



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

Autores:

Laura Lourdes Suárez Afonso
Ángel Marcos Trujillo Trujillo

Tutores:

Silvia Alayón Miranda
Jonay Toledo Carrillo

ÍNDICE GENERAL

I. Resumen

II. Abstract

III. Memoria

1. Disposiciones legales y normas aplicadas
2. Objetivo
3. Peticionario
4. Antecedentes
5. Emplazamiento
6. Descripción de la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL
7. Problemas presentados en la máquina
8. Entradas y Salidas de Autómata
9. Puesta en marcha
10. Funcionamiento de la máquina
11. Herramientas de programación
12. Programación de la máquina H222 EL
13. Bibliografía

IV. Anexos

1. Esquemas eléctricos
2. Diagramas GRAFCET del funcionamiento simple
3. Diagramas GRAFCET del funcionamiento complejo
4. Programación en KOP del funcionamiento simple
5. Programación en KOP del funcionamiento complejo
6. Guión de prácticas funcionamiento simple
7. Guión de prácticas funcionamiento complejo
8. Material complementario para la docencia
9. Videos de puesta en marcha
10. Videos de funcionamiento automatizado

V. Planos

1. Plano de situación
2. Plano de emplazamiento

VI. Presupuesto

VII. Conclusiones y líneas abiertas

VIII. Conclusions and open lines

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

I. RESUMEN

I. Resumen

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado (TFG) es la puesta en marcha de un sistema industrial automatizado, concretamente la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL, y su posterior adaptación para la realización de prácticas docentes de Automatización.

La primera tarea de este TFG implica el análisis y estudio del funcionamiento y estado de la máquina. Mediante la revisión del manual facilitado por la empresa fabricante, se identificarán los distintos componentes, y con ello, todos los posibles fallos o averías, llevando a cabo las reparaciones y mejoras necesarias.

Tras esto se tratará de acceder a la totalidad del código almacenado originalmente en el autómatas presente en la máquina, para recabar mayor información acerca del funcionamiento de la misma, y proponer distintos modos de funcionamiento, basados en la guía GEMMA, y, adaptados a las posibilidades que el panel de mando ofrece y a las necesidades docentes de las asignaturas en las que pueda ser utilizada como planta de prácticas.

Palabras clave: Automatización, Autómata Programable (*Programmable Logic Controller - PLC*), Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

II. ABSTRACT

II. Abstract

The objective of this Final Degree Project (FDP) is the implementation of an automated industrial system, specifically the H222 EL Electronic Quilting Machine, and its subsequent adaptation to carry out teaching practices in Automation.

The first task of this FDP involves the analysis and study of the operation and the state of the machine. By reviewing the manual provided by the manufacturing company, the different components will be studied. All the possible failures will be identified and repaired.

After this, the code originally stored in the automaton present in the machine will be accessed, in order to obtain more information about its operation. Different modes of operation, based on the GEMMA guide, will be proposed and adapted to the possibilities that the control panel offers, taking also into account the teaching needs of the subjects in which it can be used as a practice plant.

Keywords: Automation, Programmable Logic Controller (*PLC*), H222 EL Electronic Quilting Machine

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

III. MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Disposiciones legales y normas aplicadas	7
2. Objetivo	7
3. Peticionario	7
4. Antecedentes	8
5. Emplazamiento	10
6. Descripción de la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL	11
6.1. Descripción básica.	11
6.2. Descripción de los componentes.	13
6.2.1. Autómata Programable: Siemens Simatic S7-224.	13
6.2.2. Cuadro de Mando.	16
6.2.2.1. Pulsadores y seta de emergencia.	16
6.2.2.2. Indicadores luminosos de alarma.	17
6.2.2.3. Selectores.	19
6.2.2.4. Cableado del cuadro de mando.	19
6.2.3. Sensores.	20
6.2.3.1. Sensores presentes en el dispositivo de control de hilado.	20
6.2.3.2. Sensores presentes en la entrada de la máquina.	23
6.2.3.3. Sensores finales de carrera.	23
6.2.3.4. Interruptor de seguridad.	24
6.2.4. Actuadores.	24
6.2.4.1. Motores paso a paso.	24
6.2.4.2. Motor trifásico.	25
6.2.4.3. Controladores de los motores paso a paso.	25
6.2.5. Otros componentes.	26
6.2.5.1. Transformador 220-380-415/100V.	26
6.2.5.2. Transformador 380/220-24V.	27
6.2.5.3. Contactor DIELEM-10-G.	27
6.2.5.4. Fusible Z-SH.	27
6.2.5.5. Relé de seguridad PNOZ X.	28
6.2.5.6. Interruptor general de alimentación.	28
6.3. Resumen de los componentes de la máquina H222 EL.	29
7. Problemas presentados en la máquina	30
7.1. Suciedad acumulada.	30
7.2. Falta de documentación.	30
7.3. Dificultades en la comprensión del código original de la máquina.	31
7.4. Avería del dispositivo de control de hilado.	31

7.5. Selector de velocidad de rodillo defectuoso.	32
7.6. Pocas señales del cuadro de mando controladas por el PLC.	32
8. Entradas y Salidas del autómeta	33
8.1. Identificación de todas las entradas y salidas del autómeta.	33
8.2. Señales escogidas para el uso de la máquina acolchadora como planta de prácticas.	36
9. Puesta en marcha	38
10. Funcionamiento de la máquina	38
10.1. Primer ciclo de trabajo (Funcionamiento simple).	38
10.2. Segundo ciclo de trabajo (Funcionamiento complejo).	39
10.2.1. Modo de funcionamiento continuo.	39
10.2.2. Modo de funcionamiento cíclico.	40
11. Herramientas de programación	41
11.1. Diagramas GRAFCET.	41
11.2. Guía GEMMA.	44
11.3. KOP.	46
12. Programación de la máquina H222 EL	47
12.1. Guía GEMMA.	48
12.1.1. Funcionamiento Simple.	48
12.1.2. Funcionamiento Complejo.	49
12.2. Diagramas GRAFCET.	51
12.3. Programación en KOP.	51
12.4. Resultados finales.	56
12.4.1. Funcionamiento Simple.	56
12.4.2. Funcionamiento Complejo.	56
12.4.3. Material docente generado.	56
13. Bibliografía	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Planta FESTO.

Figura 4.2: Plantas Sidilab.

Figura 4.3: Papelera inteligente.

Figura 4.4: Planta FAS 4.0.

Figura 6.1: Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL.

Figura 6.2: Máquina de costura PFAFF 5483 - H.

Figura 6.3: Flujo de trabajo de la máquina.

Figura 6.4: Simatic S7-200 - CPU 224 DC/DC/DC.

Figura 6.5: Fuente de Alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO.

Figura 6.6: Autómata Siemens S7-224 y fuente de alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO dentro del cuadro eléctrico de la acolchadora.

Figura 6.7: Cuadro de mando.

Figura 6.8: Alarmas ubicadas en el panel de mando.

Figura 6.9: Interruptores térmicos relacionados con las alarmas del panel principal.

Figura 6.10: Indicador luminoso y termostato.

Figura 6.11: Selector para seleccionar el tamaño de la puntada.

Figura 6.12: Codificador rotatorio encargado de variar la velocidad del rodillo interior.

Figura 6.13: Cableado del panel de control.

Figura 6.14: Mando encargado del control de hilo.

Figura 6.15: Central de Control del Hilado (izquierda) y conexiones al mando (derecha).

Figura 6.16: Esquema eléctrico del mando.

Figura 6.17: Sensores IS3W-TS.

Figura 6.18: Rodillos ubicados en la entrada de la máquina.

Figura 6.19: Sensor de proximidad XS1M18PAS20D.

Figura 6.20: Interruptor de seguridad FR 2096 - M2K40.

Figura 6.21: Motor paso a paso Sanyo Denki 103-8932-6451.

Figura 6.22: Controlador MIND-B5 de los motores paso a paso.

Figura 6.23: Rectificador de onda completa para la tensión de entrada de los controladores.

Figura 6.24: Transformador 220-380-415/100V.

Figura 6.25: Transformador 220-380/24V.

Figura 6.26: Contactor Dielem-10-G.

Figura 6.27: Fusible Z-SH.

Figura 6.28: PNOZ X1.

Figura 6.29: Interruptor general de alimentación.

Figura 7.1: Vista trasera del selector de velocidades del rodillo interno.

Figura 8.1: Sensores que delimitan los finales de carrera.

Figura 8.2: Interruptor conectado a la señal I0.7 incorporado al panel de control.

Figura 11.1: Secuencia lineal de un GRAFCET.

Figura 11.2: Divergencia en “O” de un GRAFCET.

Figura 11.3: Divergencia en “Y” de un GRAFCET.

Figura 11.4: Forzado de congelación en GRAFCET.

Figura 11.5: Jerarquía de GRAFCET.

Figura 11.6: Diagrama normalizado de la guía GEMMA.

Figura 12.1: Guía GEMMA implementada para el funcionamiento simple.

Figura 12.2: Guía GEMMA implementada para el funcionamiento complejo.

Figura 12.3: Bloque PLS con la salida Q0.1 especificada.

Figura 12.4: Bloques MOV empleados para activar pulsos por la salida Q0.1.

Figura 12.5: Fragmento de código que guarda un valor de periodo en el espacio de memoria VW100, en función de la posición del potenciómetro.

Figura 12.6: Fragmento de código donde se muestra como el valor almacenado VW100 se traslada al espacio de memoria SMW68.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1: Características técnicas de la máquina acolchadora.

Tabla 6.2: Características básicas del S7-224.

Tabla 6.3: Características básicas de la Fuente de Alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO.

Tabla 6.4: Señales del Autómata asociadas al Panel de Mando.

Tabla 6.5: Especificaciones técnicas del motor trifásico.

Tabla 6.6: Componentes de la máquina H222 EL.

Tabla 8.1: Identificación de las entradas del autómata.

Tabla 8.2: Tabla de verdad de las entradas activas en el PLC en función de la posición del selector de velocidad del rodillo interno.

Tabla 8.3: Identificación de las salidas del autómata.

Tabla 8.4: Asignación de entradas y salidas del autómata.

Tabla 11.1: Elementos utilizados en la creación de los programas en el lenguaje KOP.

Tabla 12.1: Estados normalizados de la GUÍA GEMMA implementados en el funcionamiento simple.

Tabla 12.2: Estados normalizados de la GUÍA GEMMA implementados en el funcionamiento complejo.

Tabla 12.3: Zonas de memoria del autómata que se usan en la generación de pulsos para cada una de las salidas (Q0.0 y Q0.1).

Tabla 12.4: Entradas activas en el PLC y periodo fijado en función de la posición del selector de velocidad del rodillo interno.

1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Las normativas aplicables en este TFG son las siguientes:

- UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- Norma IEC 1131: Estandarización en la programación del control industrial. Estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar.
- Norma IEC 848: Preparación de diagramas funcionales para sistemas de control. Homologa el GRAFCET.
- Norma IEC 61131-3: Lenguajes de programación. Estandariza los lenguajes de programación en la automatización industrial.
- ADEPA (1981). GEMMA (Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts). Agence nationale pour le Développement de la Production Automatisée.
- Norma NFC-03-190 (Francia) y estándar DIN (Alemania) para la homologación del método de representación gráfica GRAFCET.

La máquina ha sido diseñada de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), aunque esto no compete a la realización del TFG.

Por otro lado, los balizamientos y las partes móviles presentes en la máquina, siguen lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

2. Objetivo

El objetivo principal del presente Trabajo Fin de Grado (TFG) es el de reparar y poner en marcha una máquina industrial real (cedida por una empresa particular a la Universidad de La Laguna) para ser empleada en la realización de las prácticas de los estudiantes que cursen las asignaturas relacionadas con la Automatización Industrial.

La máquina es una acolchadora electrónica de platabandas (laterales de los colchones). Se reparará la máquina y se realizará la readaptación de la automatización ya implantada en el controlador lógico programable presente en el sistema.

Adicionalmente, este proyecto está concebido para superar la asignatura de “Trabajo de Fin de Grado” de 12 ECTS, perteneciente al Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la Universidad de La Laguna (ULL).

3. Peticionario

- **PERSONA FÍSICA O JURÍDICA QUE HA ENCARGADO EL PROYECTO:**

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología. Universidad de La Laguna.

Dirección: Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, apartado 456. Campus Anchieta. San Cristóbal de La Laguna, 38206.

Nº de contacto del promotor: +34 922 84 50 31

- **DATOS DE LOS AUTORES DEL PROYECTO:**

Laura Lourdes Suárez Afonso alu0101232775@ull.edu.es
Ángel Marcos Trujillo Trujillo alu0101214559@ull.edu.es

- **RESPONSABLES DE LA TUTORÍA DEL PROYECTO:**

Tutora: Silvia Alayón Miranda silvia@isaatc.ull.es 922 84 50 56
Cotutor: Jonay Toledo Carrillo jonay@isaatc.ull.es 922 31 82 86

4. Antecedentes

Las experiencias prácticas en la enseñanza de la Automatización Industrial son de vital importancia, ya que permiten al estudiante poner en práctica los conceptos aprendidos, además de adquirir una concepción más real de cómo controlar un proceso industrial. Por este motivo, es importante utilizar sistemas lo más realistas posibles, y organizar sesiones dinámicas y participativas, que aumenten la motivación del alumnado.

Sin embargo, son muchas las universidades que carecen de equipos reales por motivos económicos y de espacio. En nuestra Escuela las prácticas de Automatización se realizan mayoritariamente sobre una planta a escala que simula un proceso industrial (la planta Festo [1]), y, en menor medida, se utilizan tres plantas de simulación de Sidilab [2] y una papelera inteligente que ha sido realizada en un TFG anterior [3]. En este último curso se ha adquirido una nueva planta de simulación, la estación FAS 4.0 [4], pero aún no se ha incorporado a las asignaturas de Automatización. A continuación, describiremos brevemente estos sistemas.

La planta industrial educativa FESTO [1] (Figura 4.1) está compuesta por 5 estaciones que simulan el procesado y la clasificación de piezas. Cada estación cuenta con diferentes sensores y actuadores conectados a un autómatas programable (S7-1200 o S7-1500, según la estación). Como esta planta es la más utilizada en la docencia de nuestra Escuela, ha sido objeto de varios TFGs anteriores [5-11].

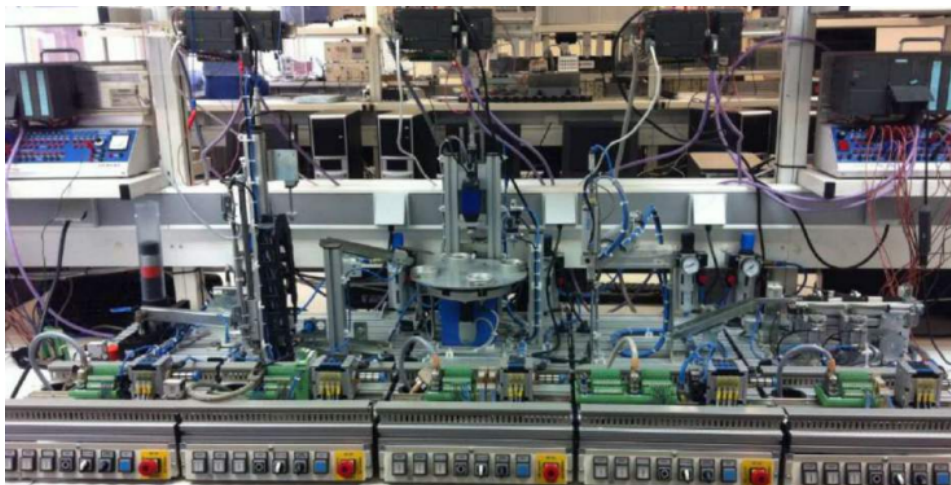


Figura 4.1: Planta FESTO.

