

<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€/UNIDAD)</b>
<b>S.001</b>	h	Software TIA Portal v13	0,773
<b>S.002</b>	h	Software So Machine	0
<b>S.003</b>	h	Software NB-Designer	0
<b>S.004</b>	h	Software Omegon Fluid Technology	0
<b>S.005</b>	h	Microsoft 365 Personal	0,138

Tabla 4. Cuadro de Software

## 5. CUADRO Nº5: PRECIOS UNITARIOS

<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€/UNIDAD)</b>
<b>UD.001</b>	ud	Diseño del sistema	<b>1200,74</b>
<b>UD.002</b>	ud	Automatización brazo manipulador en Schneider M241	<b>1257,55</b>
<b>UD.003</b>	ud	Automatización estación de mecanizado en Schneider M241	<b>1760,53</b>
<b>UD.004</b>	ud	Automatización del clasificador por color en Siemens S7-1200	<b>2397,475</b>
<b>UD.005</b>	ud	Creación de la interfaz humano-máquina HMI	<b>1508,33</b>
<b>UD.006</b>	ud	Comunicación entre dispositivos	<b>2660,37</b>
<b>UD.007</b>	ud	Elaboración de la memoria	<b>3512,2</b>

Tabla 5. Cuadro de precios unitarios

## 6. CUADRO Nº6: PRECIOS DESCOMPUESTOS

### 6.1. Diseño del sistema

<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE (€)</b>
<b>UD.001</b>	ud	Diseño del sistema		<b>1200,74</b>	
<b>MO.001</b>	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	20	50	1000
<b>MO.002</b>	h	Tutor (Ingeniero Senior)	2	100	200
<b>H.001</b>	h	Portátil MSI	7	0,106	0,742
<b>S.004</b>	h	Software Omegon Fluid Technology	7	0	0

Tabla 6. Cuadro de precios descompuestos 1: diseño del sistema

## 6.2. Automatización brazo manipulador

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
<b>UD.002</b>	ud	Automatización brazo manipulador en Schneider M241		<b>1257,55</b>	
<b>MO.001</b>	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	25	50	1250
<b>M.001</b>	h	Manipulador de aspiración al vacío 24V	20	0,1375	2,75
<b>H.001</b>	h	Portátil MSI	25	0,106	2,65
<b>H.003</b>	h	Modicon M241 TM241CE40R	25	0,086	2,15
<b>S.002</b>	h	Software So Machine	25	0	0

Tabla 7. Cuadro de precios descompuestos 2: automatización brazo

## 6.3. Automatización cinta de mecanizado

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
<b>UD.003</b>	ud	Automatización estación de mecanizado en Schneider M241		<b>1760,53</b>	
<b>MO.001</b>	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	50	1750
<b>M.003</b>	h	Cadena de producción con 2 estaciones de mecanizado 24V	30	0,127	3,81
<b>H.001</b>	h	Portátil MSI	35	0,106	3,71
<b>H.003</b>	h	Modicon M241 TM241CE40R	35	0,086	3,01
<b>S.002</b>	h	Software So Machine	35	0	0

Tabla 8. Cuadro de precios descompuestos 3: automatización mecanizado

#### 6.4. Automatización color

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
<b>UD.004</b>	ud	Automatización del clasificador por color en Siemens S7-1200		<b>2397,475</b>	
<b>MO.001</b>	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	45	50	2250
<b>MO.002</b>	h	Tutor (Ingeniero Senior)	1	100	100
<b>M.002</b>	h	Cinta de clasificación con reconocimiento de color 24V	40	0,126	5,04
<b>H.001</b>	h	Portátil MSI	45	0,106	4,77
<b>H.002</b>	h	Siemens S7-1200, CPU 1214C, AC/DC/RLY	45	0,064	2,88
<b>S.001</b>	h	Software TIA Portal v13	45	0,773	34,785

Tabla 9. Cuadro de precios descompuestos 4: automatización color

#### 6.5. Diseño HMI

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
<b>UD.005</b>	ud	Creación de la interfaz humano-máquina HMI		<b>1508,33</b>	
<b>MO.001</b>	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30	50	1500
<b>H.001</b>	h	Portátil MSI	30	0,106	3,18
<b>H.004</b>	h	Omron NB7W-TW01B	25	0,206	5,15
<b>S.003</b>	h	Software NB-Designer	30	0	0

Tabla 10. Cuadro de precios descompuestos 5: diseño del HMI

## 6.6. Comunicación entre dispositivos

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
<b>UD.006</b>	ud	Comunicación entre dispositivos		<b>2660,37</b>	
<b>MO.001</b>	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	50	50	2500
<b>MO.002</b>	h	Tutor (Ingeniero Senior)	1	100	100
<b>M.001</b>	h	Manipulador de aspiración al vacío 24V	30	0,1375	4,125
<b>M.002</b>	h	Cinta de clasificación con reconocimiento de color 24V	30	0,126	3,78
<b>M.003</b>	h	Cadena de producción con 2 estaciones de mecanizado 24V	25	0,127	3,175
<b>H.001</b>	h	Portátil MSI	50	0,106	5,3
<b>H.002</b>	h	Siemens S7-1200, CPU 1214C, AC/DC/RLY	35	0,064	2,24
<b>H.003</b>	h	Modicon M241 TM241CE40R	75	0,086	6,45
<b>H.004</b>	h	Omron NB7W-TW01B	40	0,206	8,24
<b>S.001</b>	h	Software TIA Portal v13	35	0,773	27,06
<b>S.002</b>	h	Software So Machine	75	0	0
<b>S.003</b>	h	Software NB-Designer	40	0	0

Tabla 11. Cuadro de precios descompuestos 6: comunicación entre dispositivos

## 6.7. Elaboración memoria

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
<b>UD.007</b>	ud	Elaboración de la memoria		<b>3512,2</b>	
<b>MO.001</b>	h	Graduado en 60 Ingeniería en Tecnologías Industriales		50	3000
<b>MO.002</b>	h	Tutor (Ingeniero Senior)	5	100	500
<b>H.001</b>	h	Portátil MSI	50	0,106	5,3
<b>S.005</b>	h	Microsoft Personal	365 50	0,138	6,9

Tabla 12. Cuadro de precios descompuestos 7: elaboración de la memoria

## 7. CUADRO Nº7: PRESUPUESTO BASE DE LICITACION

<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€/UNIDAD)</b>
<b>UD.001</b>	ud	Diseño del sistema	1200,74
<b>UD.002</b>	ud	Automatización brazo manipulador en Schneider M241	1257,55
<b>UD.003</b>	ud	Automatización estación de mecanizado en Schneider M241	1760,53
<b>UD.004</b>	ud	Automatización del clasificador por color en Siemens S7-1200	2397,475
<b>UD.005</b>	ud	Creación de la interfaz humano-máquina HMI	1508,33
<b>UD.006</b>	ud	Comunicación entre dispositivos	2660,37
<b>UD.007</b>	ud	Elaboración de la memoria	3512,2
		<b>PRESUPUESTO BASE DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)</b>	<b>14297,19</b>

Tabla 13. Presupuesto de ejecución material

<b>PRESUPUESTO BASE DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)</b>	<b>14297,19</b>
13% GASTOS GENERALES	1858,64
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	857,83
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>17013,66</b>
21% IVA	3572,87
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>20586,53 €</b>

Tabla 14. Resumen del presupuesto

Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:

VEINTE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS







**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO  
DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE  
SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y  
OMRON (NB7W) MEDIANTE  
COMUNICACIONES MODBUS**

**ANEXO I - LISTA DE VARIABLES**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>Variables creadas en el Schneider conectado con el brazo manipulador de vacío.....</b>	<b>6</b>
1.1.	Entradas del sistema.....	6
1.2.	Salidas del sistema .....	6
1.3.	Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento .....	7
1.4.	Variables de conexión con la estación de mecanizado.....	8
1.5.	Variables de conexión con el clasificador por color .....	9
1.6.	Variables de conexión con el HMI .....	9
<b>2.</b>	<b>Variables creadas en el Schneider conectado con la estación de mecanizado .....</b>	<b>10</b>
2.1.	Entradas del sistema.....	10
2.2.	Salidas del sistema .....	10
2.3.	Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento .....	11
2.4.	Variables de conexión con el brazo manipulador .....	11
2.5.	Variables de conexión con el HMI .....	12
<b>3.</b>	<b>Variables creadas en el Siemens conectado con el clasificador por color .....</b>	<b>13</b>
3.1.	Entradas del sistema.....	13
3.2.	Salidas del sistema .....	13
3.3.	Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento .....	14
3.4.	Variables de conexión con el brazo manipulador .....	15
<b>4.</b>	<b>Variables creadas en la pantalla OMRON.....</b>	<b>16</b>
4.1.	Variables de conexión con el brazo manipulador (PLC1).....	16
4.2.	Variables de conexión con el clasificador por color a través el brazo manipulador ...	17
4.3.	Variables de conexión con la estación de mecanizado.....	18