Las plantas de Sidilab [2] son maquetas controladas con autómatas S7-200 que han tenido poco uso debido a su falta de robustez. En total el laboratorio de Automatización cuenta con tres: el elevador de palés, el puente grúa biaxial y el puente grúa Triaxial (Figura 4.2).

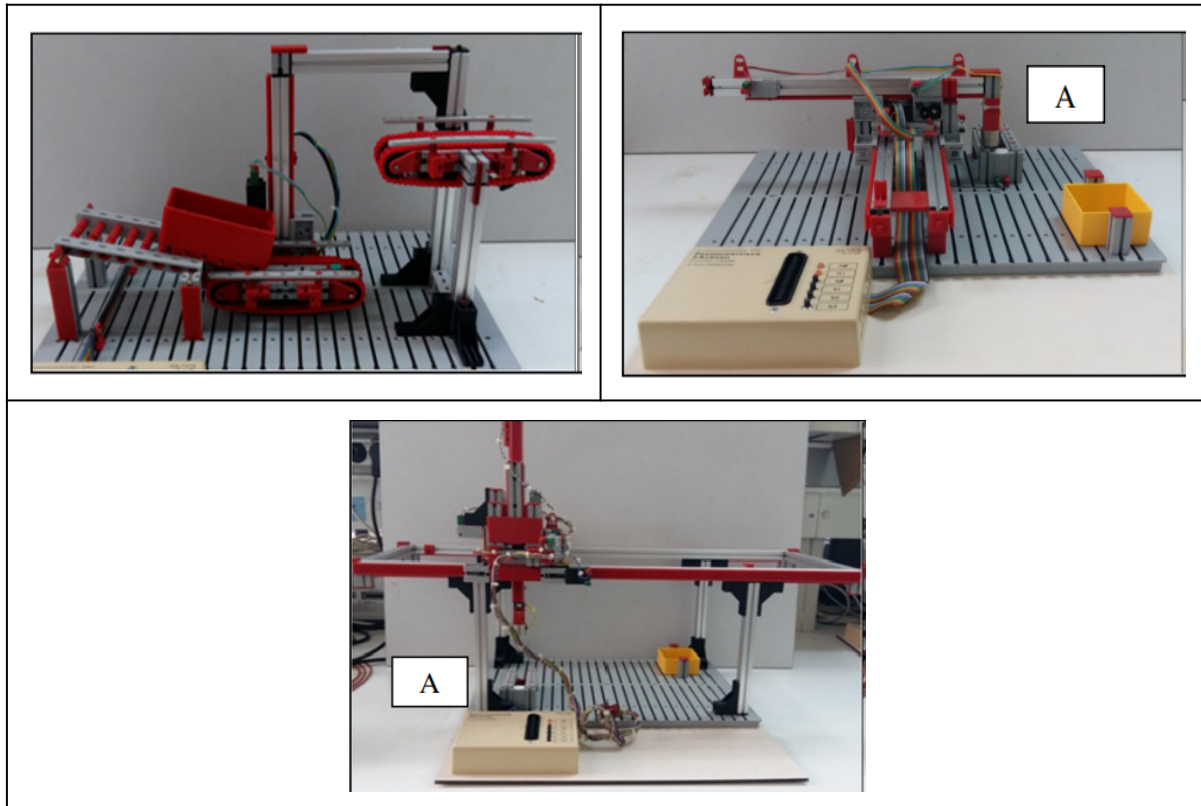


Figura 4.2: Plantas Sidilab.

Por otra parte, la papelera inteligente (Figura 4.3) es un sistema autónomo de identificación y clasificación de residuos reciclables controlada por un autómata S7-200. Esta papelera fue realizada en un TFG de la Universidad de La Laguna con el objetivo de ser utilizada en las prácticas de Automatización de los alumnos de máster [3].



Figura 4.3: Papelera inteligente.

La última adquisición para el laboratorio de Automatización de la Escuela es una planta de simulación compuesta por tres estaciones, como se muestra en la Figura 4.4, muy similares a las de la Planta Festo, pero de otro fabricante, SMC [4].

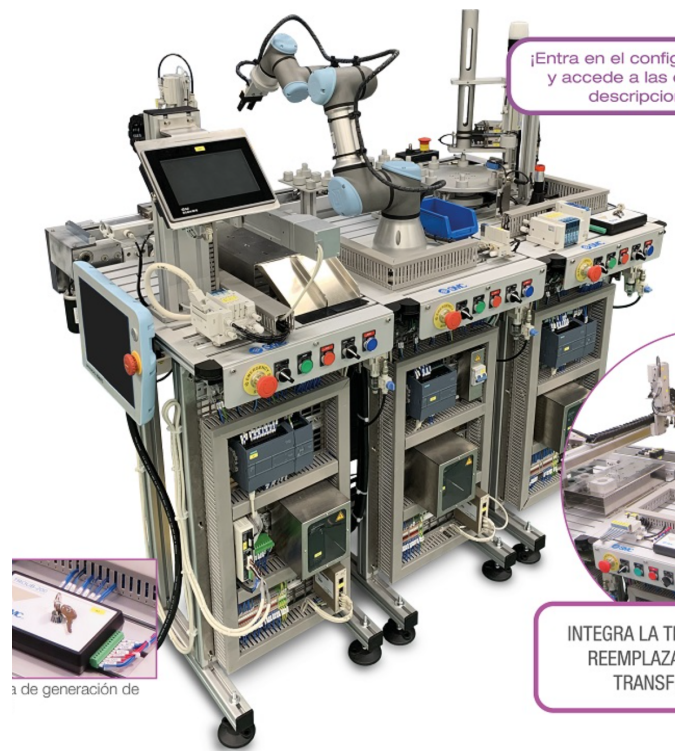


Figura 4.4: Planta FAS 4.0.

Con respecto a equipos industriales reales disponibles para prácticas docentes, la Escuela sólo dispone de dos máquinas en la nave, cedidas por una fábrica local, y relacionadas con la fabricación de colchones. La primera de ellas fue restaurada y puesta en marcha en un TFG anterior [12], pero aún no se ha utilizado en las prácticas porque falta ajustar el panel de mando programable que la controla. La segunda es la máquina objeto del presente TFG.

5. Emplazamiento

El presente proyecto ha sido realizado en San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Canarias. Concretamente en la Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, apartado 456 con CP 38206. La máquina industrial objeto de este TFG se encuentra en el interior de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología perteneciente a la Universidad de la Laguna, en una de las naves industriales, situada en el aparcamiento. Se podrá ver en mayor detalle la ubicación descrita en los Planos 1 y 2.

6. Descripción de la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

6.1. Descripción básica.

La Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL (Figura 6.1) es una unidad automática programable del fabricante Resta que sirve para coser las platabandas perimétricas de colchones con rellenos de guata u otros materiales, siendo las platabandas la banda tapizada que une la tapicería de ambos lados del colchón [13].

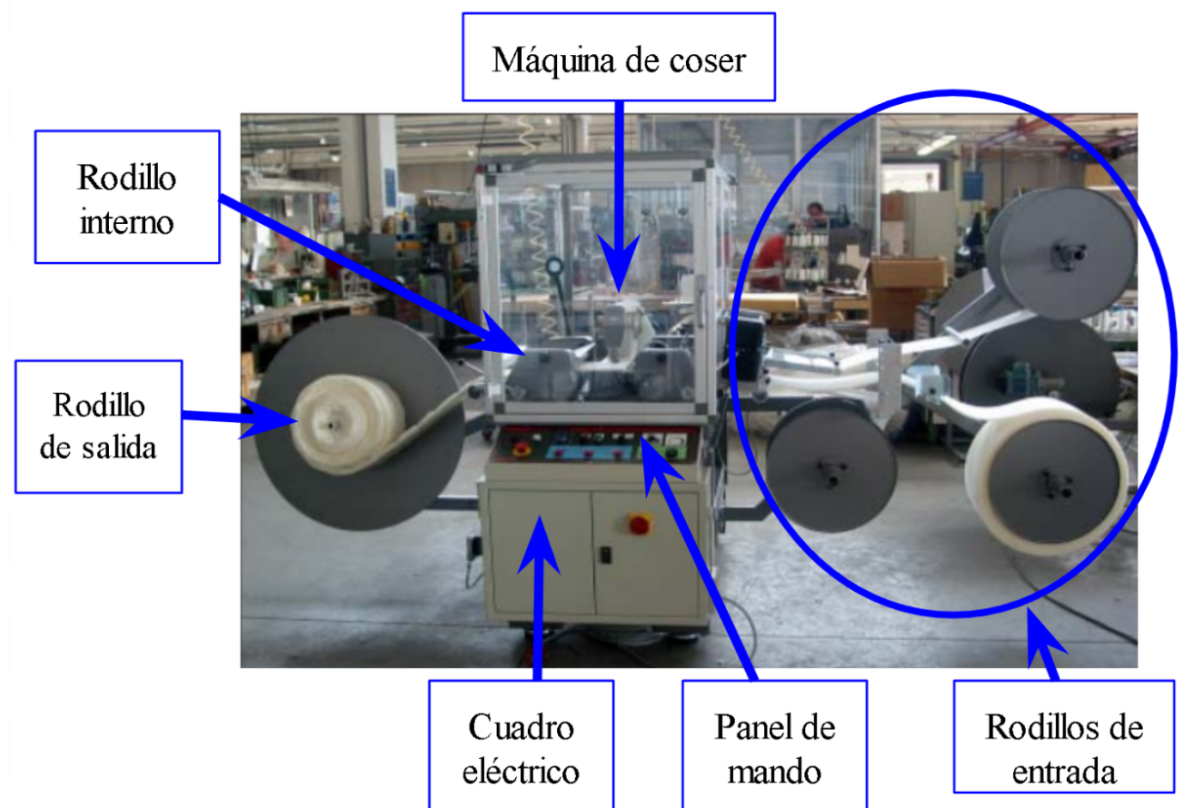


Figura 6.1: Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL. Foto extraída del manual de Instrucciones Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL [13].

Como se puede observar en la Figura 6.1, la acolchadora original cuenta con unos rodillos porta material de entrada y de salida, que no están disponibles en la máquina cedida a la Universidad de La Laguna. Por otro lado, en el interior se encuentra una máquina de coser 5483-H del fabricante PFAFF (Figura 6.2).



Figura 6.2: Máquina de costura PFAFF 5483 - H.

Para realizar cosidos transversales, se desplazará esta máquina de coser hacia delante y detrás mediante un motor paso a paso con ayuda de sensores de final de carrera para delimitar este movimiento. Para realizar cosidos diagonales, la tela se desplaza perpendicularmente a la máquina por medio de un rodillo interior controlado por otro motor paso a paso. En la Figura 6.3 se muestra un esquema gráfico del funcionamiento de la máquina, visto desde arriba, en el que se indican los movimientos básicos anteriormente indicados.

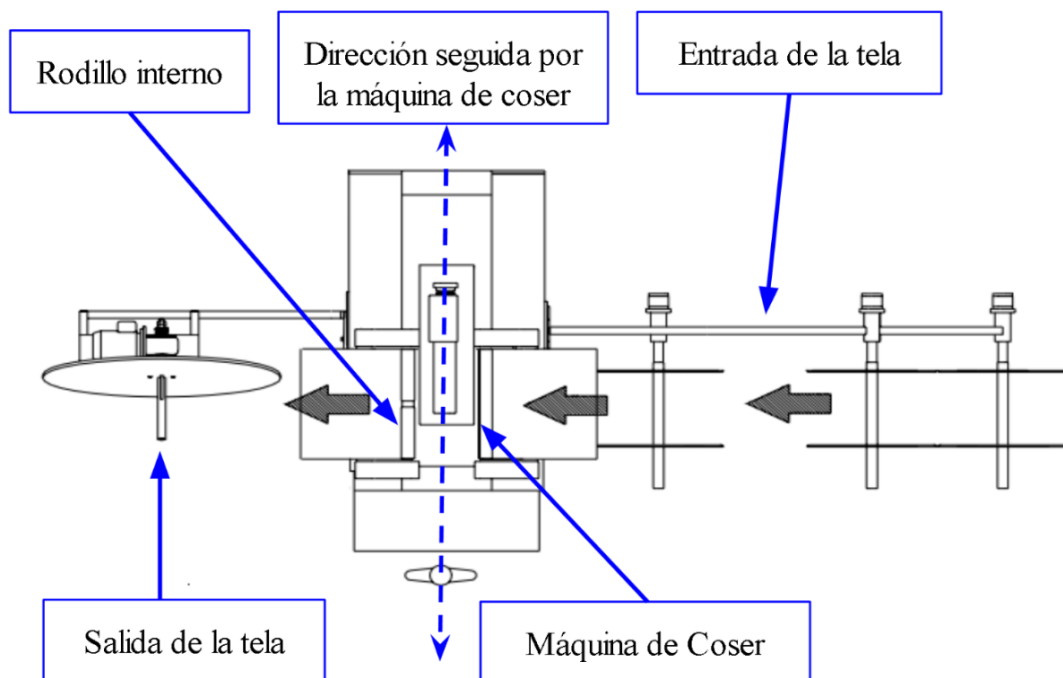


Figura 6.3: Flujo de trabajo de la máquina. Foto extraída del manual de Instrucciones Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL [13].

Las características técnicas de la máquina acolchadora H222 EL se muestran en la Tabla 6.1.

Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL	
Tensión Nominal	400 V \pm 5%
Frecuencia	50 Hz
Potencia Máxima Absorbida	3 KVa
Presión Sonora	< 70 dB (A)
Peso	743 DaN

Tabla 6.1: Características técnicas de la máquina acolchadora. Información extraída del manual de Instrucciones Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL [13].

Es importante indicar que la máquina dispone de varias protecciones eléctricas implementadas físicamente. En caso de que se abra una de las puertas de cristal móviles que rodean a la acolchadora, o se pulse la seta de emergencia del cuadro de mando, se detendrá cualquier acción que se esté ejecutando, quedando deshabilitadas todas las funciones automáticas (se deshabilitan los motores paso a paso). Para restablecer el funcionamiento normal de trabajo, será necesario cerrar la protección móvil, y pulsar el botón de “RESET” presente en el cuadro de mando, para permitir que la tensión llegue al cuadro eléctrico nuevamente.

Por otro lado, la apertura de la puerta del cuadro eléctrico provoca un corte de alimentación del sistema en general, incluyendo a los motores y al autómatas. Para restaurar la situación de trabajo, deberemos cerrar la puerta girando la cerradura, y volver a pulsar ON y RESET en el cuadro de mando para reiniciar el funcionamiento.

Los diferentes esquemas eléctricos de la máquina se adjuntan en el Anexo 1 del presente documento.

6.2. Descripción de los componentes.

El sistema de automatización de la máquina acolchadora H222 EL está compuesto por un autómatas programable, un cuadro de mando, y varios sensores y actuadores, que se describirán en detalle en los siguientes subapartados.

6.2.1. Autómatas Programable: Siemens Simatic S7-224.

El equipo S7- 224 (Figura 6.4), perteneciente a la familia Simatic S7-200 de Siemens, es un controlador lógico programable que se puede utilizar para numerosas tareas gracias a su diseño compacto y su amplio juego de operaciones [14]. Sus características básicas se muestran en la Tabla 6.2. Estos autómatas se programan con el software MICROWIN Step-7 [15].