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Entradas del brazo manipulador de vacío .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabla 2. Salidas del brazo manipulador de vacío .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabla 3. Variables creadas para el funcionamiento del brazo manipulador de vacío.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 4. Variables de comunicación entre el brazo manipulador y la estación de mecanizado ....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 5. Variables de comunicación entre el brazo manipulador y la estación de mecanizado ....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 6. Variables de comunicación entre el brazo manipulador y el HMI.....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 7. Entradas de la estación de mecanizado .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 8. Salidas de la estación de mecanizado .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 9. Variables para el funcionamiento de la estación de mecanizado .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 10. Variables de comunicación entre la estación de mecanizado y el brazo manipulador</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 11. Variables de comunicación entra la estación de mecanizado y el HMI .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 12. Entradas del clasificador por color .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 13. Salidas del clasificador por color.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 14. Variables para el funcionamiento del clasificador por color.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 15. Variables de comunicación entre el clasificador por color y el brazo manipulador.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 16. Variables de comunicación entre el HMI y el brazo manipulador .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 17. Variables de comunicación entre el HMI y el clasificador por color .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 18. Variables de comunicación entre el HMI y la estación de mecanizado .....</b>	<b>19</b>



## 1. VARIABLES CREADAS EN EL SCHNEIDER CONECTADO CON EL BRAZO MANIPULADOR DE VACÍO

### 1.1. Entradas del sistema

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>B1</b>	%IX0.0	BOOL	Lector de pulsos de movimiento vertical
<b>B3</b>	%IX0.1	BOOL	Lector de pulsos de movimiento horizontal
<b>B5</b>	%IX0.2	BOOL	Lector de pulsos de movimiento de giro
<b>I1</b>	%IX0.4	BOOL	Final de carrera vertical
<b>I2</b>	%IX0.5	BOOL	Final de carrera horizontal
<b>I3</b>	%IX0.6	BOOL	Final de carrera de giro

Tabla 1. Entradas del brazo manipulador de vacío

### 1.2. Salidas del sistema

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Q1</b>	%QX0.4	BOOL	Movimiento vertical arriba
<b>Q2</b>	%QX0.5	BOOL	Movimiento vertical abajo
<b>Q3</b>	%QX0.6	BOOL	Movimiento de retroceso horizontal
<b>Q4</b>	%QX0.7	BOOL	Movimiento de avance horizontal
<b>Q5</b>	%QX1.0	BOOL	Movimiento giro horario
<b>Q6</b>	%QX1.1	BOOL	Movimiento giro anti-horario
<b>Q7</b>	%QX1.2	BOOL	Compresor
<b>Q8</b>	%QX1.3	BOOL	Ventosa
<b>Q9</b>	%QX1.4	BOOL	Habilitar señales

Tabla 2. Salidas del brazo manipulador de vacío



### 1.3. Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>CuentaVertical</b>	%MW9	INT	Cuenta de los pulsos en dirección vertical
<b>CuentaHorizontal</b>	%MW8	INT	Cuenta de los pulsos en dirección horizontal
<b>CuentaGiro</b>	%MW30	INT	Cuenta de los pulsos de giro
<b>MaxCuentaVertical</b>	%QX0.7	BOOL	Número máximo de pulsos permitidos en dirección vertical
<b>MaxCuentaHorizontal</b>	%QX1.0	BOOL	Número máximo de pulsos permitidos en dirección horizontal
<b>MaxCuentaGiro</b>	%QX1.1	BOOL	Número máximo de pulsos permitidos de giro
<b>Vuelta_posicion_inicial</b>	-	INT	Forzado para volver a la posición inicial y mejorar la precisión en la cuenta de pulsos
<b>Reinicio_modos</b>	-	BOOL	Reinicio
<b>Encendido_sistema</b>	-	BOOL	Alimentación del sistema
<b>Marcha_sistema</b>	-	BOOL	Puesta en marcha
<b>Apagado_sistema</b>	-	BOOL	Detiene el funcionamiento
<b>Apagado_senales_sistema</b>	-	BOOL	Corta la alimentación
<b>Paro_sistema</b>	-	BOOL	Paro de emergencia
<b>Reinicio_sistema</b>	-	BOOL	Reinicia todos los procesos
<b>Numero_blanco</b>	-	INT	Cuenta de piezas blancas clasificadas
<b>Numero_rojas</b>	-	INT	Cuenta de piezas rojas clasificadas
<b>Numero_azules</b>	-	INT	Cuenta de piezas azules clasificadas
<b>Numero_total</b>	-	INT	Cuenta de las piezas totales clasificadas
<b>Reset_contadores</b>	-	BOOL	Activa el reseteo de contadores

Tabla 3. Variables creadas para el funcionamiento del brazo manipulador de vacío

## 1.4. Variables de conexión con la estación de mecanizado

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Pieza_en_cinta1</b>	%MX0.0	BOOL	Indica al brazo cuando hay todavía una pieza en la primera cinta para que espere para soltar a la siguiente
<b>Modo_cinta</b>	-	INT	Indica a la cinta el color de la pieza que se va a depositar (1 para blanca, 2 para roja y 3 para azul)
<b>Sensor_entrada_color</b>	%MX12.0	BOOL	Indica el estado del sensor inicial del clasificador por color
<b>Sensor_empujadores_color</b>	%MX12.1	BOOL	Indica el estado del sensor previo a los empujadores del clasificador por color
<b>Sensor_blanco_color</b>	%MX12.2	BOOL	Indica el estado del sensor de la primera resbaladera del clasificador por color
<b>Sensor_rojo_color</b>	%MX12.3	BOOL	Indica el estado del sensor de la segunda resbaladera del clasificador por color
<b>Sensor_rojo_color</b>	%MX12.4	BOOL	Indica el estado del sensor de la tercera resbaladera del clasificador por color
<b>Cinta_color</b>	%MX12.5	BOOL	Indica si está en funcionamiento o no la cinta del clasificador por color
<b>Compresor_color</b>	%MX12.6	BOOL	Indica si está en funcionamiento o no el compresor del clasificador por color
<b>Empujador1_color</b>	%MX12.7	BOOL	Indica si está extendido o no el empujador 1 del clasificador por color
<b>Empujador2_color</b>	%MX12.8	BOOL	Indica si está extendido o no el empujador 2 del clasificador por color
<b>Empujador3_color</b>	%MX12.9	BOOL	Indica si está extendido o no el empujador 3 del clasificador por color

Tabla 4. Variables de comunicación entre el brazo manipulador y la estación de mecanizado

## 1.5. Variables de conexión con el clasificador por color

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Brazo_listo_para_recoger</b>	-	BOOL	Indica al clasificador por color cuando el brazo está libre en la posición de recogida para que lea del FIFO
<b>Color</b>	%MB10	Byte	Valor de la señal analógica que detecta el color de la pieza
<b>Flanco_etapa_soltar_pieza</b>	-	BOOL	Para indicarle a la estación de mecanizado cuando debe comenzar a moverse

Tabla 5. Variables de comunicación entre el brazo manipulador y la estación de mecanizado

## 1.6. Variables de conexión con el HMI

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Encendido_HMI</b>	%MX6.7	BOOL	Pulsador que dota al sistema de alimentación
<b>Marcha_HMI</b>	%MX6.6	BOOL	Pulsador que permite la marcha del sistema
<b>Apagado_HMI</b>	%MX6.5	BOOL	Pulsador para el apagado de emergencia
<b>Apagado_senales_HMI</b>	%MX6.4	BOOL	Pulsador que corta la alimentación del sistema
<b>Paro_sistema_HMI</b>	%MX7.4	BOOL	Pulsador que detiene la fabricación
<b>Reinicio_sistema_HMI</b>	%MX7.3	BOOL	Pulsador que activa el reinicio de todos los subprocesos
<b>Manual</b>	%MX6.3	BOOL	Permite el funcionamiento en modo manual (0 para automático, 1 para manual)
<b>Avance_manual</b>	%MX6.2	BOOL	Control del avance horizontal del brazo desde la pantalla
<b>Retroceso_manual</b>	%MX6.1	BOOL	Control del retroceso horizontal del brazo desde la pantalla
<b>Arriba_manual</b>	%MX6.0	BOOL	Control del movimiento vertical ascendente del brazo desde la pantalla
<b>Abajo_manual</b>	%M7.7	BOOL	Control del movimiento vertical descendente del brazo desde la pantalla
<b>Giro_hor_manual</b>	%MX7.6	BOOL	Control del movimiento de giro horario del brazo desde la pantalla
<b>Giro_antihor_manual</b>	%MX7.5	BOOL	Control del movimiento de giro anti-horario del brazo desde la pantalla
<b>Color_a_HMI</b>	%MB8	BYTE	Valor leído por el clasificador por color que se muestra en la pantalla

Tabla 6. Variables de comunicación entre el brazo manipulador y el HMI

## 2. VARIABLES CREADAS EN EL SCHNEIDER CONECTADO CON LA ESTACIÓN DE MECANIZADO

### 2.1. Entradas del sistema

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>I1</b>	%IX0.0	BOOL	Final de carrera frontal del empujador 1
<b>I2</b>	%IX0.1	BOOL	Final de carrera trasero del empujador 1
<b>I3</b>	%IX0.2	BOOL	Final de carrera frontal del empujador 2
<b>I4</b>	%IX0.3	BOOL	Final de carrera trasero del empujador 2
<b>I5</b>	%IX0.4	BOOL	Fototransistor anterior al empujador 1
<b>I6</b>	%IX0.5	BOOL	Fototransistor fresadora
<b>I7</b>	%IX0.6	BOOL	Fototransistor cinta entrada
<b>I8</b>	%IX0.7	BOOL	Fototransistor taladradora
<b>I9</b>	%IX0.8	BOOL	Fototransistor cinta transportadora salida

Tabla 7. Entradas de la estación de mecanizado

### 2.2. Salidas del sistema

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Q1</b>	%QX0.4	BOOL	Empujador 1 hacia delante
<b>Q2</b>	%QX0.5	BOOL	Empujador 1 hacia atrás
<b>Q3</b>	%QX0.6	BOOL	Empujador 2 hacia delante
<b>Q4</b>	%QX0.7	BOOL	Empujador 2 hacia atrás
<b>Q5</b>	%QX1.0	BOOL	Motor cinta alimentación
<b>Q6</b>	%QX1.1	BOOL	Motor cinta fresadora
<b>Q7</b>	%QX1.2	BOOL	Fresadora
<b>Q8</b>	%QX1.3	BOOL	Motor cinta taladradora
<b>Q9</b>	%QX1.4	BOOL	Taladradora
<b>Q10</b>	%QX1.5	BOOL	Motor cinta salida
<b>Q11</b>	%QX1.6	BOOL	Habilitar sensores y empujadores

Tabla 8. Salidas de la estación de mecanizado

### 2.3. Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Pieza_mecanizada_sin_recoger</b>	-	BOOL	Indica cuando hay una pieza en la última cinta de mecanizado para que las que vayan detrás esperen a que esta se retire
<b>Numero_blancas</b>	%MW30	INT	Cuenta de piezas blancas mecanizadas
<b>Numero_rojas</b>	%MW31	INT	Cuenta de piezas rojas mecanizadas
<b>Numero_azules</b>	%MW32	INT	Cuenta de piezas azules mecanizadas
<b>Numero_total</b>	%MW33	INT	Cuenta de las piezas totales mecanizadas
<b>Numero_blanco1</b>	%MW34	INT	Cuenta de piezas blancas fresadas
<b>Numero_blanco2</b>	%MW35	INT	Cuenta de piezas blancas taladradas
<b>Numero_blanco3</b>	%MW36	INT	Cuenta de piezas blancas fresadas y taladradas
<b>Numero_rojo1</b>	%MW37	INT	Cuenta de piezas rojas fresadas
<b>Numero_rojo2</b>	%MW38	INT	Cuenta de piezas rojas taladradas
<b>Numero_rojo3</b>	%MW39	INT	Cuenta de piezas rojas fresadas y taladradas
<b>Numero_azul1</b>	%MW40	INT	Cuenta de piezas azules fresadas
<b>Numero_azul2</b>	%MW41	INT	Cuenta de piezas azules taladradas
<b>Numero_azul3</b>	%MW42	INT	Cuenta de piezas azules fresadas y taladradas
<b>Numero_mod01</b>	%MW43	INT	Cuenta de piezas fresadas
<b>Numero_mod02</b>	%MW44	INT	Cuenta de piezas taladradas
<b>Numero_mod03</b>	%MW45	INT	Cuenta de piezas fresadas y taladradas
<b>Tiempo_fresado</b>	-	TIME	Variable que almacena el tiempo de fresado recibido por el HMI
<b>Tiempo_taladrado</b>	-	TIME	Variable que almacena el tiempo de taladrado recibido por el HMI

Tabla 9. Variables para el funcionamiento de la estación de mecanizado

### 2.4. Variables de conexión con el brazo manipulador

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Encendido_HMI</b>	%MX20.0	BOOL	Pulsador de alimentación del sistema recibido por el brazo manipulador
<b>Marcha_HMI</b>	%MX20.1	BOOL	Pulsador que habilita la marcha del sistema recibido por el brazo manipulador
<b>Color</b>	%MW11	INT	Variable recibida por el brazo que indica el color de la pieza (1 blanca, 2 roja, 3 azul)
<b>Flanco_etapa_soltar_pieza</b>	%MX20.2	BOOL	Para indicarle a la estación de mecanizado cuando el brazo deposita una pieza y debe comenzar a moverse
<b>Manual</b>	%MX20.3	BOOL	Permite el funcionamiento en modo manual (0 para automático, 1 para manual). Variable recibida por el brazo
<b>Reinicio_sistema</b>	%MX20.4	BOOL	Reinicio del subproceso recibido por el brazo

Tabla 10. Variables de comunicación entre la estación de mecanizado y el brazo manipulador

## 2.5. Variables de conexión con el HMI

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Tiempo_fresado_HMI</b>	%MW24	WORD	Variable que permite cambiar el tiempo de fresado
<b>Tiempo_taladrado_HMI</b>	%MW25	WORD	Variable que permite cambiar el tiempo de taladrado
<b>Cinta_entrada_HMI</b>	%MX6.0	BOOL	Indica si la primera cinta está o no en marcha y permite moverla
<b>E1_delante_HMI</b>	%MX6.1	BOOL	Indica si el empujador 1 está desplazándose o no hacia delante y permite moverlo
<b>E1_detrás_HMI</b>	%MX6.2	BOOL	Indica si el empujador 1 está desplazándose o no hacia detrás y permite moverlo
<b>Cinta_fresadora_HMI</b>	%MX6.3	BOOL	Indica si la cinta de la fresadora está o no en marcha y permite moverla
<b>Fresadora_HMI</b>	%MX6.4	BOOL	Indica si la fresadora está o no en marcha y permite moverla
<b>Taladradora_HMI</b>	%MX6.5	BOOL	Indica si la taladradora está o no en marcha y permite moverla
<b>Cinta_taladradora_HMI</b>	%MX6.6	BOOL	Indica si la cinta de la taladradora está o no en marcha y permite moverla
<b>E2_delante_HMI</b>	%MX6.7	BOOL	Indica si el empujador 2 está desplazándose o no hacia delante y permite moverlo
<b>E2_detrás_HMI</b>	%MX7.0	BOOL	Indica si el empujador 2 está desplazándose o no hacia detrás y permite moverlo
<b>Cinta_salida_HMI</b>	%MX7.1	BOOL	Indica si la cinta de salida está o no en marcha y permite moverla
<b>Modo_blanco_HMI</b>	%MW2	WORD	Indica el modo de mecanizado para la pieza blanca (1 fresado, 2 taladrado, 3 fresado y taladrado)
<b>Modo_rojo_HMI</b>	%MW5	WORD	Indica el modo de mecanizado para la pieza roja (1 fresado, 2 taladrado, 3 fresado y taladrado)
<b>Modo_azul_HMI</b>	%MW7	WORD	Indica el modo de mecanizado para la pieza azul (1 fresado, 2 taladrado, 3 fresado y taladrado)
<b>Reset_contadores</b>	%MX20.5	BOOL	Variable que reinicia todos los contadores de piezas

Tabla 11. Variables de comunicación entre la estación de mecanizado y el HMI

### 3. VARIABLES CREADAS EN EL SIEMENS CONECTADO CON EL CLASIFICADOR POR COLOR

#### 3.1. Entradas del sistema

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
I1	%I0.4	BOOL	Pulsos movimiento cinta
I2	%I0.5	BOOL	Sensor de barrera entrada proceso color
I3	%I0.6	BOOL	Sensor de barrera previo a los empujadores
I4	%IW64	WORD	Sensor color (señal analógica)
I5	%I1.2	BOOL	Sensor de barrera clasificador 1
I6	%I0.1	BOOL	Sensor de barrera clasificador 2
I7	%I1.3	BOOL	Sensor de barrera clasificador 3

Tabla 12. Entradas del clasificador por color

#### 3.2. Salidas del sistema

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
Q1	%Q0.0	BOOL	Motor cinta transportadora
Q2	%Q0.1	BOOL	Habilitar compresor
Q3	%Q0.3	BOOL	Activar cilindro empujador 1
Q4	%Q0.4	BOOL	Activar cilindro empujador 2
Q5	%Q0.5	BOOL	Activar cilindro empujador 3
Q6	%Q1.0	BOOL	Habilitar señales de entrada del proceso