Siemens Simatic S7-224	
Dimensiones físicas (mm)	120,5 x 80 x 62
Memoria del programa: - con edición en runtime - sin edición en runtime	8192 bytes 12288 bytes
Memoria de datos	8192 bytes
Memoria de backup	100 horas
E/S integradas - Digitales - Analógicas	14 E/10 S -
Módulos de ampliación	7 módulos
Contadores rápidos - Fase simple - Dos fases	6 a 30 kHz 4 a 20 kHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 20 kHz
Potenciómetros analógicos	2
Reloj de tiempo real	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS-485
Aritmética en coma flotante	Sí
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)
Velocidad de ejecución booleana	0.22 μ s/operación

Tabla 6.2: Características básicas del S7-224. Información extraída del manual del sistema de automatización S7-200 [14].

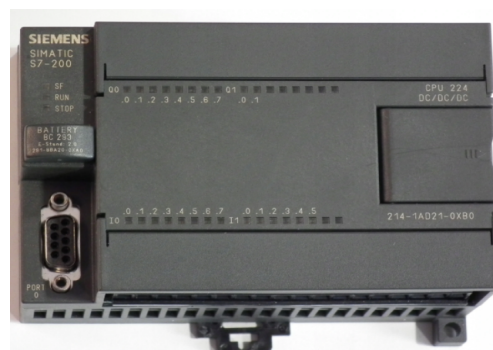


Figura 6.4: Simatic S7-200 - CPU 224 DC/DC/DC.

Este autómata programable se emplea para controlar el funcionamiento de la Acolchadora Electrónica de Platabandas, con la ayuda de un módulo de alimentación también de Siemens, modelo 6EP1332-1SH42 LOGO (Figura 6.5), cuyas características básicas se muestran en la Tabla 6.3.

Fuente de Alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO	
Rango de funcionamiento de entrada (V_{in})	100-240 V
Tensión nominal de salida (V_{out})	24 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia activa suministrada	60 W
Rendimiento	87%
Rango del valor de la corriente de salida	0-2,5 A
Número de unidades conmutables paralelas para mejorar rendimiento	2

Tabla 6.3: Características básicas de la Fuente de Alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO. Información extraída del datasheet del sistema de Siemens 6EP1332-1SH42 [16].



Figura 6.5: Fuente de Alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO.

En la Figura 6.6 se muestran estos dos componentes dentro del cuadro eléctrico de la máquina acolchadora objeto de este TFG.



Figura 6.6: Autómata Siemens S7-224 y fuente de alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO dentro del cuadro eléctrico de la acolchadora.

6.2.2. Cuadro de Mando.

El cuadro de mando está ubicado en la parte frontal de la Acolchadora sobre el cuadro eléctrico, y permite al usuario interactuar con la máquina por medio de los diversos botones que la componen. Como vemos en la Figura 6.7, se compone de diversos pulsadores: “OFF”, “ON”, “RESET”, “STOP” y “START”, una seta de emergencia, varios selectores y varias luces de señalización.



Figura 6.7: Cuadro de mando.

6.2.2.1. Pulsadores y seta de emergencia.

Los pulsadores ON y OFF controlan el suministro de tensión de la máquina, siendo ON el que se encarga de permitir el paso de la corriente, y OFF el que corta este paso. La seta de emergencia es capaz de detener cualquier movimiento en la máquina, ya que corta el suministro a los motores cuando se presiona.

Por otro lado, RESET se encarga de alimentar los controladores de los diferentes motores presentes en la máquina, por tanto, este deberá ser accionado al comienzo del ciclo de trabajo de la máquina, o, como se indicó anteriormente, tras desactivar alguna de las protecciones eléctricas físicas (los paneles móviles de cristal, la puerta del cuadro eléctrico o la seta de emergencia). Hasta que no se pulse no se producirán movimientos. Este pulsador cuenta con una luz en su interior que se encuentra encendida tras dar tensión a la máquina con la pulsación de ON y se apaga tras pulsarse por primera vez en el ciclo. Se trata de una luz no controlada por medio del autómat.

Es importante destacar que ON, OFF y la seta de emergencia, no están conectados al autómat programable del equipo. En cambio, los pulsadores START, RESET y STOP sí están conectados a entradas del autómat, y, por tanto, pueden ser utilizados en la programación del funcionamiento de la máquina. Los datasheet correspondientes a los elementos presentes en el panel de control se pueden consultar en [17].

6.2.2.2. Indicadores luminosos de alarma.

Las luces de señalización presentes en el cuadro de mando indican tres tipos de alarmas diferentes (Figura 6.8):

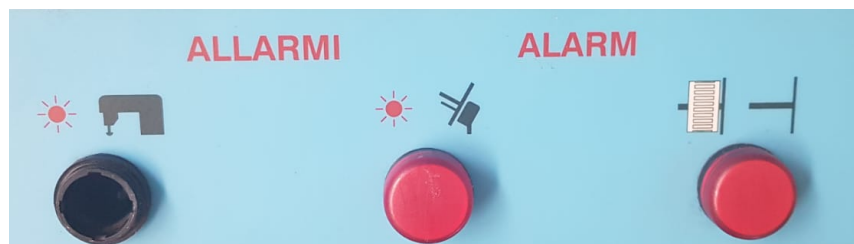


Figura 6.8: Alarmas ubicadas en el panel de mando.

- **Señal luminosa izquierda** (con el símbolo de la máquina de coser): este indicador se activa si hay alguna avería en las piezas implicadas en el movimiento de la máquina de coser o en la cabeza de la misma, donde está la aguja que realiza el cosido. Según el manual de la máquina [13] esta avería puede ocurrir si hay falta de lubricación en los elementos móviles relacionados. Esta luz de alarma se encenderá independientemente del autómat.
- **Señal luminosa central** (con el símbolo del enrollador de platabandas): se activa cuando el rodillo enrollador de las platabandas sufre un bloqueo debido a averías mecánicas. Esta luz se encenderá independientemente del autómat.
- **Señal luminosa derecha**: Esta luz está conectada al autómat, por lo que se puede usar para indicar una situación de alarma controlada por el programa.

Según lo establecido en el manual del fabricante, para apagar las alarmas izquierda y central, y restablecer el funcionamiento de la acolchadora, es necesario abrir el cuadro eléctrico y pulsar el botón RESET presente en los interruptores térmicos (Figura 6.9). Estos interruptores permiten regular la intensidad que circula por ellos mediante el potenciómetro amarillo de la figura. En caso de circular más intensidad de la allí seleccionada, el interruptor corta la tensión,

enciendiendo la luz de alarma correspondiente, por lo que sería necesario pulsar RESET (botón rojo del interruptor térmico que podemos ver también en la misma figura) para rearmar los interruptores y apagar las alarmas.

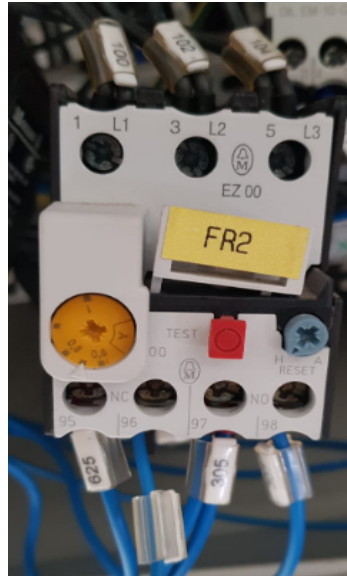


Figura 6.9: Interruptores térmicos relacionados con las alarmas del panel principal.

Por último, el panel de mando dispone de un termostato que permite regular la temperatura de los rodillos que permiten el planchado del material de entrada. Hay un indicador luminoso, ubicado junto al termostato, que indica el accionamiento del mismo (Figura 6.10). El funcionamiento de ambos componentes es independiente del autómat.

Aunque en nuestro TFG no es necesario el uso de sistema calefactor, hemos estudiado su comportamiento. El sistema consta de un tubo de cobre en el que hay contenido un gas que ejerce presión sobre un resorte, de manera que cuando la temperatura aumenta se origina un aumento de la presión ejercida por el gas. Con el selector de la temperatura, se regula la fuerza necesaria que es necesario aplicar sobre el resorte, que se encarga de activar y desactivar el calefactor. Seleccionando una temperatura mayor, se indica mayor presión, activando el calefactor disponible en la máquina hasta alcanzar la temperatura deseada. Una vez alcanzada, la fuerza ejercida en el resorte desconecta el calefactor. Del mismo modo, el resorte volverá a activar este elemento cuando la temperatura esté por debajo de la seleccionada.



Figura 6.10: Indicador luminoso y termostato.

6.2.2.3. Selectores.

El panel dispone de un selector que permite seleccionar el tamaño de la puntada que realiza la aguja de la máquina de coser. Con el selector en la posición “paso simple” la máquina ejecutará un bordado de puntadas equidistantes. En cambio, en la posición de “triple paso” la máquina separa las puntadas el triple de distancia (Figura 6.11).

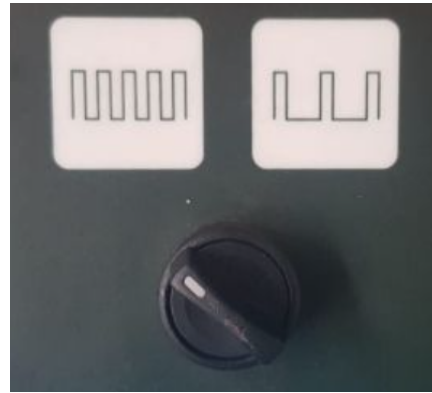


Figura 6.11: Selector para seleccionar el tamaño de la puntada.

Por otro lado, también se dispone de un selector con 12 posiciones diferentes (Figura 6.12). Se trata de un codificador rotatorio que transfiere la posición angular escogida al autómata programable a través de 4 entradas del autómata. Este selector se utiliza para variar la velocidad del rodillo interior de la acolchadora.



Figura 6.12: Codificador rotatorio encargado de variar la velocidad del rodillo interior.

6.2.2.4. Cableado del cuadro de mando.

Para comprender la implicación de los componentes del cuadro de mando en el código inicial del autómata, nos dispusimos a desmontar este (Figura 6.13) para así relacionar qué entradas y salidas del PLC estaban asociadas con cada uno de los elementos que dispone. En la Tabla 6.4 se muestran los componentes del cuadro de mando conectados a entradas y salidas del autómata.

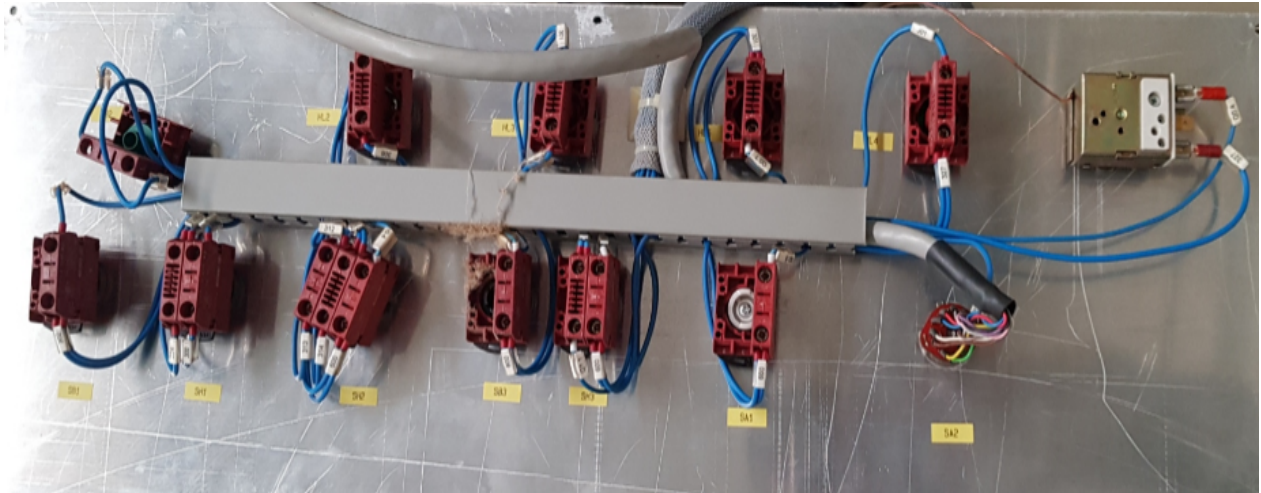


Figura 6.13: Cableado del panel de control.

Elemento del cuadro de mando	Entradas y salidas del autómata
STOP	I0.3
START	I0.2 Q1.1 (luz del botón)
RESET	I0.4
Selector del tamaño de la puntada	I0.5
Codificador rotatorio	I1.1, I1.2, I1.3, I1.4
Termostato	Q0.4 Q0.7 (Señal luminosa derecha del cuadro)

Tabla 6.4: Señales del Autómata asociadas al Panel de Mando.

Con esto comprobamos que los pulsadores ON y OFF, las alarmas izquierda y central, y la seta de emergencia no están conectadas con el autómata, y, por tanto, no pueden ser controladas desde el programa.

6.2.3. Sensores.

6.2.3.1. Sensores presentes en el dispositivo de control de hilado.

La máquina dispone de un dispositivo de control del hilo que se compone de un mando y de dos sensores IS3W-TS. Este dispositivo nos permitirá conocer a través de diversos indicadores luminosos el estado de la circulación del hilo.



Figura 6.14: Mando encargado del control de hilo.

En el mando está presente un interruptor para el encendido y apagado del dispositivo de control y una señal luminosa que se enciende cuando no hay circulación de hilo (Figura 6.15). Esta luz se enciende o apaga según la información que transmite un optoacoplador [18], que recibe la señal de activación/desactivación de los sensores IS3W-TS, y realiza una comparación ajustada por los potenciómetros. Posteriormente se dispara y activa el transistor, activando y desactivando la señal luminosa y la señal de un Opto-Mosfet [19]. Adicionalmente, el mando está compuesto por un condensador electrolítico [20], un puente de diodos e interruptor que en conjunto funcionan como una fuente de alimentación.

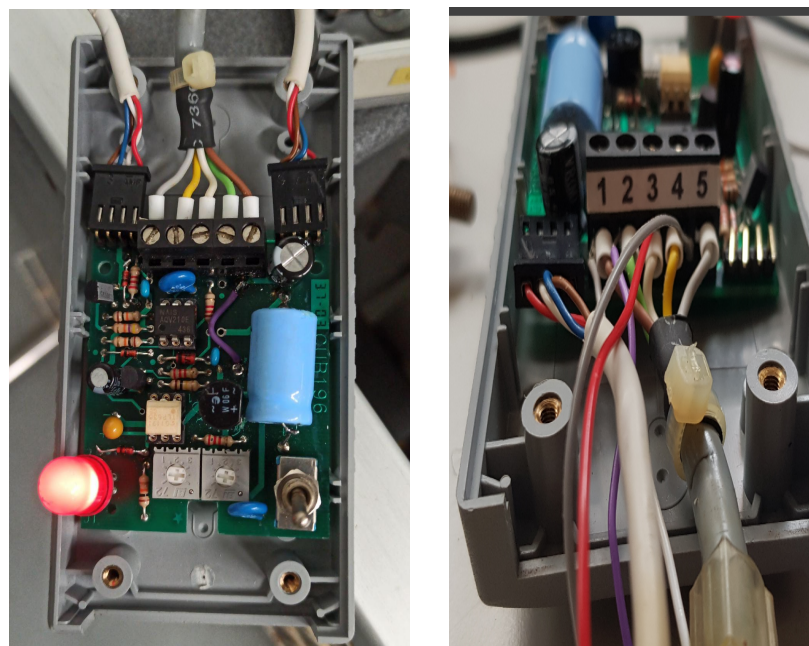


Figura 6.15: Central de Control del Hilado (izquierda) y conexiones al mando (derecha).