Tabla 13. Salidas del clasificador por color

### 3.3. Variables extra para garantizar el correcto funcionamiento

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>E0</b>	%M10.0	BOOL	Etapa inicial del Grafcet genérico
<b>E1</b>	%M10.1	BOOL	Etapa 1 del Grafcet genérico
<b>E2</b>	%M10.2	BOOL	Etapa 2 del Grafcet genérico
<b>E3</b>	%M10.3	BOOL	Etapa 3 del Grafcet genérico
<b>E4</b>	%M10.4	BOOL	Etapa 4 del Grafcet genérico
<b>E5</b>	%M10.5	BOOL	Etapa 5 del Grafcet genérico
<b>E6</b>	%M10.6	BOOL	Etapa 6 del Grafcet genérico
<b>E01</b>	%M11.0	BOOL	Etapa inicial del Grafcet para pieza blanca
<b>E11</b>	%M11.1	BOOL	Etapa 1 del Grafcet para pieza blanca
<b>E21</b>	%M11.2	BOOL	Etapa 2 del Grafcet para pieza blanca
<b>E02</b>	%M12.0	BOOL	Etapa inicial del Grafcet para pieza roja
<b>E12</b>	%M12.1	BOOL	Etapa 1 del Grafcet para pieza roja
<b>E22</b>	%M12.2	BOOL	Etapa 2 del Grafcet para pieza roja
<b>E03</b>	%M13.0	BOOL	Etapa inicial del Grafcet para pieza azul
<b>E13</b>	%M13.1	BOOL	Etapa 1 del Grafcet para pieza azul
<b>E23</b>	%M13.2	BOOL	Etapa 2 del Grafcet para pieza azul
<b>Color</b>	%MD5	Real	Valor en voltios que representa el color de la pieza
<b>Pulsos_cinta</b>	%MW3	INT	Valor de pulsos necesarios para llegar a cada resbaladera
<b>Flanco_I2</b>	%M15.2	BOOL	Variable creada para detectar cuando una pieza entra en la cinta
<b>Flanco_I3_B</b>	%M15.3	BOOL	Variable creada para detectar cuando una pieza pasa por el sensor situado antes de los empujadores
<b>Flanco_I3_S</b>	%M15.4	BOOL	Variable creada para detectar cuando una pieza ha pasado por el sensor situado antes de los empujadores
<b>Flanco_I5</b>	%M11.3	BOOL	Variable creada para detectar cuando una pieza blanca ha sido depositada en su resbaladera
<b>Flanco_I6</b>	%M11.4	BOOL	Variable creada para detectar cuando una pieza roja ha sido depositada en su resbaladera
<b>Flanco_I7</b>	%M11.5	BOOL	Variable creada para detectar cuando una pieza azul ha sido depositada en su resbaladera
<b>Flanco_I3_S</b>	%M15.4	BOOL	Variable creada para detectar cuando una pieza pasa por el sensor situado antes de los empujadores
<b>Borrar_registro_fifo</b>	%M30.5	BOOL	Variable que vacía el vector del FIFO para reiniciar su control
<b>Leer_de_FIFO</b>	%M17.2	BOOL	Variable que indica cuándo puede leerse un valor del FIFO

Tabla 14. Variables para el funcionamiento del clasificador por color



### 3.4. Variables de conexión con el brazo manipulador

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Encendido</b>	%M15.0	BOOL	Encendido proveniente del HMI
<b>Marcha</b>	%M16.4	BOOL	Marcha proveniente del HMI
<b>Paro_sistema</b>	%M17.3	BOOL	Variable de paro proveniente del HMI que deja de aceptar nuevas piezas
<b>Reinicio</b>	%M17.4	BOOL	Variable reinicio proveniente del HMI que reinicia el sistema
<b>Color_brazo</b>	%MW4	INT	Valor del color enviado al brazo para saber el tipo de pieza
<b>Blanco_para_recoger</b>	%M16.1	BOOL	Variable que avisa al brazo manipulador de que hay una pieza blanca preparada para ser recogida
<b>Rojo_para_recoger</b>	%M16.2	BOOL	Variable que avisa al brazo manipulador de que hay una pieza roja preparada para ser recogida
<b>Azul_para_recoger</b>	%M16.3	BOOL	Variable que avisa al brazo manipulador de que hay una pieza azul preparada para ser recogida
<b>Color_FIFO</b>	%MW22	INT	Variable que muestra en el HMI el valor leído por el sensor de color
<b>Brazo_listo_para_recoger</b>	%M16.5	BOOL	Variable enviada por el brazo para saber cuándo se debe extraer un valor del FIFO que indique cuál es la siguiente pieza a recoger

Tabla 15. Variables de comunicación entre el clasificador por color y el brazo manipulador

## 4. VARIABLES CREADAS EN LA PANTALLA OMRON

### 4.1. Variables de conexión con el brazo manipulador (PLC1)

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>POWER ON</b>	4.07	4X_Bit	Pulsador que dota al sistema de alimentación
<b>POWER OFF</b>	4.04	4X_Bit	Pulsador que corta la alimentación
<b>MARCHA</b>	4.06	4X_Bit	Pulsador que permite el funcionamiento del sistema
<b>PARO</b>	4.12	4X_Bit	Pulsador que para la producción tras procesar las piezas ya en cintas
<b>Switch Automático-Manual</b>	4.03	4X_Bit	Permite el cambio entre modos automático y manual
<b>Seta de emergencia</b>	4.05	4X_Bit	Pulsador de parada de emergencia
<b>Reinicio sistema</b>	4.11	4X_Bit	Pulsador que ejecuta el reinicio de los subprocesos tras la emergencia
<b>Final_carrera_vertical</b>	5	1X	Lámpara de estado del final de carrera vertical
<b>Final_carrera_horizontal</b>	6	1X	Lámpara de estado del final de carrera horizontal
<b>Final_carrera_giro</b>	7	1X	Lámpara de estado del final de carrera de giro
<b>Compresor</b>	11	0X	Lámpara de estado del compresor
<b>Ventosa</b>	12	0X	Lámpara de estado de la ventosa
<b>Contador_pulsos_vertical</b>	10	4X	Número de pulsos verticales emitidos por el brazo
<b>Contador_pulsos_horizontal</b>	9	4X	Número de pulsos horizontales emitidos por el brazo
<b>Contador_pulsos_giro</b>	8	4X	Número de pulsos de giro emitidos por el brazo
<b>Avance_horizontal</b>	4.02	4X_Bit	Pulsador para accionar el movimiento de avance horizontal del brazo a través de la pantalla
<b>Retroceso_horizontal</b>	4.01	4X_Bit	Pulsador para accionar el movimiento de retroceso horizontal del brazo a través de la pantalla
<b>Vertical_arriba</b>	4.00	4X_Bit	Pulsador para accionar el movimiento vertical ascendente del brazo a través de la pantalla
<b>Vertical_abajo</b>	4.15	4X_Bit	Pulsador para accionar el movimiento vertical descendente del brazo a través de la pantalla
<b>Giro_horario</b>	4.14	4X_Bit	Pulsador para accionar el movimiento de giro horario del brazo a través de la pantalla
<b>Giro_antihorario</b>	4.14	4X_Bit	Pulsador para accionar el movimiento de giro anti- horario del brazo a través de la pantalla

Tabla 16. Variables de comunicación entre el HMI y el brazo manipulador

#### 4.2. Variables de conexión con el clasificador por color a través el brazo manipulador

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>BL0</b>	7.00	4X_Bit	Lámpara de estado del sensor de entrada al clasificador por color
<b>BL1</b>	7.01	4X_Bit	Lámpara de estado del sensor previo a los empujadores del clasificador por color
<b>BL2</b>	7.02	4X_Bit	Lámpara de estado del sensor de la primera resbaladera del clasificador por color
<b>BL3</b>	7.03	4X_Bit	Lámpara de estado del sensor de la segunda resbaladera del clasificador por color
<b>BL4</b>	7.04	4X_Bit	Lámpara de estado del sensor de la tercera resbaladera del clasificador por color
<b>BL8</b>	7.05	4X_Bit	Flecha indicadora del movimiento de la cinta del clasificador por color
<b>BL9</b>	7.06	4X_Bit	Lámpara de estado del compresor clasificador por color
<b>BL5</b>	7.07	4X_Bit	Lámpara de estado del primer empujador del clasificador por color
<b>BL6</b>	7.08	4X_Bit	Lámpara de estado del segundo empujador del clasificador por color
<b>BL7</b>	7.09	4X_Bit	Lámpara de estado del tercer empujador del clasificador por color
<b>Señal_analógica_color</b>	5	4X	Representación de los voltios detectados por el sensor de color

Tabla 17. Variables de comunicación entre el HMI y el clasificador por color

### 4.3. Variables de conexión con la estación de mecanizado

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>Cinta Alimentación</b>	4.00	4X_Bit	Pulsador que permite accionar la cinta de la alimentación
<b>Empujador 1 delante</b>	4.01	4X_Bit	Pulsador que permite desplazar el empujador 1 hacia delante
<b>Empujador 1 detrás</b>	4.02	4X_Bit	Pulsador que permite desplazar el empujador 1 hacia detrás
<b>Cinta fresadora</b>	4.03	4X_Bit	Pulsador que permite accionar la cinta donde se encuentra la fresadora
<b>Fresadora</b>	4.04	4X_Bit	Pulsador que permite accionar la fresadora
<b>Cinta taladradora</b>	4.05	4X_Bit	Pulsador que permite accionar la cinta donde se encuentra la taladradora
<b>Taladradora</b>	4.06	4X_Bit	Pulsador que permite accionar la taladradora
<b>Empujador 2 delante</b>	4.07	4X_Bit	Pulsador que permite desplazar el empujador 2 hacia delante
<b>Empujador 2 detrás</b>	4.08	4X_Bit	Pulsador que permite desplazar el empujador 2 hacia detrás
<b>Cinta salida</b>	4.09	4X_Bit	Pulsador que permite accionar la cinta de salida
<b>BL0</b>	7	1X	Lámpara de estado del sensor de entrada a la primera cinta
<b>BL1</b>	5	1X	Lámpara de estado del sensor de salida de la primera cinta
<b>BL2</b>	6	1X	Lámpara de estado del sensor situado en la fresadora
<b>BL3</b>	8	1X	Lámpara de estado del sensor situado en la taladradora
<b>BL4</b>	9	1X	Lámpara de estado del sensor de la cinta de salida
<b>BL5</b>	2	1X	Lámpara de estado del final de carrera trasero del empujador 1
<b>BL6</b>	1	1X	Lámpara de estado del final de carrera delantero del empujador 1
<b>BL7</b>	4	1X	Lámpara de estado del final de carrera trasero del empujador 2
<b>BL8</b>	3	1X	Lámpara de estado del final de carrera delantero del empujador 2
<b>BL9</b>	11	0X	Lámpara de estado de la fresadora
<b>BL10</b>	13	0X	Lámpara de estado de la taladradora
<b>BL11</b>	9	0X	Lámpara de estado de la cinta de entrada
<b>BL12</b>	10	0X	Lámpara de estado de la cinta de la fresadora
<b>BL13</b>	12	0X	Lámpara de estado de la cinta de la taladradora
<b>BL14</b>	14	0X	Lámpara de estado de la cinta de salida
<b>NI0</b>	3	4X	Entrada que permite modificar el modo de mecanizado de la pieza blanca (1 fresado, 2 taladrado, 3 fresado y taladrado)
<b>NI1</b>	6	4X	Entrada que permite modificar el modo de mecanizado de la pieza roja (1 fresado, 2 taladrado, 3 fresado y taladrado)
<b>NI2</b>	8	4X	Entrada que permite modificar el modo de mecanizado de la pieza azul (1 fresado, 2 taladrado, 3 fresado y taladrado)

Nombre	Dirección	Tipo de variable	Descripción
<b>NI3</b>	25	4X	Entrada que permite modificar el tiempo de fresado
<b>NI4</b>	26	4X	Entrada que permite modificar el tiempo de taladrado
<b>ND0</b>	35	4X	Representación del número de piezas blancas fresadas
<b>ND1</b>	36	4X	Representación del número de piezas blancas taladradas
<b>ND2</b>	37	4X	Representación del número de piezas blancas fresadas y taladradas
<b>ND3</b>	31	4X	Representación del número de piezas blancas totales
<b>ND4</b>	38	4X	Representación del número de piezas rojas fresadas
<b>ND5</b>	39	4X	Representación del número de piezas rojas taladradas
<b>ND6</b>	40	4X	Representación del número de piezas rojas fresadas y taladradas
<b>ND7</b>	32	4X	Representación del número de piezas rojas totales
<b>ND8</b>	41	4X	Representación del número de piezas azules fresadas
<b>ND9</b>	42	4X	Representación del número de piezas azules taladradas
<b>ND10</b>	43	4X	Representación del número de piezas azules fresadas y taladradas
<b>ND11</b>	33	4X	Representación del número de piezas azules totales
<b>ND12</b>	44	4X	Representación del número de piezas totales fresadas
<b>ND13</b>	45	4X	Representación del número de piezas totales taladradas
<b>ND14</b>	46	4X	Representación del número de piezas totales fresadas y taladradas
<b>ND15</b>	34	4X	Representación del número de piezas totales procesadas

Tabla 18. Variables de comunicación entre el HMI y la estación de mecanizado





**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

**PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO  
DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE  
SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y  
OMRON (NB7W) MEDIANTE  
COMUNICACIONES MODBUS**

**DOCUMENTO 4: PLANOS**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto de automatización de una línea de clasificado y  
mecanizado de piezas integrando equipos de Siemens  
(S7-1214), Schneider (M241) y Omron (NB7W)  
mediante comunicaciones Modbus



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR ENGINYERIA  
INDUSTRIAL VALÈNCIA



## ÍNDICE

1.	Automatización REALIZADA sobre el PLC Siemens que controla El clasificador por color ....	5
2.	automatización REALIZADA SOBRE EL PLC Schneider que controla el brazo manipulador ...	6
3.	AUTOMATIZACIÓN REALIZADA sobre el PLC Schneider que controla la estación de mecanizado .....	7



## 1. AUTOMATIZACIÓN REALIZADA SOBRE EL PLC SIEMENS QUE CONTROLA EL CLASIFICADOR POR COLOR

Tras conocer exactamente las especificaciones de funcionamiento de la maqueta de clasificador por color, fueron diseñados sus correspondientes diagramas GRAFCET de funcionamiento. Dichos diagramas se muestran en el Plano 1: GRAFCET Clasificador por color y se dividen en los cuatro siguientes:

- GD: Recepción de pieza, distinción y discriminación por color.
- GCB: Clasificado y almacenamiento intermedio de piezas blancas.
- GCR: Clasificado y almacenamiento intermedio de piezas rojas.
- GCA: Clasificado y almacenamiento intermedio de piezas azules.

Para la implementación del código que permita el funcionamiento diseñado, los principales programas creados han sido:

- GRAFCET 0: equivalente a GD.
- GRAFCET\_BLANCO: equivalente a GCB.
- GRAFCET\_ROJO: equivalente a GCR.
- GRAFCET\_AZUL: equivalente a GCA.

El resto de programas hace referencia a las salidas, el FIFO, la comunicación entre autómatas...



## 2. AUTOMATIZACIÓN REALIZADA SOBRE EL PLC SCHNEIDER QUE CONTROLA EL BRAZO MANIPULADOR

Son mostrados a continuación los tipos de códigos que se han desarrollado para el manejo del brazo manipulador, así como sus correspondientes nombres y funciones. El conjunto del código ha sido diseñado en un diagrama GRAFCET como el adjunto en el Plano 2: GRAFCET Brazo manipulador.

- **GVL** (Lista de variables globales): declaración de todas las variables mencionadas en el apartado 1.1 del presente documento.
- **SFC**:
  - ProgramaSFC: estructura de etapas y transiciones.
- **ST**: contadores
  - ContadorGiro: cuenta de pulsos de giro.
  - ContadorHorizontal: cuenta de pulsos de avance y retroceso horizontal.
  - ContadorVertical: cuenta de pulsos de subida y bajada.
- **LD**: acciones y comunicaciones
  - ProgramaLD: acciones, contadores y flancos.
  - LDComunicacionColor: variables compartidas entre los autómatas del brazo manipulador y el clasificador por color.
  - LDComunicacionHMI: variables compartidas entre el autómata del brazo manipulador y el terminal táctil.
  - LDComunicacionMecanizado: funciones de lectura y escritura y variables compartidas entre los autómatas del brazo manipulador y la estación de mecanizado.
- **CFC**: comunicación con otro dispositivo
  - LecturaEscrituraColor: bloques de funciones de lectura y escritura entre los autómatas del brazo manipulador y el clasificador por color.