Respecto a las conexiones que se muestran en la Figura 6.15 derecha, las etiquetas 1 y 5 están conectadas a 24 V y la etiqueta 2 a tierra. El pin 3 se conecta a una salida del autómata, la Q1.0, que será la encargada de deshabilitar el funcionamiento del mando (cuando Q1.0 está a 1 . El

Estos sensores disponen de una ventanilla transparente con dos indicadores luminosos, que nos informarán del estado del movimiento del hilo, de manera que:

- Indicador rojo: hilo detenido o faltante.
- Indicador verde: circulación del hilo correcta.
- Indicadores rojo y verde apagados: sensor desactivado.

6.2.3.2. Sensores presentes en la entrada de la máquina.

En la entrada de la máquina se encuentran tres rodillos de acero (Figura 6.18), que se pueden calentar para plegar los bordes de la platabanda y plancharla, antes de que la máquina de coser comience el bordado. El termostato que se ubica en el panel de mando explicado anteriormente permite regular la temperatura de los rodillos. En nuestros ejemplos de implementación, por la seguridad del alumnado al que se dirigen, se ha decidido no hacer uso del termostato.



Figura 6.18: Rodillos ubicados en la entrada de la máquina.

6.2.3.3. Sensores finales de carrera.

En el interior de la máquina acolchadora se encuentra la máquina de coser PFAFF, que se puede desplazar entre dos posiciones. Para controlar este movimiento es necesario disponer de dos finales de carrera.

Estos finales de carrera son sensores de proximidad inductivos, capaces de detectar la placa de metal que se encuentra en uno de los soportes de la máquina de coser. Concretamente la máquina cuenta con dos sensores XS1M18PAS20D [21] (Figura 6.19).

Estos sensores, detectan la proximidad de piezas metálicas a una distancia nominal de 5 mm. Están formados por un circuito oscilador LC con alta frecuencia de resonancia. La presencia del metal altera el circuito magnético y hace variar la amplitud de la oscilación generada por el circuito [22].



Figura 6.19: Sensor de proximidad XS1M18PAS20D.

6.2.3.4. Interruptor de seguridad.

El interruptor de seguridad FR 2096 - M2K40 [23] (Figura 6.20) del fabricante Pizzato, forma parte del sistema de protección móvil que se encuentra en la parte superior de las puertas de la máquina. Su principal función es detectar si están abiertas o cerradas. Recordemos que en caso de que se abra la puerta de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL, se detendrá cualquier acción que se esté ejecutando y se deshabilitarán todos los motores de la máquina, y con ello, todas las funciones automáticas y movimientos, hasta el cierre de la misma y la pulsación del botón de RESET.



Figura 6.20: Interruptor de seguridad FR 2096 - M2K40.

6.2.4. Actuadores.

6.2.4.1. Motores paso a paso.

En la máquina acolchadora se encuentran disponibles dos motores paso a paso, uno para controlar el movimiento de la máquina de costura, y otro para el rodillo ubicado en el interior de la máquina.

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados dependiendo de sus entradas de control. Este motor presenta las ventajas de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento, por tanto, nos permitirá realizar los cosidos de la platabanda de forma controlada por el programa. Los motores paso a paso presentes en la máquina son los motores Sanyo Denki 103-8932-6451 [24].



Figura 6.21: Motor paso a paso Sanyo Denki 103-8932-6451.

6.2.4.2. Motor trifásico.

El motor trifásico ABB Motors IP55 IEC 34 es el encargado de controlar el movimiento vertical de la aguja de la máquina de costura. Este se mantiene girando a una velocidad fija de 2760 rpm. En la Tabla 6.5, podemos observar las características técnicas del mismo.

Motor 3 ~ Cl.F IP55 IEC34 MU63BB11-2 MK129004-S					
V	Hz	min^{-1}	kW	A	Cos φ
380 - 420 Y 220 - 240 D	50	2760	0.37	1.10 1.90	0.78
440 - 480 Y 250 - 280 D	60	3370	0.45	1.10 1.90	0.80

Tabla 6.5: Especificaciones técnicas del motor trifásico.

6.2.4.3. Controladores de los motores paso a paso.

Para el control del funcionamiento de los motores paso a paso de los que se dispone en la acolchadora, se hace uso de dos módulos MIND B5 [25] fabricados por RTA, uno para cada motor paso a paso. Podemos ver estos en la Figura 6.22.



Figura 6.22: Controlador MIND-B5 de los motores paso a paso.

Estos controladores cuentan con un rectificador de onda completa conectado en su entrada para transformar la corriente alterna de alimentación en la corriente continua necesaria para la generación de pulsos que serán empleados por los motores.

Este rectificador de onda completa está formado por un puente de diodos, un condensador con una capacitancia de $4700 \mu\text{F}$ [20] y una resistencia de descarga de $3\text{k}\Omega$, utilizada para reducir la carga eléctrica almacenada en el condensador tras la desconexión del mismo (Figura 6.23).

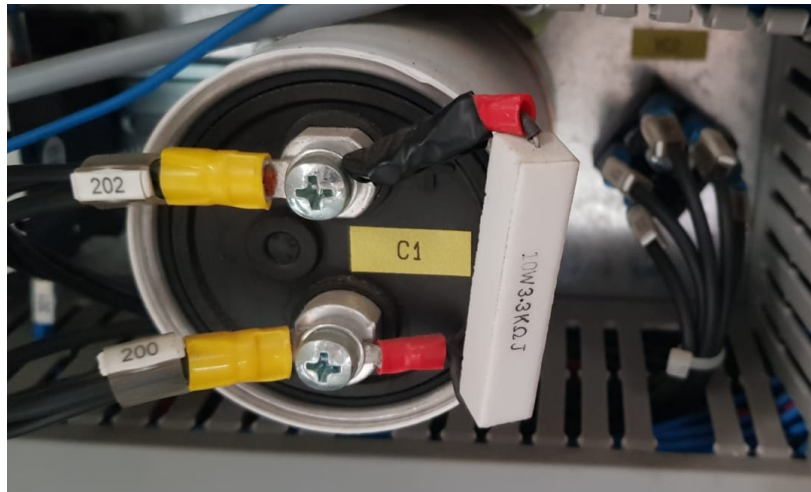


Figura 6.23: Rectificador de onda completa para la tensión de entrada de los controladores.

6.2.5. Otros componentes.

6.2.5.1. Transformador 220-380-415/100V.

El transformador trifásico 220-380-415/100V empleado en la máquina Acolchadora Electrónica de platabandas H222 EL (Figura 6.24).se emplea con la finalidad de reducir el voltaje de alimentación y adecuarlo a los motores paso a paso.



Figura 6.24: Transformador 220-380-415/100V.

6.2.5.2. Transformador 380/220-24V.

El Transformador 380/220-24V (Figura 6.25) tiene como finalidad obtener una tensión de 24V para poder alimentar al rodillo interno, y una tensión de 220 V para alimentar tanto a la fuente de alimentación del autómatas como a los diferentes relés y componentes que dispone la máquina.



Figura 6.25: Transformador 220-380/24V.

6.2.5.3. Contactor DIELEM-10-G.

El Contactor DILEM-10-G del fabricante Eaton Moeller [26] (Figura 6.26) es un mini contactor de tres polos con contactos normalmente abiertos. Son una solución compacta para aplicaciones que requieren control de pequeños motores o cargas. Tiene por objetivo completar las protecciones y los circuitos automáticos de mando y control de los motores eléctricos.



Figura 6.26: Contactor Dielem-10-G.

6.2.5.4. Fusible Z-SH.

Los fusibles Z-SH [27] de la marca Eaton Electric (Figura 6.27) son componentes de seguridad que dejan pasar la corriente en situación normal, pero en caso de anomalía, la cortan e

impiden que llegue a la instalación para prevenir que se produzcan daños mayores en el sistema. En la instalación eléctrica se emplean tanto fusibles unipolares, bipolares y tripolares, que servirán para proteger de manera óptima los circuitos que puedan requerir picos de tensión y/o corriente.



Figura 6.27: Fusible Z-SH.

6.2.5.5. Relé de seguridad PNOZX.

El dispositivo de seguridad PNOZ X1 [28] del fabricante Pilz (Figura 6.28), es un dispositivo que se emplea para provocar una interrupción en un circuito por motivos de seguridad. Se emplea con el objetivo de supervisar los pulsadores de parada de emergencia. El dispositivo cumple con los requisitos de las normas EN 60204-1 e IEC 60204-1.



Figura 6.28: PNOZ X1.

6.2.5.6. Interruptor general de alimentación.

El interruptor general de alimentación dispuesto en el cuadro eléctrico y conectado con la cerradura de la puerta de este cuadro, está compuesto por un interruptor principal modelo VARIO VCCF3 63A del fabricante Schneider Electric y de una manija roja con placa frontal amarilla KCF2PZ [29] (Figura 6.29).



Figura 6.29: Interrupor general de alimentación.

En caso de que se abra la puerta del cuadro, se realizará el corte de alimentación del sistema en general, incluyendo a los motores y al autómeta. Para restaurar la situación de trabajo, se debe cerrar la puerta girando la cerradura, y volver a pulsar ON y RESET en el cuadro de mando para reiniciar el funcionamiento.

6.3. Resumen de los componentes de la máquina H222 EL.

En la Tabla 6.6 se muestran todos los componentes de la Acolchadora Electrónica de Platabandas.

	Cantidad	Descripción
COMPONENTES PRINCIPALES	1	Simatic S7-200 - CPU 224 DC/DC/DC
	1	Máquina de costura PFAFF 5483
SENSORES	2	Sensor IS3W-TS
	1	Mando encargado del control de hilo
	1	Termostato
	2	Sensor FR 2096 – M2K40.
	2	Sensor de proximidad XS1M18PAS20D
ACTUADORES	2	Motor paso a paso Sanyo Denki 103-8932-6451
	1	Motor trifásico ABB Motors IP55 IEC 34
	2	Controlador MIND-B5
ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN	1	Transformador 220-380-415/100V
	1	Transformador 220-380/24V
	1	Fuente de Alimentación Siemens 6EP1332-1SH42 LOGO
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	1	Dispositivo de seguridad PNOZ X1
	11	Fusible Z-SH
	5	Contacto Moeller DIELEM-10-G
	2	Interrupor térmico Moeller EZ-00
	1	Interrupor principal VARIO VCCF3

	Cantidad	Descripción
CUADRO DE MANDO	5	Pulsador
	1	Seta de emergencia
	1	Selector
	1	Interruptor
	1	Codificador rotatorio
	4	Indicadores luminosos
OTROS COMPONENTES	2	Puente de diodos
	1	Condensador de 4700 μ F
	1	Resistencia de descarga de 3k Ω
	2	Ventilador

Tabla 6.6: Componentes de la máquina H222 EL.

7. Problemas presentados en la máquina

7.1. Suciedad acumulada.

Debido al tiempo de inoperatividad de la máquina, se acumuló mucho polvo y suciedad en ella, y se oxidaron algunos de los componentes metálicos, como los rodillos por los que circula el material en el interior de la acolchadora, o las protecciones fijas del inferior de la misma. Por este motivo, el primer paso a seguir en la ejecución del presente TFG fue llevar a cabo una limpieza profunda del polvo presente en las zonas accesibles de la máquina.

Respecto al óxido, hemos comprobado que su presencia no impide el funcionamiento de la máquina para ser empleada con fines académicos, por lo que se ha dejado tal cual estaba.

7.2. Falta de documentación.

Inicialmente, no disponíamos de ningún tipo de material relacionado con la máquina. Además, no encontramos ninguna web que aportara información específica de esta acolchadora electrónica. Por este motivo, contactamos con la empresa que fabricó la máquina, “*Resta S.L.*” [30], una empresa italiana especializada en la fabricación de máquinas automáticas para la producción de colchones, edredones y acolchados. Esta empresa nos facilitó el manual de instrucciones de la máquina, lo que fue imprescindible para poder comprender su funcionamiento. En la esta memoria de TFG no se adjunta el manual porque no puede ser publicado ni distribuido, según las normas establecidas por la empresa.

7.3. Dificultades en la comprensión del código original de la máquina.

Tras realizar la conexión entre el PLC de la máquina acolchadora y un ordenador, pudimos descargar y estudiar el código original que controlaba la máquina. El código estaba bien estructurado y dividido en subrutinas, sólo identificadas por un nombre en italiano, sin comentarios ni aclaraciones adicionales.

Nuestro primer objetivo fue identificar qué partes de la máquina acolchadora estaban físicamente conectadas a las entradas y salidas del autómat. Algunas de estas conexiones las descubrimos al desatornillar el cuadro de mando y analizar el cuadro eléctrico, pero otras tuvimos que buscarlas en el código del PLC de la máquina.

Aunque fuimos capaces de descifrar la mayor parte del código, y relacionarlo con el funcionamiento de la máquina descrito en su manual, descubrimos partes que no podíamos probar, puesto que la máquina con la que trabajamos carece de algunos elementos físicos. Por ejemplo, al no disponer de los rodillos de entrada y de salida de material, no pudimos depurar las subrutinas del código relativas a estas tareas.

Por otro lado, para el control de los motores paso a paso encontramos varias subrutinas que llamaban a bloques de código cerrados, bloques sin ningún tipo de información sobre el significado de sus entradas y salidas. El uso de estas “cajas negras” no es lo más conveniente para nuestro objetivo final, que es que los estudiantes puedan controlar estos motores paso a paso directamente y comprendiendo cómo se hace. Por lo tanto, decidimos prescindir de estas subrutinas e investigar cómo podíamos controlar los motores paso a paso con el PLC de un modo más directo y transparente.

7.4. Avería del dispositivo de control de hilado.

Al revisar el funcionamiento de todos los componentes de la máquina descubrimos que el dispositivo de control de hilado no funcionaba. No era una avería que interrumpiera el funcionamiento de la máquina, ya que cuando el dispositivo de control de hilado está desconectado (lo que se indica cuando la señal luminosa que dispone el mando está apagada), el autómat entiende que el hilo está circulando correctamente. Esto es así porque hay una entrada del autómat conectada al dispositivo de control de hilado para recibir la información del estado del hilado. El dispositivo de control de hilado pone esta entrada a 0 cuando el hilo circula correctamente, pero también la entrada está a 0 si el dispositivo está desconectado. Esto nos hace pensar que tal vez el dispositivo ya estaba averiado cuando la máquina acolchadora se usaba en la fábrica que la cedió a la ULL, y que, por tanto, los operarios que la manejaban pudieron no percatarse del fallo.

El manual de la máquina no describía el funcionamiento interno del dispositivo de control de hilado, por lo que fue necesario que lo abriéramos e investigáramos, para detectar por qué fallaba y por qué eso no parecía afectar al proceso. Lo primero que observamos es que los indicadores luminosos de los sensores de hilado no se encendían, lo que podría ser debido a que no estaban siendo alimentados por el mando.

El siguiente paso, por tanto, fue abrir el mando y analizar la placa que se ve en la Figura 6.15, comprobando cada componente, para ver cuál era el que fallaba. Hecho esto, vimos que el

condensador de tantalio provocaba un cortocircuito en la placa, y que el puente de diodos no funcionaba correctamente. Como solución se procedió a cambiar dichos componentes y conectarlos de la forma adecuada, haciendo así, que el dispositivo de control del hilo funcionase de nuevo.

Como el objetivo de este TFG es preparar la máquina para que pueda ser una planta de prácticas para los estudiantes de automatización, no se va a usar para coser realmente, y por tanto, no va a tener nunca hilo real. Esto significa que el dispositivo de control de hilo, si se habilita, va a señalar error de circulación de hilo todo el tiempo. Aprovecharemos entonces el funcionamiento del mando para simular un fallo en la producción (cuando se activa) o producción sin fallos (cuando se desactiva).

7.5. Selector de velocidad de rodillo defectuoso.

El selector de la velocidad del rodillo interno de la máquina tenía el potenciómetro mal ajustado y se saltaba varios números en la selección, ya que, al girar y seleccionar un valor u otro, este no se veía siempre reflejado en las señales de entrada del autómata.