### 3. AUTOMATIZACIÓN REALIZADA SOBRE EL PLC SCHNEIDER QUE CONTROLA LA ESTACIÓN DE MECANIZADO

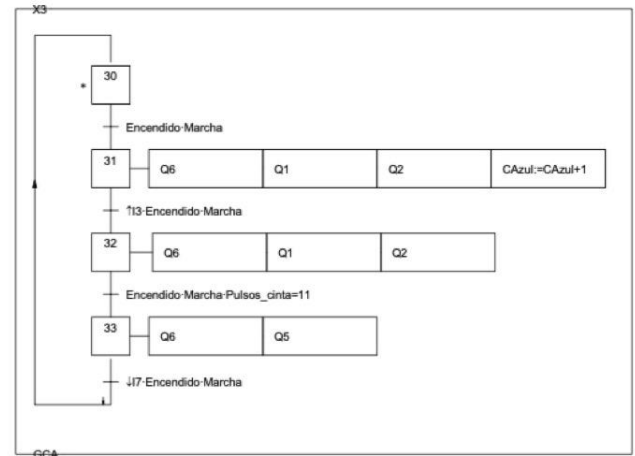
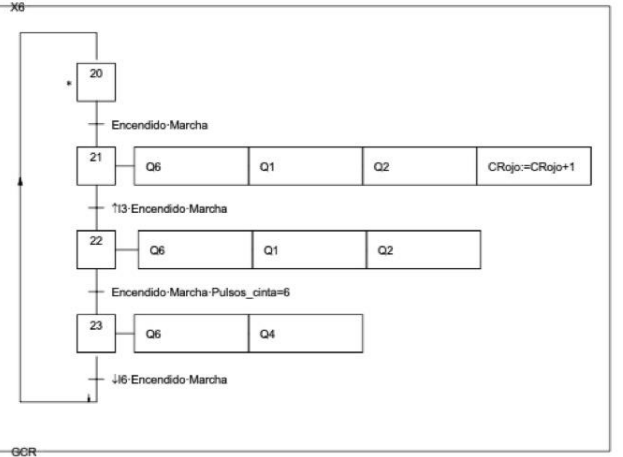
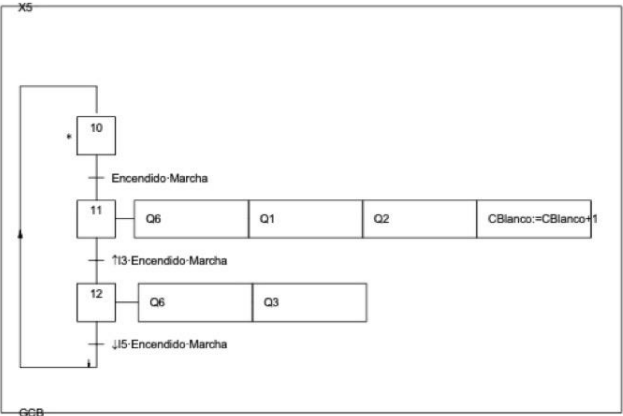
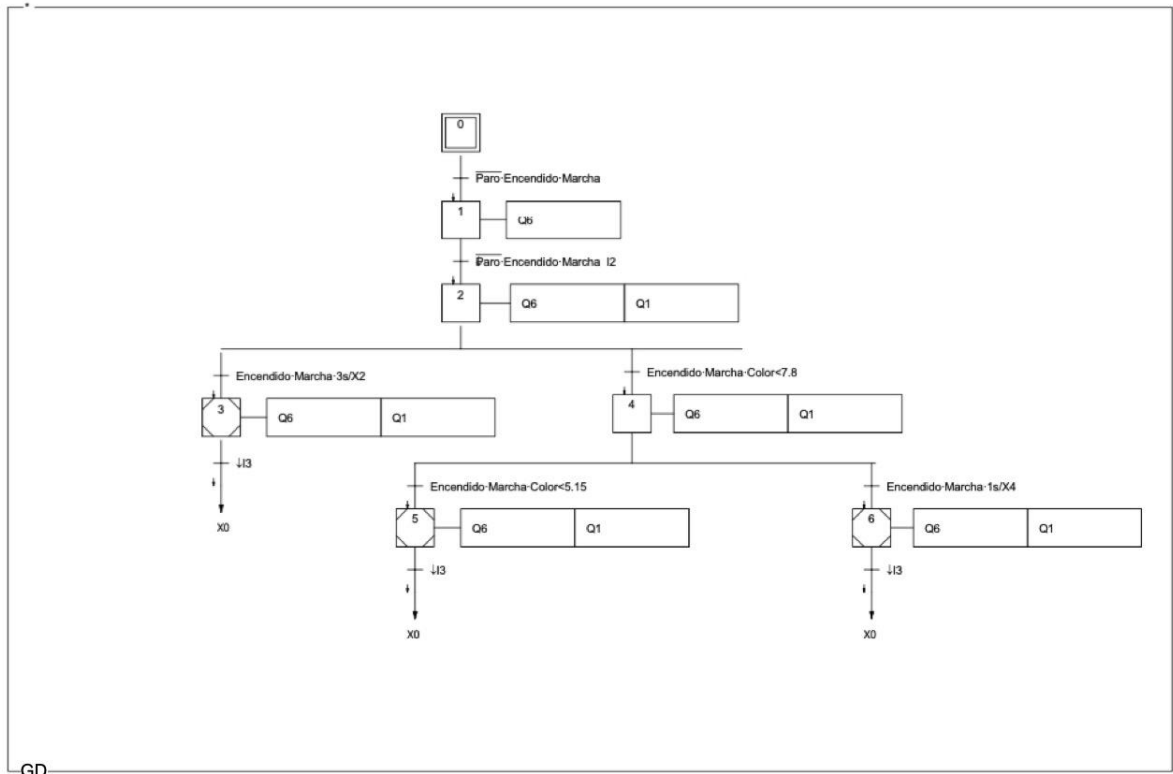
Finalmente, han sido adjuntados tres planos, divididos de igual forma que los programas SFC que se explican en este apartado. Los nombres de dichos planos son:

- Plano 3: GRAFCET Mecanizado. Inicio y fresado.
- Plano 4: GRAFCET Mecanizado. Taladrado.
- Plano 5: GRAFCET Mecanizado. Final y fresado más taladrado.

Partiendo de estos diagramas, han sido necesarios para la automatización los siguientes programas:

- **GVL** (Lista de variables globales): declaración de todas las variables mencionadas en el apartado 1.2 del presente documento.
- **SFC: etapas y transiciones**
  - SFCInicio: trayecto de la pieza a lo largo de la primera cinta.
  - SFCModo1\_A: fresado de la pieza azul y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo1\_B: fresado de la pieza blanca y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo1\_R: fresado de la pieza roja y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo2\_A: taladrado de la pieza azul y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo2\_B: taladrado de la pieza blanca y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo2\_R: taladrado de la pieza roja y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo3\_A: fresado y taladrado de la pieza azul y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo3\_B: fresado y taladrado de la pieza blanca y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCModo3\_R: fresado y taladrado de la pieza roja y movimiento hasta el empujador 2.
  - SFCFinal: trayecto de las piezas a lo largo de la última cinta.
- **LD: acciones y comunicaciones**
  - ProgramaLD: acciones, contadores y flancos.





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

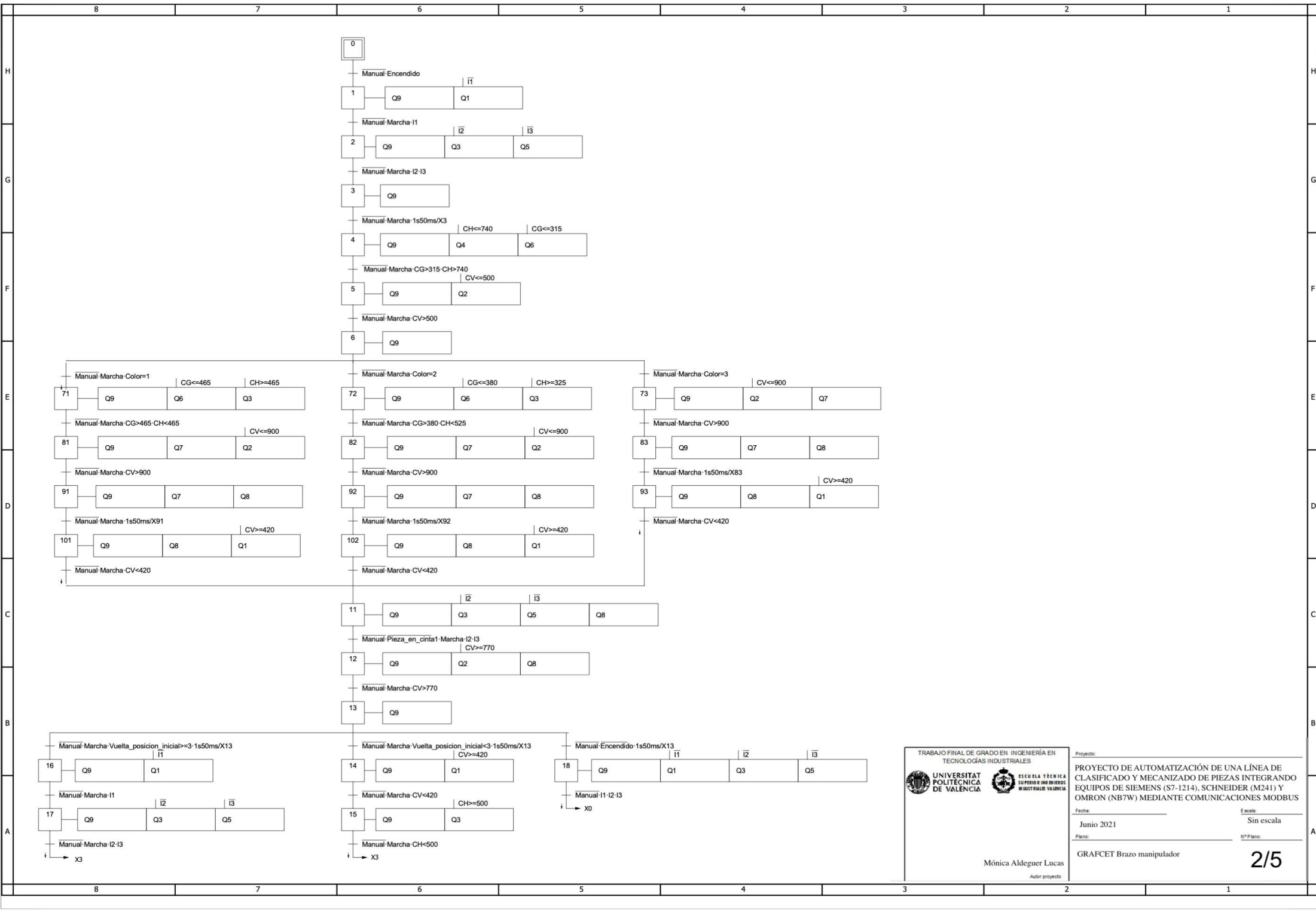
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Mónica Aldeguer Lucas  
Autor proyecto

Proyecto: **PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y OMRON (NB7W) MEDIANTE COMUNICACIONES MODBUS**

Fecha: Junio 2021  
Escala: Sin escala

Plano: GRAFCET Clasificador por color.  
Nº Plano: 1/5



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA

Mónica Aldeguer Lucas  
Autor proyecto

Proyecto: PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y OMRON (NB7W) MEDIANTE COMUNICACIONES MODBUS

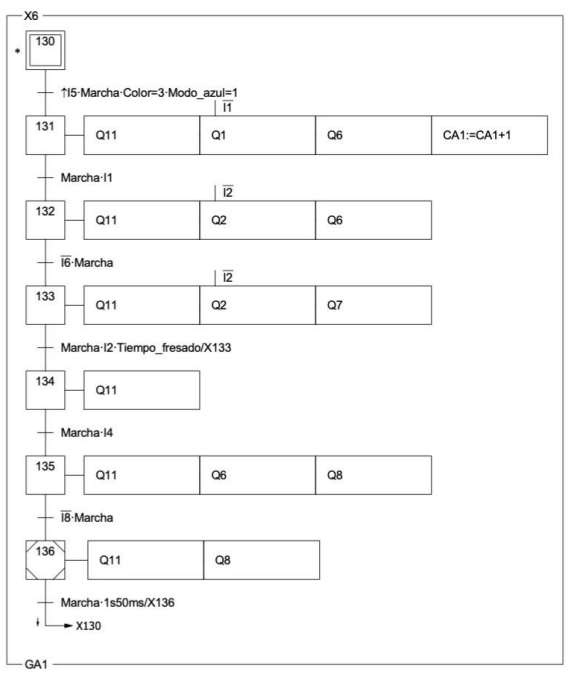
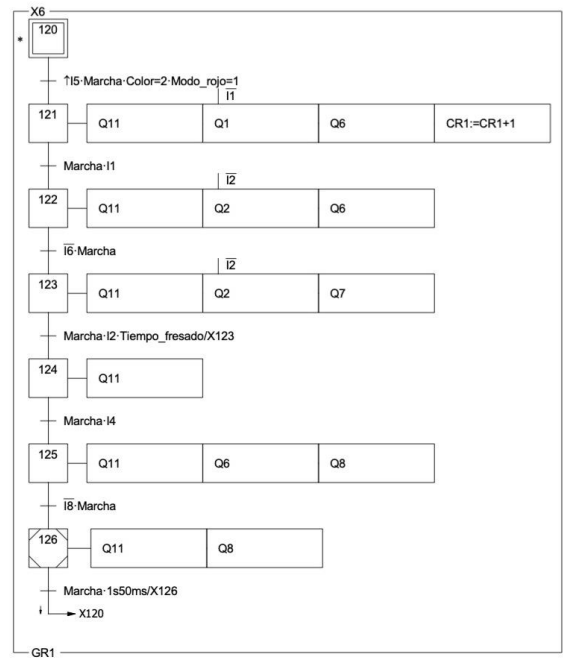
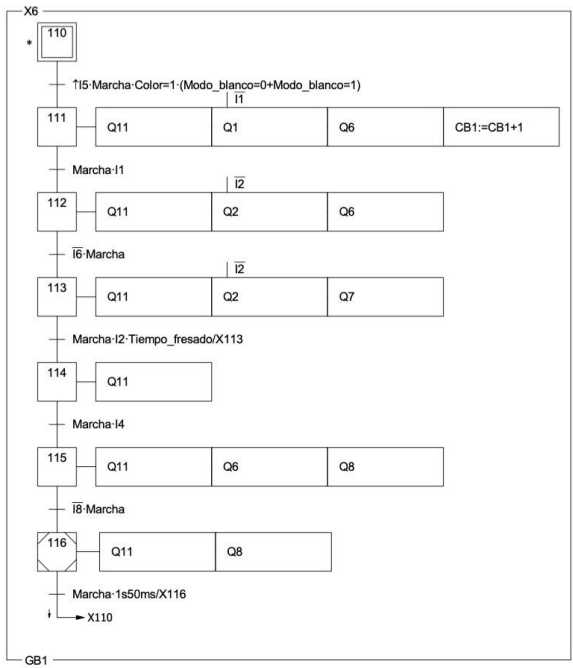
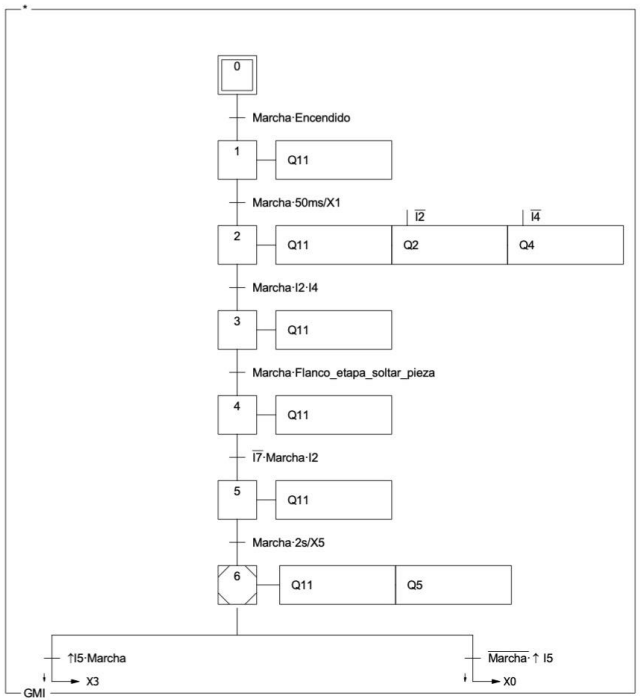
Fecha: Junio 2021