Para solucionar este problema, fue necesario, por una parte, abrir el panel principal de la acolchadora donde se encuentra este selector, y por otra, descifrar el código que tenía implementado la máquina anteriormente, para entender qué señales debían encenderse al seleccionar cada valor del codificador. Posteriormente, se ajustó el codificador hasta hacer coincidir el número que se marcaba con las señales de entrada del autómata encendidas. Finalmente se ancló con una pestaña el selector al panel, como se muestra en la Figura 7.1.

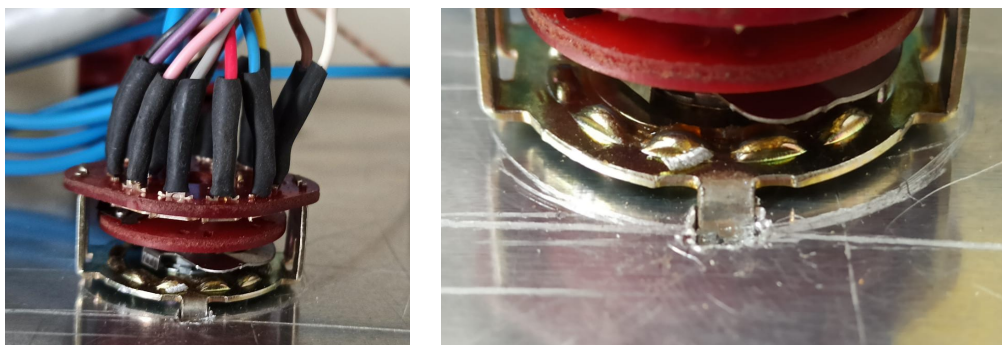


Figura 7.1: Vista trasera del selector de velocidades del rodillo interno.

7.6. Pocas señales del cuadro de mando controladas por el PLC.

Una vez identificadas las señales del panel de mando, se observó que no todas estaban conectadas al autómata. De hecho, son pocas las que pueden ser controladas por el PLC, lo que limita bastante los estados de la guía GEMMA aplicables en la máquina. Por este motivo, cuando descubrimos que había una entrada del PLC libre (la I0.7), la conectamos a un interruptor, y añadimos una nueva señal al panel de mando. Esta señal puede ser utilizada de diferente manera, según el modo de funcionamiento que se programe.

8. Entradas y Salidas del autómeta

8.1. Identificación de todas las entradas y salidas del autómeta.

Una vez analizados y reparados los componentes de la máquina, se procedió a identificar las diferentes señales presentes en el código original y las conexiones del panel de mando con el PLC. En la Tabla 8.1 se muestra a qué señales están conectadas las entradas del autómeta.

Entrada S7-200	Señal física
I0.0	Final de carrera 1
I0.1	Final de carrera 2
I0.2	Pulsador START
I0.3	Pulsador STOP con lógica inversa
I0.4	Pulsador RESET
I0.5	Selector de tamaño de puntada
I0.6	Detección de fallo en la circulación del hilo
I0.7	Sin uso
I1.0	Señal activada con la pulsación de RESET
I1.5	Señal activada con la pulsación de RESET
I1.1 - I1.4	Entradas conectadas al selector de velocidad del rodillo interno

Tabla 8.1: Identificación de las entradas del autómeta.

En la Figura 8.1, se muestran la disposición que siguen los sensores que delimitan los finales de carrera.

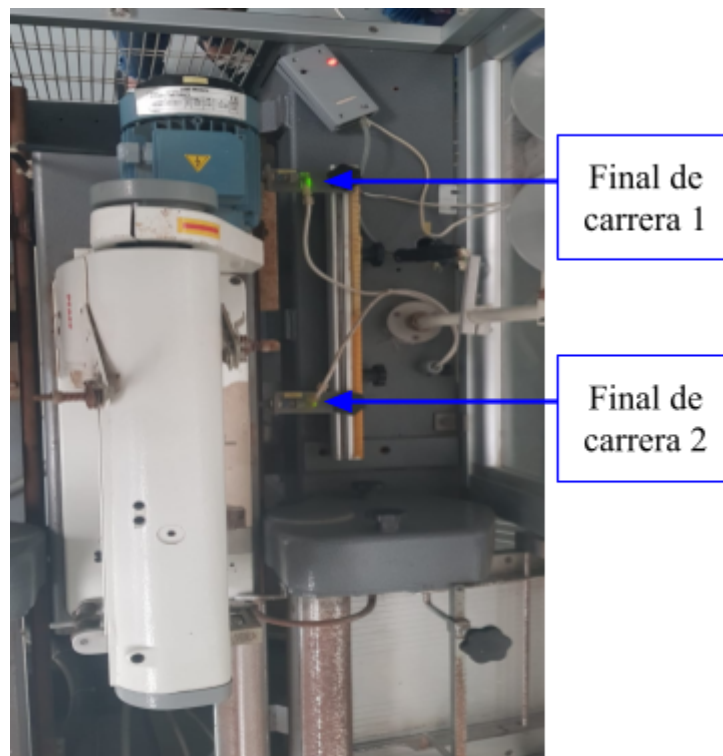


Figura 8.1: Sensores que delimitan los finales de carrera.

Destacamos que la señal I0.3, correspondiente al pulsador STOP, sigue una lógica inversa, esto es, señal apagada cuando se pulsa y encendida el resto del ciclo. A su vez, se aclara que, en caso del selector del tamaño de puntada, la señal I0.5 estará activa cuando se escoja “Triple paso”. La señal I0.6 se pone a 1 cuando se detecta que el hilo no circula, y a 0 si no hay fallo de hilo o el mando está desactivado.

En el caso de la señal I0.7, después de analizar el código original del PLC de la acolchadora, suponemos que se encargaba de detectar fallos en la circulación del material, actuando de forma similar a la señal I0.6 de control de hilado. Pero como la máquina con la que trabajamos carece de esa parte de introducción de material, esta entrada del autómata no tiene sensor conectado. Por tanto, esta señal fue la que se empleó para el uso del interruptor que se añadió posteriormente al panel de mando.

Las señales I1.0 e I1.5 son las encargadas de alimentar los controladores de los motores paso a paso, tras la pulsación del botón de RESET del pupitre de control.

Las entradas relacionadas con el selector de velocidad del rodillo interno siguen la secuencia descrita en la Tabla 8.2.

Posición seleccionada	Dirección S7-200			
	I1.1	I1.2	I1.3	I1.4
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1
10	0	1	0	1
11	1	1	0	1

Tabla 8.2: Tabla de verdad de las entradas activas en el PLC en función de la posición del selector de velocidad del rodillo interno.

En la Tabla 8.3, se exponen todos los actuadores presentes en la planta, indicando a qué salidas físicas del autómatas están asociados.

Salida S7-200	Señal física
Q0.0	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento del rodillo
Q0.1	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento de la máquina de coser
Q0.2	Habilitar los dos motores paso a paso
Q0.3	Cambio de sentido de giro del motor paso a paso que controla el movimiento de la máquina de coser
Q0.4	Habilitar el termostato
Q0.5	Habilitar el motor trifásico que controla el movimiento vertical de la aguja

Salida S7-200	Señal física
Q0.6	Sin uso
Q0.7	Activación de la luz de alarma derecha (detección de fallo en el hilado)
Q1.0	Habilitar funcionamiento del mando. Mediante lógica inversa, apagada habilita el mando.
Q1.1	Luz interior del pulsador START

Tabla 8.3: Identificación de las salidas del autómata.

La señal Q0.3 debe estar a 1 para que la máquina de costura se desplace hacia el sensor de final de carrera 1, y desactivada para el sentido contrario. El actuador relacionado con la señal Q0.6, corresponde a una de las partes de la acolchadora que faltan en la máquina estudiada en el presente proyecto, por esto se desconoce el comportamiento que se lograba con la activación de la señal.

8.2. Señales escogidas para el uso de la máquina acolchadora como planta de prácticas.

Para las sesiones prácticas del alumnado se ha decidido descartar la utilización del termostato por razones de seguridad. Por tanto, no se hará uso de la salida del autómata Q0.4, encargada de habilitar el termostato. Además, debido a que no se cuenta con todas las partes físicas originales de la máquina, como se ha mencionado anteriormente, no será posible hacer uso de la señal Q0.6.

Por otro lado, al descubrir que: a) la entrada I0.7 está libre, por estar conectada a elementos que no se tienen de la acolchadora cedida a la ULL, y b) hay muy pocas señales del panel de mando conectadas al PLC, se decidió aprovechar esta entrada y conectarla a un interruptor nuevo, que hemos incorporado al panel de control. Este interruptor se puede usar para implementar diferentes funciones, según los ejercicios planteados a los estudiantes.



Figura 8.2: Interruptor conectado a la señal I0.7 incorporado al panel de control.

Dado que no se realizarán procesos de costura reales, no se contará con hilo circulando que provoque la desactivación de la señal I0.6 si el dispositivo de control de hilado se encuentra habilitado. Por lo tanto, con el objetivo de que los estudiantes puedan programar un estado de detección de errores, se decide incluir esta señal, que se activará cuando se encienda el mando de este dispositivo de control.

Teniendo todo esto en cuenta, la asignación final de entradas y salidas del PLC para utilizar la máquina acolchadora como planta de prácticas es la mostrada en la Tabla 8.4.

Entradas		Salidas	
I0.0	Final de carrera 1	Q0.0	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento del rodillo
I0.1	Final de carrera 2	Q0.1	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento de la máquina de coser
I0.2	Pulsador START	Q0.2	Habilitar los dos motores paso a paso
I0.3	Pulsador STOP con lógica inversa	Q0.3	Cambio de sentido de giro del motor paso a paso que controla el movimiento de la máquina de coser
I0.4	Pulsador RESET	Q0.5	Habilitar el motor trifásico que controla el movimiento vertical de la aguja
I0.5	Selector de tamaño de puntada	Q0.7	Activación de la luz de alarma derecha (detección de fallo en el hilado)
I0.6	Detección de fallo en la circulación del hilo	Q1.0	Habilitar funcionamiento del mando. Mediante lógica inversa, apagada habilita el mando.
I0.7	Interruptor de Pausa/Selección del modo de funcionamiento	Q1.1	Luz interior del pulsador START
I1.0	Señal activada con la pulsación de RESET		
I1.5	Señal activada con la pulsación de RESET		
I1.1 - I1.4	Entradas conectadas al selector de velocidad del rodillo interno		

Tabla 8.4: Asignación de entradas y salidas del autómata.

9. Puesta en marcha

Una vez definidas las diferentes señales del PLC para utilizar la máquina acolchadora como planta de prácticas, se realizaron diversas pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de todos los componentes y la adecuada asignación de entradas y salidas del autómata.

En primer lugar, se realizó una prueba de verificación del funcionamiento de los elementos presentes en el pupitre de control, accionando pulsadores y selectores para el encendido de las luces que se encuentran en él. El resultado de esta prueba se puede observar en el vídeo (Véase vídeo 1 del Anexo 9).

También se realizó una prueba de funcionamiento del movimiento vertical de la aguja y del movimiento hacia delante y detrás de la máquina de coser. El resultado de esta prueba se puede observar en el vídeo (Véase vídeo 2 del Anexo 9).

La tercera prueba testeó el funcionamiento del rodillo interno de la máquina a velocidad fija. El resultado de esta prueba se puede observar en el vídeo (Véase vídeo 3 del Anexo 9).

Hecho esto, incorporamos el uso del selector rotatorio, de manera que a medida que se aumenta su valor, la velocidad a la que gira el rodillo disminuye. Esto se puede observar en el vídeo 4 del Anexo 9.

Por último, se realizó la prueba relativa al tiempo entre puntadas (simple/triple) en función del selector correspondiente, tal y como se puede observar en el vídeo 5 del Anexo 9.

10. Funcionamiento de la máquina

Analizando las diversas funcionalidades que ofrece la máquina H222 EL y el comportamiento esperable de la misma (reflejada en su manual), se han propuesto dos ciclos de funcionamiento diferentes para su uso como planta de prácticas. El primero es más sencillo, y está destinado a alumnos con conocimientos de Automatización básicos. El segundo ciclo de trabajo diseñado es más complejo, siendo una propuesta para los alumnos que posean un nivel de conocimientos más avanzado.

10.1. Primer ciclo de trabajo (Funcionamiento simple).

En la sesión práctica diseñada para estudiantes que se están iniciando en la Automatización, se les propone realizar un programa en KOP que implemente el siguiente funcionamiento:

PASO PREVIO: Para trabajar con esta máquina es necesario pulsar el pulsador ON del panel de mando para alimentar al autómata.

El funcionamiento básico de la máquina es el siguiente:

1. Pulsar en el panel de mando RESET: se habilitan los motores paso a paso y, si la máquina de coser no se está en el final de carrera 1, se debe desplazar a esta posición de partida.

2. Pulsar en el panel de mando START: se enciende el led interno de este pulsador y se desplaza la máquina de coser hasta el final de carrera 2.
3. Cuando la máquina de coser llega al final de carrera 2: se para la máquina de coser, se activa el rodillo interno con la velocidad indicada en selector correspondiente del panel de mando y se activa un temporizador de 5 segundos.
4. Pasado este tiempo: se activa la aguja de la máquina de coser, donde el tiempo entre puntadas será el indicado por el selector correspondiente del panel de mando.
5. Para parar la máquina se debe pulsar STOP: se para tanto la aguja de coser como el rodillo y se desplaza la máquina de coser a la posición inicial (final de carrera 1).
6. Cuando la máquina llega a la posición inicial se debe parar. Para volver a iniciar su funcionamiento será necesario volver a pulsar START (paso 2).

Pausa: Si se activa el interruptor de pausa del panel de control, se detiene el sistema en el punto del proceso en que se encuentre y se activa una luz de aviso. Una vez sea desactivado el interruptor de pausa, el proceso continuará por donde se quedó y la luz de aviso se apagará.

Detección de error: en caso de que se detecte un error en la circulación del hilo (error detectado por el dispositivo de control de hilado), se detiene el proceso y se enciende una luz de alarma. Cuando el dispositivo de control de hilado informe de que la avería está resuelta, el proceso continuará por donde se quedó y la luz de alarma se apagará.

10.2. Segundo ciclo de trabajo (Funcionamiento complejo).

En este caso se utilizará el interruptor extra añadido al panel de control para elegir entre dos modos de funcionamiento: modo continuo y modo cíclico (con 3 repeticiones del ciclo). En la sesión práctica diseñada para estudiantes con conocimientos más avanzados de Automatización, se les propone aplicar la guía Gemma, implementar los Graficets necesarios y realizar un programa en KOP que implemente los dos modos de funcionamiento descritos a continuación.

10.2.1. Modo de funcionamiento continuo.

Este modo de funcionamiento será igual que el ciclo de trabajo propuesto para un nivel básico a diferencia de que no se podrá establecer una pausa en el sistema (porque el interruptor que se usaba para pausar el proceso se usa en este caso para conmutar entre modo continuo y modo cíclico).

Lo que sí se mantiene es que, si el dispositivo de control de hilado detecta un error, se debe parar el proceso y encender una luz de alarma. Cuando el dispositivo de control de hilado informe de que la avería está resuelta, el proceso continuará por donde se quedó y la luz de alarma se apagará.

10.2.2. Modo de funcionamiento cíclico.

PASO PREVIO: Para trabajar con esta máquina es necesario pulsar el pulsador ON del panel de mando para alimentar al autómatas.

1. Pulsar en el panel de mando RESET: se habilitan los motores paso a paso y, si la máquina de coser no se está en el final de carrera 1, se debe desplazar a esta posición de partida.
2. Pulsar en el panel de mando START: se enciende el led interno de este pulsador y se desplaza la máquina de coser hasta el final de carrera 2.
3. Cuando la máquina de coser llega al final de carrera 2: se para la máquina de coser, se activa el rodillo interno con la velocidad indicada en selector correspondiente del panel de mando y se activa un temporizador de 5 segundos.
4. Pasado este tiempo: se activa la aguja de la máquina de coser, donde el tiempo entre puntadas será el indicado por el selector correspondiente del panel de mando. Se activa también un temporizador de 30 segundos.
5. Cuando pasen los 30 segundos: la máquina de coser se desplaza hasta el final de carrera 1.
6. Cuando la máquina de coser llega al final de carrera 1: se activa un temporizador de 5 segundos
7. Cuando pasan los 5 segundos: se desplaza la máquina de coser hasta el final de carrera 2 y se repite el ciclo desde el punto 3. Este proceso se realiza 3 veces.
8. Cuando se ha ejecutado el proceso de los pasos 3-7 un total de tres veces: se para la aguja de coser y el rodillo, y se desplaza la máquina de coser a la posición inicial (final de carrera 1).
9. Cuando la máquina llega a la posición inicial se debe parar, apagándose todos los motores. Para volver a iniciar su funcionamiento será necesario volver a pulsar RESET (paso 1).

Parada de la máquina antes de terminar los tres ciclos: para parar la máquina en cualquier momento se debe pulsar STOP. Con esto se debe parar la aguja de coser y el rodillo, y desplazar la máquina de coser a la posición inicial (final de carrera 1). Además, se reinicia la cuenta de los ciclos realizados hasta el momento. Para volver a ejecutar el proceso, será necesario pulsar RESET nuevamente.

Detección de error: en caso de que se detecte un error en la circulación del hilo (error detectado por el dispositivo de control de hilado), se detiene el proceso y se enciende una luz de alarma. Cuando el dispositivo de control de hilado informe de que la avería está resuelta, el proceso continuará por donde se quedó y la luz de alarma se apagará.

11. Herramientas de programación

Para la programación de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL, se han realizado los GRAFCET correspondientes siguiendo las indicaciones que se establecen en la guía GEMMA. Posteriormente, se han pasado estos diagramas al lenguaje de programación KOP. Se describen a continuación las herramientas utilizadas en el proceso.

11.1. Diagramas GRAFCET.

Grafcet, el diagrama de control con etapas y transiciones (*Grphe Fonctionnel de Commande Etape Transition*), nació en 1977, fuente del trabajo de la Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica (AFCET). Se trata de un diagrama funcional estandarizado que permite crear un modelo de un proceso automatizado, teniendo en cuenta los datos de entrada, las operaciones realizadas y los procesos intermedios que desencadenan las operaciones [31]. Este diagrama fue creado para subsanar las dificultades que existían en la descripción de automatismos con varias etapas simultáneas utilizando un lenguaje formal, dificultades que también aparecen al crear una descripción con diagramas de flujo [32]. Actualmente, este método de representación es aceptado en Europa y homologado por países como Francia (norma NFC-03-190) y Alemania (estándar DIN) [33].

Cualquier diagrama de GRAFCET es la combinación de tres tipos de elementos [34]:

- Etapas: Su activación lleva consigo una acción o una espera.
- Condición de transición: Condición para desactivar la etapa en curso y activarse la siguiente etapa.
- Acción: Tarea que se desarrollará al activarse la etapa a la que pertenece.

Para realizar el programa correspondiente a un ciclo de trabajo en lenguaje GRAFCET, se deberán tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- El proceso está dividido en etapas que se activan secuencialmente.
- Cada etapa tiene asociada una o varias acciones que sólo se realizan cuando la etapa esta activa.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición y su etapa anterior se encuentra activa.
- El cumplimiento de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa anterior.
- No hay dos etapas o condiciones consecutivas, siempre deben ir colocadas de forma alterna (Figura 11.1).

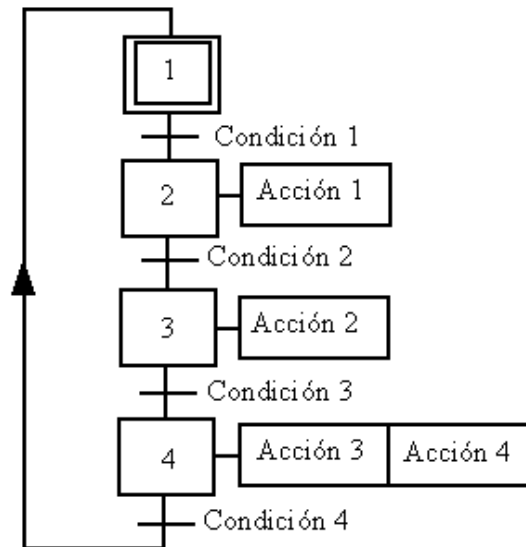


Figura 11.1: Secuencia lineal de un GRAFCET.

Las secuencias pueden ser lineales, con alternativas, divergencia en “O”, y simultáneas, divergencia en “Y” [32].

En el caso de la divergencia en “O”, el ciclo se puede direccionar en función de las condiciones que se cumplan. Con respecto a la divergencia en “Y”, la principal diferencia es que esta pasará a la siguiente etapa cuando haya terminado una de las tareas paralelas independientemente de las que se iniciaron.

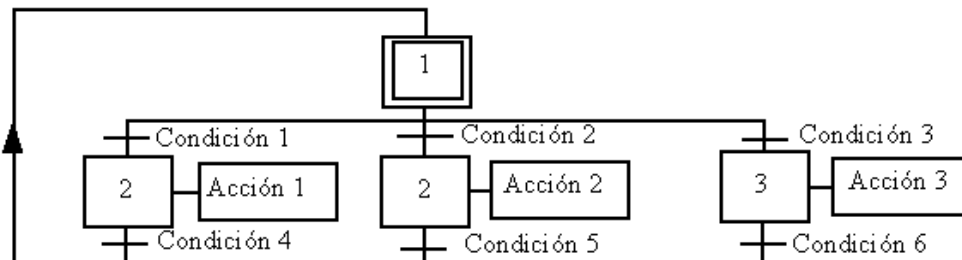


Figura 11.2: Divergencia en “O” de un GRAFCET.

Por otro lado, en la divergencia en “Y”, varios ciclos pueden estar funcionando a la vez por activación simultánea de etapas. Aunque la etapa siguiente al cierre sólo podrá iniciarse cuando todas las etapas paralelas hayan terminado.

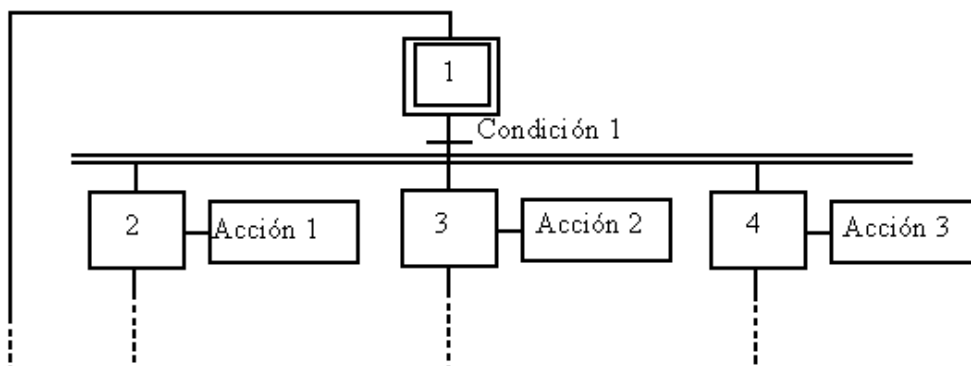


Figura 11.3: Divergencia en “Y” de un GRAFCET.

Un sistema automatizado se puede representar mediante múltiples GRAFCET vinculados, o GRAFCET parciales. En este caso cada grafo está representado por la letra G, seguida de un nombre o un número. Cabe señalar que en un mismo sistema no puede haber dos etapas con el mismo número, aunque sean gráficos parciales diferentes [32].

En un sistema con muchos GRAFCET parciales, puede ocurrir que un grafo fuerce el estado del otro, mediante una orden inmediata como la de congelación, expresada como se ve en la Figura 11.4.

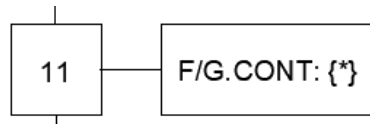


Figura 11.4: Forzado de congelación en GRAFCET.

En el forzado de grafos se aplican las siguientes reglas [35]:

- Si un gráfico puede forzar a otro, éste no puede forzar al primero.
- Un grafo sólo puede ser forzado por otro grafo.

Por lo tanto, se establece jerarquía, un grafo parcial solo puede ser forzado por uno con jerarquía superior inmediata.

En el caso de grafos forzados, no se aplican las reglas de evolución del GRAFCET. El grafo forzado empezará su evolución en el momento en el que se desactive la etapa en la que se invoca su forzado.

Existirán GRAFCET parciales, los cuales hay que relacionar y jerarquizar de forma adecuada [36];

- Seguridad
- Conducción
- Producción

En estos GRAFCET se sigue la jerarquía mostrada en la Figura 11.5. En nuestro caso, no se ha implementado el GRAFCET de seguridad, ya que la máquina cuenta con sistemas de seguridad independientes del autómata (protecciones móviles, protecciones fijas y una seta de emergencia que se encargan de dejar sin tensión a los motores presentes en la máquina). Lo que sí hemos incluido son los GRAFCET de conducción y el de producción. El de conducción se ocupa de gestionar las pausas y las paradas por detección de fallos, y el de producción implementa el funcionamiento normal de la máquina.



Figura 11.5: Jerarquía de GRAFCET.

11.2. Guía GEMMA.

La guía GEMMA, Guía de estudio para los modos de marcha y paro, es el resultado de los trabajos de la agencia ADEPA (agencia nacional francesa para el desarrollo de la producción aplicada a la industria) en 1993, y se utiliza hoy en día como estándar de la industria de automatización [35].

El objetivo de la guía GEMMA es crear una metodología de funcionamiento que incluya los modos de marcha y paro del control secuencial, el funcionamiento correcto del proceso controlado, el funcionamiento ante anomalías, e incluso el tratamiento de situaciones de emergencia en previsión de posibles daños humanos o materiales.

Para ello se apoya en una herramienta gráfica con la que se representa una serie de estados tipificados, mostrando las posibles formas de evolución de unos a otros. Podemos verlo en la Figura 11.6.

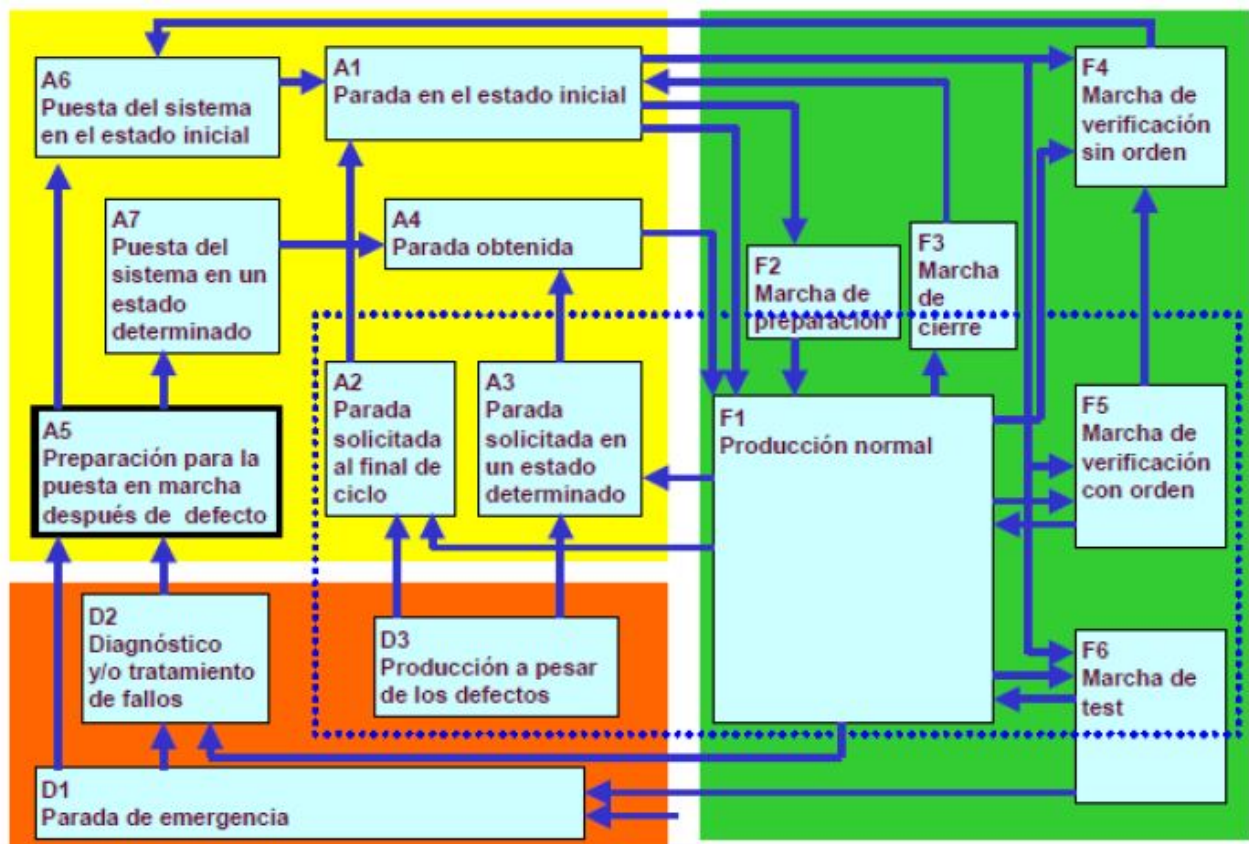


Figura 11.6: Diagrama normalizado de la guía GEMMA [34].

Los posibles estados de la Guía GEMMA ilustrados en la Figura 11.6 se dividen en tres familias [36]:

- **Familia F:** Estados de funcionamiento.
- **Familia A:** Estados de paro.
- **Familia D:** Estados de fallo.

Dividiéndose estas familias a su vez en producción (estados situados en el interior del rectángulo punteado), donde se cumple con el objetivo de diseño del sistema, y fuera de

producción, donde no se cumple con este diseño. Todos los estados de la guía GEMMA se describen a continuación [34, 37].

Estados de funcionamiento:

Este grupo contiene todos los modos de funcionamiento necesarios para realizar la producción.

F1 - Producción normal: Es el GRAFCET de funcionamiento normal dirigido a conseguir el objetivo del proceso.

F2 - Marcha de preparación: Incluye las etapas previas a la producción en modo automático o semiautomático.

F3 - Marcha de finalización o marcha de cierre: Corresponde a la fase de cambio que realiza la máquina antes de parar.

F4 - Marcha de verificación sin orden: Estado para comprobar el estado de funcionamiento de alguna parte del proceso sin que esté en el estado de producción normal. En este estado no tiene que respetarse el orden de secuencia normal.

F5 - Marcha de verificación con orden: Permite verificar paso a paso o de forma continua ciertas fases del proceso respetando el orden de secuencia.

F6 - Marcha de test: Permite la ejecución de ciertas operaciones de mantenimiento.

Estados de paro:

Dentro de la familia de estados de parada o puesta en marcha se incluyen todos aquellos que detienen el funcionamiento del proceso. Los estados normalizados de esta familia son los siguientes:

A1 - Parada en el estado inicial: Es el estado inicial de reposo de la parte operativa.