Escala: Sin escala

Plano: Nº Plano: 2/5

GRAFSET Brazo manipulador





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA

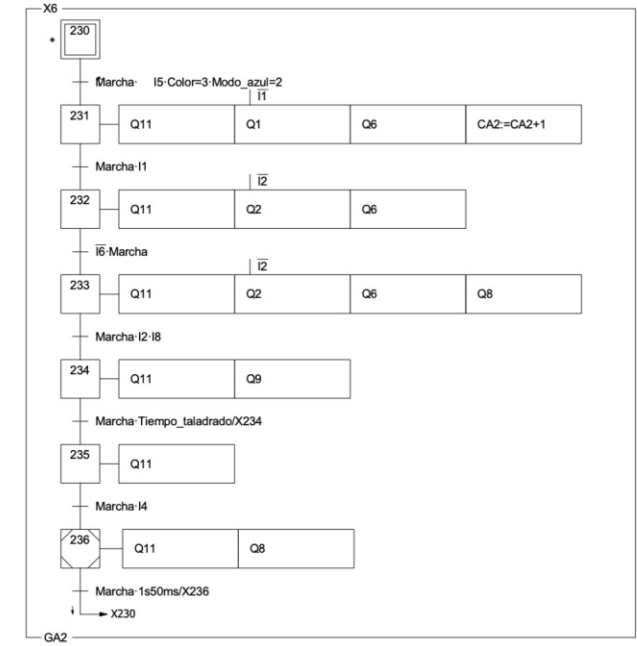
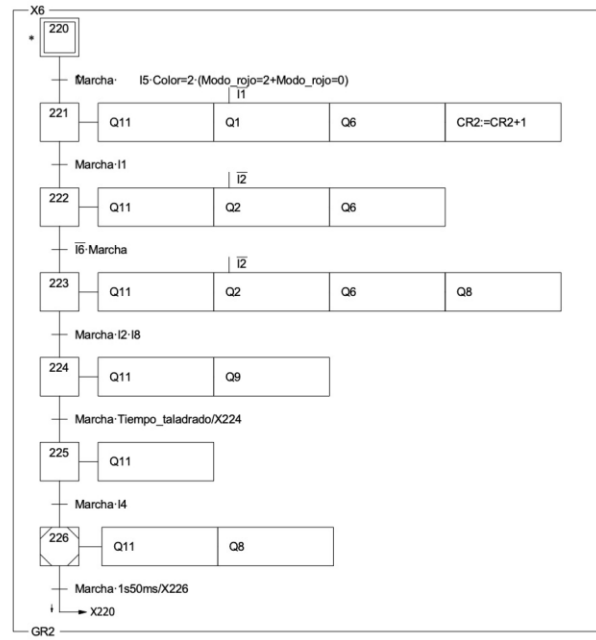
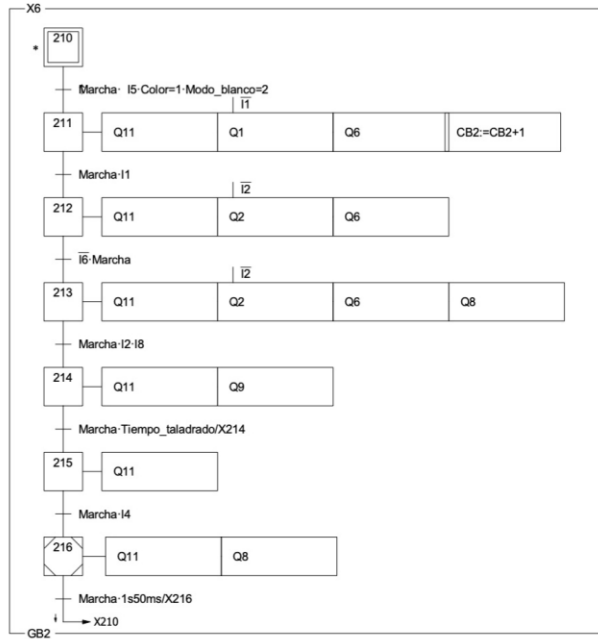
Mónica Aldeguer Lucas  
Autor proyecto

Proyecto: **PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y OMRON (NB7W) MEDIANTE COMUNICACIONES MODBUS**

Fecha: Junio 2021 Escala: Sin escala

Plano: Nº Plano:

GRAFNET Mecanizado.  
Inicio y fresado.



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Mónica Aldeguer Lucas

Autor proyecto

Proyecto:

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y OMRON (NB7W) MEDIANTE COMUNICACIONES MODBUS

Fecha:

Junio 2021

Escala:

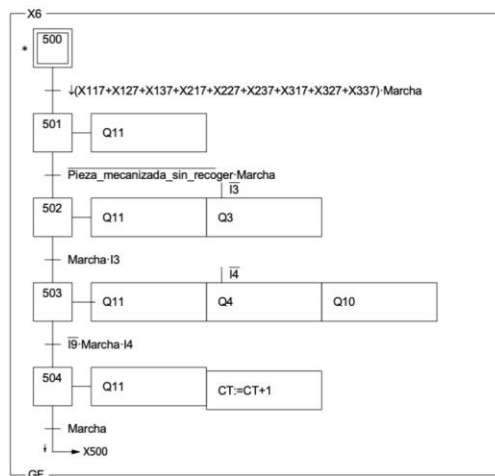
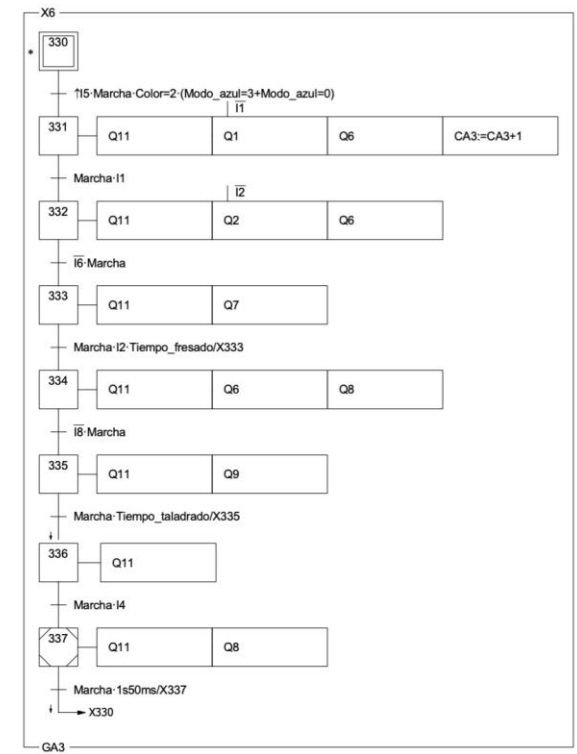
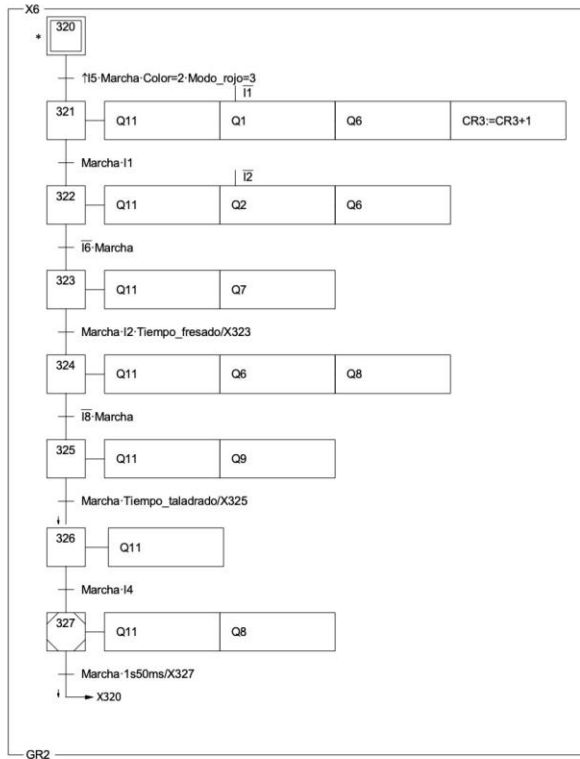
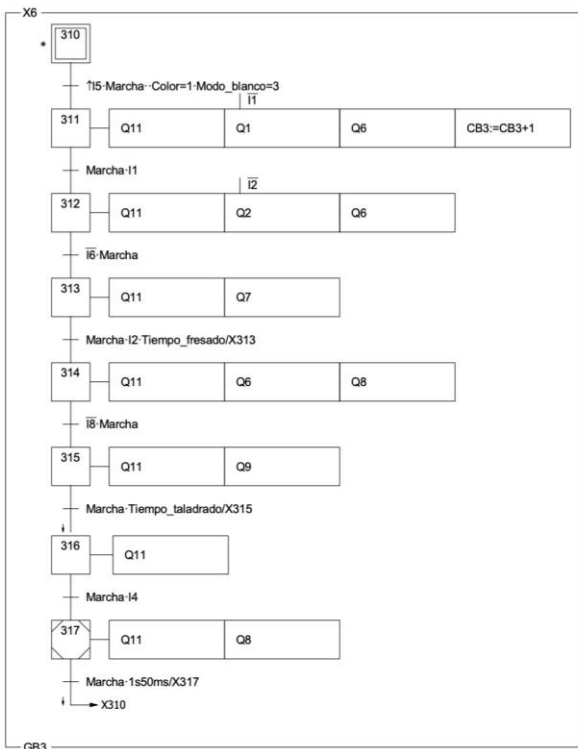
Sin escala

Plano:

GRAFSET Mecanizado.  
Taladrado.

Nº Plano:

4/5



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Mónica Aldeguer Lucas

Autor proyecto

Proyecto:  
PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE CLASIFICADO Y MECANIZADO DE PIEZAS INTEGRANDO EQUIPOS DE SIEMENS (S7-1214), SCHNEIDER (M241) Y OMRON (NB7W) MEDIANTE COMUNICACIONES MODBUS

Fecha: Junio 2021  
Escala: Sin escala

Plano: N° Plano:  
GRAFSET Mecanizado.  
Final y fresado más taladrado.

5/5