A2 - Parada solicitada a final de ciclo: Es un estado transitorio en que la máquina, que estaba produciendo normalmente hasta ese momento, termina el ciclo y pasa a estar parada en el estado inicial.

A3 - Parada solicitada en un estado determinado: Es un estado transitorio en que la máquina para en un determinado estado que no coincide con el final de ciclo.

A4 - Parada obtenida: Estado en el que la máquina se detiene en un estado intermedio entre el inicial y el final.

A5 - Preparación para la puesta en marcha después de un defecto: En este estado se realizan las operaciones necesarias para la puesta en funcionamiento de la máquina después de un defecto.

A6 - Puesta del sistema en el estado inicial: Operaciones necesarias para llevar al sistema al estado inicial desde situaciones diferentes a la de producción.

A7 - Puesta del sistema en un estado determinado: Comprende las operaciones necesarias para llevar al sistema, que no está en producción, a un estado distinto del inicial para su puesta en marcha.

Estados de fallos:

Este grupo comprende todos aquellos estados de parada por fallo de la parte operativa o de marcha en condiciones anómalas:

D1 - Parada de emergencia: Estado para hacer un paro lo más rápido posible y minimizar las consecuencias del error.

D2 - Diagnóstico y/o tratamiento de fallos: Estado que permite examinar el estado de una máquina después de un defecto para determinar los motivos del fallo.

D3 - Producción a pesar de los defectos: Estado correspondiente a casos donde se debe continuar produciendo a pesar de los defectos.

11.3. KOP.

El lenguaje de programación gráfico KOP (*Kontakt Plan* - esquema de contactos) es un lenguaje empleado para programar autómatas. Está específicamente diseñado para facilitar la tarea de leer y comprender programas de control de autómatas a los ingenieros eléctricos, acostumbrados, hasta entonces, a implementar automatismos empleando tecnología eléctrica. Por este motivo utiliza una representación similar a diagramas de circuitos eléctricos: elementos del circuito, como los contactos normalmente cerrados y abiertos, se agrupan en segmentos [38]. Como este lenguaje ha sido estudiado ampliamente en el Grado, en este apartado comentaremos resumidamente sólo lo más importante del mismo.

Para crear programas se dispone de los siguientes elementos [39]: contactos (normalmente abierto, normalmente cerrado, de flancos...), bobinas (de asignación simple, forzadas...) y cuadros (contadores, temporizadores, de transferencia, para realizar operaciones aritméticas, ...). En nuestro caso, los cuadros más utilizados han sido los temporizadores, los contadores, los de transferencia (bloques MOVE), y los bloques de generación de pulsos (PLS).

Símbolo	Elemento
$\{ \quad \quad \}$	Contacto normalmente abierto
$\{ \quad / \quad \quad \}$	Contacto normalmente cerrado
$\{ \quad P \quad \}$	Flanco de subida
$\{ \quad N \quad \}$	Flanco de bajada
(\quad)	Bobina de asignación simple
$(\quad R \quad)$	Bobina de forzado a RESET
$(\quad S \quad)$	Bobina de forzado a SET

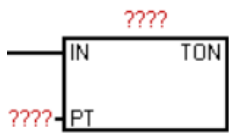
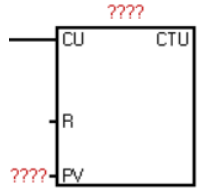
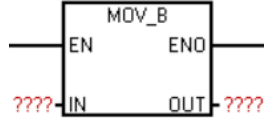
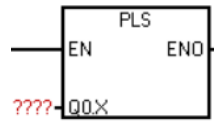
	<p>Temporizadores</p>
	<p>Contadores</p>
	<p>Transferencia</p>
	<p>Generación de pulsos</p>

Tabla 11.1: Elementos utilizados en la creación de los programas en el lenguaje KOP.

Cuando se realiza un programa y se opera a nivel de bit en operaciones lógicas puede ser necesario almacenar el resultado lógico que se tenga en un determinado momento. Para ello, en el autómatas S7-200, se dispone de 256 marcas de memoria de 1 byte, es decir un total de 2048 marcas de 1 bit, que se pueden direccionar como [40]:

- Marcas M0.0 a 255.7.
- Byte de marcas MB0 a 255.
- Palabra de marcas MW0 a 254.
- Palabra doble de marcas MD0 a 252.

También se cuenta con marcas especiales de sólo lectura que van de la SMB0 a la SMB29. Donde el byte de marcas SMB0 (SM0.0 a SM0.7) contiene ocho bits de estado que proporcionan informaciones sobre el programa de usuario. Por ejemplo, la marca SM0.1 está activada sólo en el primer ciclo [39]. En nuestro caso, se usarán todas estas zonas de memoria, tal y como se verá a continuación.

12. Programación de la máquina H222 EL

Una vez definidos los ciclos de trabajo de la máquina, se realizó la guía GEMMA de cada uno de ellos. La implementación de estas guías GEMMA dio lugar a diferentes diagramas GRAFCET. Es importante aclarar que se han distribuido estos graficets en jerarquía, en diagramas de conducción y de funcionamiento, pero no hemos realizado ningún GRAFCET de seguridad, debido a que la parada de seguridad de la máquina es externa e independiente del ciclo de control

Estados de la guía GEMMA	Funcionalidad	
F1	Producción normal: Funcionamiento normal de la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL.	
F3	Marcha de cierre: Una vez que la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL ha terminado el funcionamiento normal, con la pulsación de STOP, se desplaza hasta la posición inicial.	
D2	Diagnóstico y/o tratamiento de fallos: Cuando se detecta un fallo del hilado, se detendrá el funcionamiento normal, y se encenderá una luz de alarma, para alertar al operario, dando paso a una serie de estados con operaciones manuales.	
A3	Parada pedida: Mediante el accionamiento del interruptor de pausa, el funcionamiento normal pasará a estar en parada hasta que se desactive.	
A4	Parada obtenida: Tras la solicitud de una parada mediante el interruptor de pausa, o tras el diagnóstico del fallo debido al hilado, la máquina detiene su funcionamiento normal hasta que se desactiva la señal.	
D1	Parada de emergencia: Por accionamiento de la seta de emergencia del panel o la apertura de las protecciones móviles de la máquina.	Estos estados se efectúan de forma manual.
A5	Preparación posterior al fallo.	
A7	Puesta en estado concreto.	

Tabla 12.1: Estados normalizados de la GUÍA GEMMA implementados en el funcionamiento simple.

Debido a las características físicas de la máquina, al no poseer más señales conectadas al autómatas, no ha sido posible implementar los estados restantes.

12.1.2. Funcionamiento Complejo.

En la Figura 12.2 se muestran los estados implementados en este caso, recogidos también en la Tabla 12.2, según establece la Guía GEMMA [41].

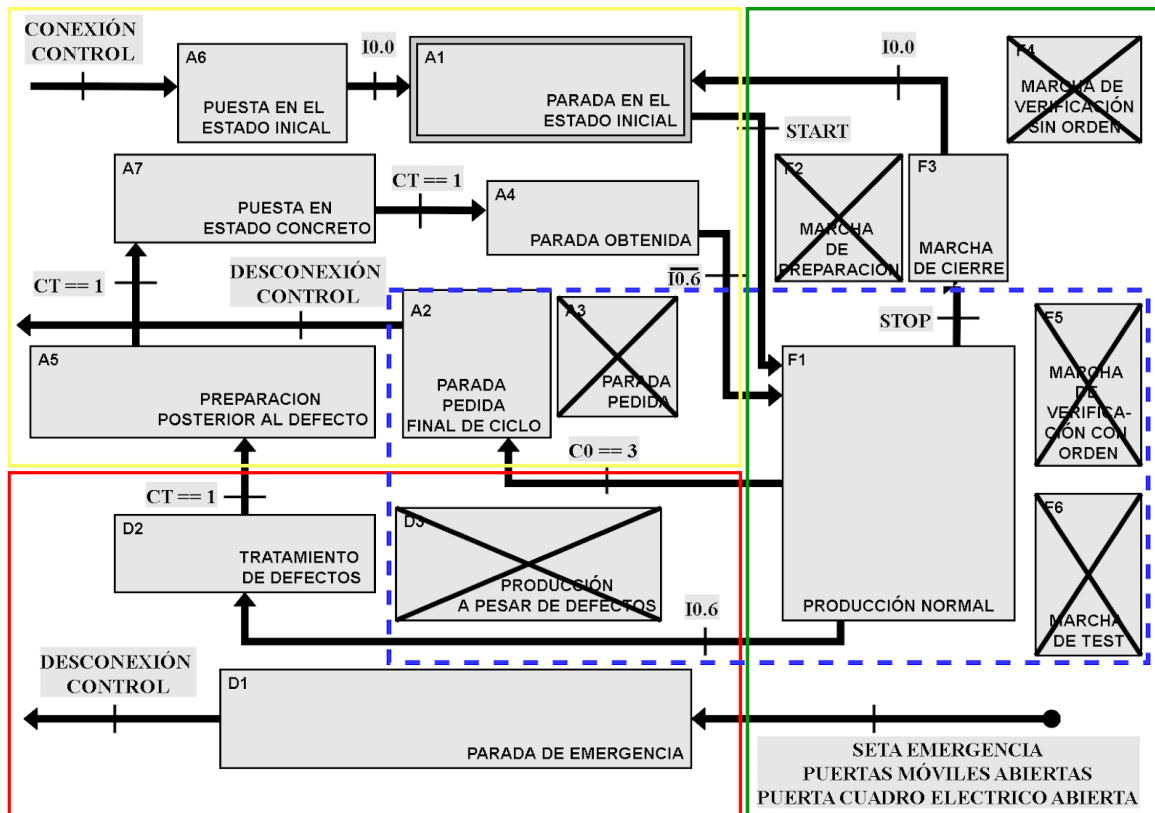


Figura 12.2: Guía GEMMA implementada para el funcionamiento complejo.

Estados de la guía GEMMA	Funcionalidad
A6	Puesta del sistema en condiciones iniciales: Al iniciar el primer ciclo del autómata, se coloca la máquina en la posición inicial si no está en ella.
A1	Parada en el estado inicial: Tras la colocación en condiciones iniciales, se mantiene en parada hasta la pulsación de START.
F1	Producción normal: funcionamiento normal de la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL
F3	Marcha de cierre: Una vez que la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL ha terminado el funcionamiento normal, con la pulsación de STOP, se desplaza hasta la posición inicial.
D2	Diagnóstico y/o tratamiento de fallos: Cuando se detecta un fallo del hilado, se detendrá el funcionamiento normal, y se encenderá una luz de alarma, para alertar al operario, dando paso a una serie de estados con operaciones manuales.
A4	Parada obtenida: Tras el diagnóstico del fallo debido al hilado, la máquina detiene su funcionamiento normal hasta que se desactiva la señal.
A2	Parada pedida a final de ciclo: Cuando en el modo cíclico, se haya realizado el funcionamiento tres veces, se parará el sistema, desconectando todos los elementos.

Estados de la guía GEMMA	Funcionalidad	
D1	Parada de emergencia: Por accionamiento de la seta de emergencia del panel o la apertura de las protecciones móviles de la máquina.	Estos estados se efectúan de forma manual.
A5	Preparación posterior al fallo.	
A7	Puesta en estado concreto.	

Tabla 12.2: Estados normalizados de la GUÍA GEMMA implementados en el funcionamiento complejo.

Debido a las características físicas de la máquina, al no poseer más señales conectadas al autómat, no ha sido posible implementar los estados restantes.

12.2. Diagramas GRAFCET.

Los diferentes diagramas funcionales GRAFCET tanto del modo de funcionamiento simple como complejo de la Máquina Industrial H222 EL se adjuntan en el Anexo 2 y 3 respectivamente. En dichos diagramas se indican dónde están situados los estados de la Guía GEMMA implementados.

Para el modo de funcionamiento simple (descrito en el apartado 10.1) se han realizado los siguientes GRAFCET:

- G.Cond: Controlar las paradas de la producción normal, tanto debidas a la pausa solicitada por el operario como a la pausa por la detección de fallo en la circulación del hilado.
- G.Simp: Marca el paso a paso del ciclo propuesto para este funcionamiento.
- G.Aguja: Marca el paso a paso del ciclo descrito por la aguja.
- G.Rodillo: Marca el paso a paso del ciclo descrito por el rodillo.

Para el modo de funcionamiento complejo (descrito en el apartado 10.2) se han realizado los siguientes GRAFCET:

- G.Cond: Controlar las paradas de la producción normal, debidas a la detección de fallo en la circulación del hilado.
- G.Comp: Marca el paso a paso del ciclo propuesto para este funcionamiento.
- G.Aguja: Marca el paso a paso del ciclo descrito por la aguja.
- G.Rodillo: Marca el paso a paso del ciclo descrito por el rodillo.

12.3. Programación en KOP.

La programación de los diferentes ciclos se ha realizado con el lenguaje de contactos (KOP) siguiendo la lógica indicada en los GRAFCET diseñados y mostrados en los Anexos 2 y 3. Para ello, hemos asociado una marca a cada etapa de los diferentes GRAFCET. Las transiciones

entre etapas, en función la condición de transición necesaria, se ha programado en segmentos diferentes de los encargados de realizar las acciones correspondientes a cada etapa [43].

Para los GRAFCETs “G.Aguja” y “G.Rodillo” (que describen el funcionamiento de la aguja y del rodillo interno de la máquina) hemos programado subrutinas.

Uno de los puntos que más tiempo nos llevó fue aprender a controlar adecuadamente desde el código KOP los dos motores paso a paso presentes en la máquina. En primer lugar, los controladores de los dos motores paso a paso deben ser habilitados con la salida Q0.2 del autómeta. Cuando se quiera activar el motor paso a paso que mueve la máquina de coser entre los dos finales de carrera, será necesario generar pulsos con la salida Q0.1 del autómeta.

De manera análoga, para activar el motor paso a paso del rodillo interno de la máquina, se deben generar pulsos con la salida Q0.0. En el caso de la máquina de coser, como puede moverse hacia delante y detrás, es necesario especificar el sentido del movimiento con la Q0.3.

Las salidas Q0.0 y Q0.1 del S7-224 están especialmente preparadas para la generación de pulsos. Para esto es necesario utilizar bloques y zonas de memoria del autómeta específicas.

Los bloques necesarios son los siguientes:

- 1) Bloque PLS (Figura 12.3): generador de pulsos por la salida especificada en la línea “Q0X” (0: Q0.0, 1: Q0.1)

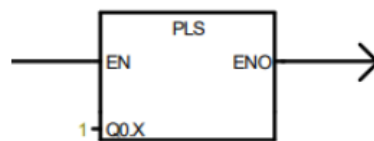


Figura 12.3: Bloque PLS con la salida Q0.1 especificada.

- 2) Bloque de transferencia MOV para mover un valor de entrada (IN) a un espacio determinado de memoria (OUT) sin cambiar el valor original [41]. En el caso que nos ocupa será necesario usar cuatro bloques MOV por cada salida generadora de pulsos (Q0.0 o Q0.1), porque hay cuatro zonas diferentes en la memoria del autómeta implicadas en la generación de pulsos para cada salida (Figura 12.4).

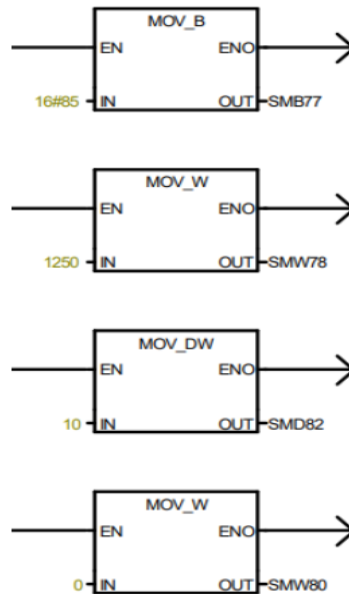


Figura 12.4: Bloques MOV empleados para activar pulsos por la salida Q0.1.

En la Tabla 12.3 se detallan las zonas de memoria del autómata que se usan en la generación de pulsos, y qué se guarda en cada una de ellas.

Bloque empleado	Q0.0	Q0.1	Funcionalidad
MOV_B	SMB67	SMB77	Activar la función de salida de impulso.
MOV_W	SMW68	SMW78	Definir el periodo de funcionamiento, donde a mayor magnitud, menor velocidad
MOV_DW	SMD72	SMD82	Asignar la lectura de los impulsos necesarios para que el motor empiece a moverse
MOV_W	SMW70	SMW80	Definir la anchura del impulso

Tabla 12.3: Zonas de memoria del autómata que se usan en la generación de pulsos para cada una de las salidas (Q0.0 y Q0.1) [44].

El motor paso a paso que mueve la máquina de coser entre los finales de carrera 1 y 2 lo hará siempre a la misma velocidad. Recordemos que para este motor los pasos se generan con la salida Q0.1 del autómata. La velocidad se establece con el valor de la frecuencia a la que se generan los pulsos. Hemos fijado un valor de 1250 μ s que con ayuda del bloque “Move Word” moveremos al espacio SMW78 explicado en la Tabla 12.3.

El movimiento del rodillo interno está controlado por otro motor paso a paso, pero en este caso, la velocidad varía según la posición seleccionada en un selector existente en el panel de mando para este fin. Para este motor los pasos se generan con la salida Q0.0 del autómata. Para conseguir que la velocidad del motor dependa del selector, se relaciona cada posición del selector con un valor de frecuencia de pulsos diferente, tal y como se muestra en la Tabla 12.4. Mediante un bloque Move moveremos el valor de la frecuencia seleccionado por el usuario a un espacio de memoria del autómata intermedio (en nuestro caso fue VW100), y de ahí, con otro bloque Move, se traslada ese valor al espacio SMW68 explicado en la Tabla 12.3. En las figuras 12.5 y 12.6 se muestran fragmentos de código correspondientes a esta operación.

Posición seleccionada	Dirección S7-200				Periodo fijado (µs)
	I1.1	I1.2	I1.3	I1.4	
0	0	0	0	0	500
1	1	0	0	0	1500
2	0	1	0	0	2500
3	1	1	0	0	3500
4	0	0	1	0	4500
5	1	0	1	0	5500
6	0	1	1	0	6500
7	1	1	1	0	7500
8	0	0	0	1	8500
9	1	0	0	1	9500
10	0	1	0	1	10500
11	1	1	0	1	11500

Tabla 12.4: Entradas activas en el PLC y periodo fijado en función de la posición del selector de velocidad del rodillo interno.

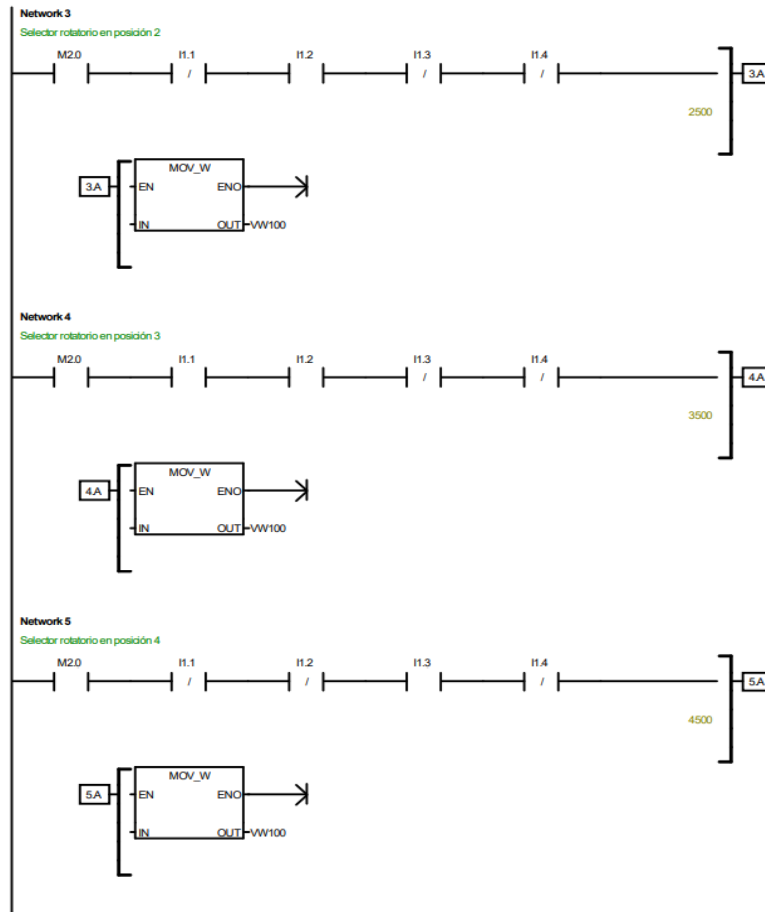


Figura 12.5: Fragmento de código que guarda un valor de periodo en el espacio de memoria VW100, en función de la posición del potenciómetro.

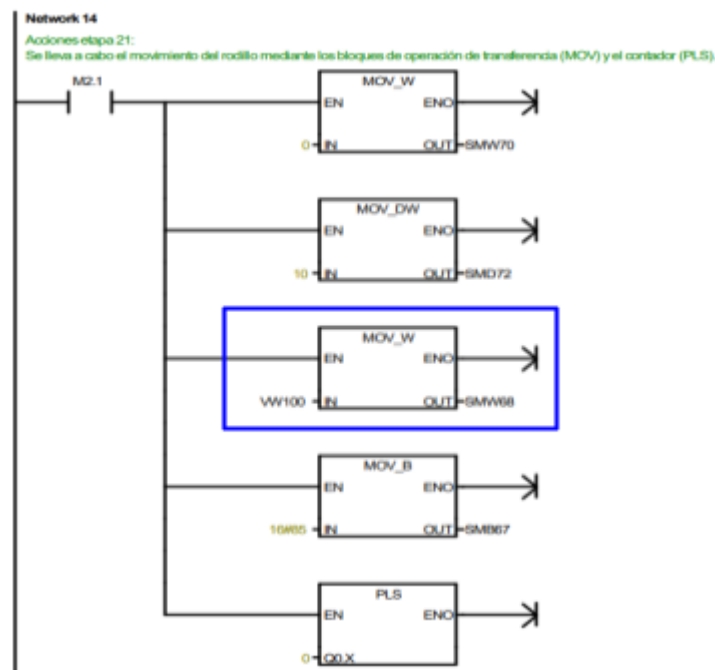


Figura 12.6: Fragmento de código donde se muestra como el valor almacenado VW100 se traslada al espacio de memoria SMW68.

Podemos ver el funcionamiento descrito por estos bloques en el vídeo 1 del Anexo 10, donde se varía la velocidad mediante el codificador rotatorio.

En cuanto al motor trifásico encargado de accionar las puntadas de la máquina de coser, se activa la señal Q0.5 en función de la señal de un temporizador. Si la posición en la que se encuentra el selector de ancho de pulso (Figura 6.11) es “paso simple” (posición izquierda), entre puntada y puntada pasará 1 segundo. Mientras que si el selector se sitúa en la otra posición entre puntada y puntada deben pasar 3 segundos. Para ello, haremos uso cuadros temporizadores que nos facilitarán la programación del funcionamiento. En el vídeo 2 del Anexo 10 se puede observar el funcionamiento de la aguja.

El código KOP implementado para los funcionamientos simple y complejo se muestran en los Anexos 4 y 5 del presente TFG.

12.4. Resultados finales.

12.4.1. Funcionamiento Simple.

La implementación del funcionamiento simple (estado de producción normal, parada pedida y parada obtenida) se puede observar en el vídeo 3 del Anexo 10. También podemos ver la transición al estado de parada de emergencia con el accionamiento de la seta de emergencia o con la apertura de las protecciones móviles en el vídeo 6 del Anexo 10.

12.4.2. Funcionamiento Complejo.

Respecto al funcionamiento complejo, podemos ver la implementación del estado de producción normal, de la marcha de cierre y la parada en el estado inicial, en el vídeo 4 del Anexo 10. También puede verse el funcionamiento del mando y con ello el estado de diagnóstico y/o tratamiento de fallos, en el vídeo 5 del Anexo 10, y la transición al estado de parada de emergencia con el accionamiento de la seta de emergencia o con la apertura de las protecciones móviles en el vídeo 6 del Anexo 10.

12.4.3. Material docente generado.

Para que la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas pueda ser utilizada en las prácticas de laboratorio de las asignaturas relacionadas con la automatización industrial, se han elaborado dos guiones de prácticas, con dos niveles de dificultad diferentes, en los cuales se explica el ciclo de trabajo que ha de seguir la máquina, así como lo que se espera que realice el alumnado. Estos guiones se adjuntan en el Anexo 6 y 7 del presente proyecto.

Por otro lado, se ha preparado un documento de apoyo al profesor responsable de la práctica, que contiene la explicación de cómo controlar los motores paso a paso y de cómo es el funcionamiento de la aguja de la máquina de coser. Este material complementario para la docencia se muestra en el Anexo 8 de este TFG.

13. Bibliografía

- [1] FESTO. Introducción a la tecnología y control de procesos. https://www.festo.com/es/es/e/educacion/sistemas-de-aprendizaje/automatizacion-de-procesos/introduccion-y-conceptos-basicos-id_33984/. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [2] Automatización de las plantas elevadoras de palés, puente grúa biaxial y puente grúa triaxial del laboratorio de Automática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Náutica. Enrique Palmero Ruiz. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Automática Industrial y Automática, 2016.
- [3] Diseño e implementación de un sistema autónomo de detección y clasificación de residuos. Alberto Méndez García, Stefano Fernando Panzeri Reyes. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Automática Industrial y Automática, 2021.
- [4] SMC Corporation. FAS-200 edición especial con tecnologías de la Industria 4.0. <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/1342>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [5] Simulación dinámica de la estación de test de piezas de la planta industrial. Sylvia Lods. Proyecto Fin de Carrera. Ingeniería Técnica Industrial, esp. Electrónica Industrial. Universidad de La Laguna, 2012.
- [6] Simulación en tres dimensiones de la estación de procesado de piezas de la planta industrial Festo del laboratorio de automatización de la Universidad de La Laguna. Daniel García, Víctor Cutillas. Proyecto Fin de Carrera. Ingeniería Técnica Industrial, esp. Electrónica Industrial. Universidad de La Laguna, 2012.
- [7] Simulación dinámica de la estación de clasificación de piezas de la planta industrial FESTO. Juan José Olave. Proyecto Fin de Carrera. Ingeniería Técnica Industrial, esp. Electrónica Industrial. Universidad de La Laguna, 2012.
- [8] Laboratorio remoto de automatización y control industrial. Julio José Brito Ramos. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Automática Industrial y Automática, 2014.
- [9] Herramienta de apoyo a la enseñanza del estándar IEC 61131 basada en la automatización y simulación de la tercera estación de la planta Festo y Siena. Jamileth Lotero Nañez, Reymar Andrea Vargas Iniesta. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Automática Industrial y Automática, 2016.
- [10] Diseño y programación de plantas virtuales de laboratorio para asignaturas de Automatización. Cristian José Luis González. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Automática Industrial y Automática, 2021

- [11] Desarrollo de Sistema SCADA para la automatización de células de fabricación. Javier Rodríguez de la Rosa. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Automática Industrial y Automática, 2021.
- [12] Automatización de la máquina industrial aplicadora de ojales H268EAM. Pablo González Martín. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Automática Industrial y Automática, 2018.
- [13] Manual de Instrucciones Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL. Facilitado por la empresa Resta S.L., prohibida su distribución, por lo que no se adjunta al presente TFG.
- [14] SIMATIC, O. (2000). Sistema de automatización S7-200. Disponible en: https://www.west-l.com/uploads/tdpdf/s7-200_esp_man.pdf. Último acceso: 28 de Mayo de 2022.
- [15] Siemens. (20 de octubre de 2012). STEP7 MicroWIN V4.0 + SP8 y SP9. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/58523240/step7-microwin-v4-0-sp8-y-sp9?dti=0&lc=es-WW>. Último acceso: 19 de Mayo de 2022.
- [16] SIMATIC,O.(2018). Sistema de Siemens 6EP1332-1SH42. Datasheet disponible en: [df07ffa5eb5b0929cb89556d3df3c0cc41c27df4c77f95ed99a53517753b629e.pdf](https://www.adegis.com/df07ffa5eb5b0929cb89556d3df3c0cc41c27df4c77f95ed99a53517753b629e.pdf) (adegis.com). Último acceso: 19 de Mayo de 2022.
- [17] General Electronics. P9PDNV0. Elementos del panel de control. Datasheet disponible en: <https://paxmex.com.mx/marca/cema-general-electric/p9pdnvo>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [18] Toshiba Semiconductor. TLP631. Optoacoplador. Datasheet disponible en: <http://www.datasheet.es/PDF/318927/TLP631-pdf.html>. Último acceso: 19 de Mayo de 2022.
- [19] Panasonic. AQV210E. Optomofet. Datasheet disponible en: <https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/110807/ETC1/AQV210E.html>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [20] KEMET. PEH200. Condensador electrolítico de 4700 μ F. Datasheet disponible en: https://content.kemet.com/datasheets/KEM_A4034_PEH200.pdf. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [21] Telemecanique. XS1M18PAS20D. Sensor inductivo. Datasheet disponible en: <https://www.se.com/es/es/product/XS1M18PAS20D/sensor-inductivo-xs1-m18-c-70-mm-inoxidable-sn-5-mm-12-24-vcc-m12/> Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

[22] Rechner Sensors. Sensor inductivo: Detección sin contacto de objetos de metal que se aproximan. Disponible en:
https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-inductivo#C%C3%B3mo_funciona_un_sensor_inductivo. Último acceso: 28 de Mayo de 2022.

[23] Pizzato. FR 2096-M2K40. Interruptor de seguridad. Datasheet disponible en:
<https://www.tme.eu/Document/b1119ca4271cf6486ea014af2be40d8b/FR-SERIES-EN.pdf>.
Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

[24] Sanyo Denki. 103-8932-6451. Motor paso a paso. Datasheet disponible en:
<https://www.tme.eu/Document/48ac9f8512124ec9a791d3759c517a64/sanyo-motor.pdf>. Último
acceso: 21 de Mayo de 2022.

[25] RTA. Controlador MIND-B5. Controlador de motores paso a paso. Datasheet disponible en:
http://store2.lipsiasoft.com/uploads/785889_MINDB_EN.pdf. Último acceso: 21 de Mayo de
2022.

[26] Eaton electronics. DIELEM -10 - G (24VDC). Contactor. Datasheet disponible en:
[https://datasheet.eaton.com/Eaton-010213-DILEM-10-G\(24VDC\)-en_GB.pdf?filename=Eaton-010213-DILEM-10-G%2824VDC%29-en_GB.pdf&model=010213&type=pdf](https://datasheet.eaton.com/Eaton-010213-DILEM-10-G(24VDC)-en_GB.pdf?filename=Eaton-010213-DILEM-10-G%2824VDC%29-en_GB.pdf&model=010213&type=pdf). Último acceso:
19 de Mayo de 2022.

[27] Eaton electronics.Z-SH/1. Fusibles. Datasheet disponible en:
https://datasheet.eaton.com/Eaton-263876-Z-SH-1-en_GB.pdf?model=263876&_lt=&locale=en_GB&of=es_ES&type=pdf. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

[28] RS Components. PNOZ X1. Dispositivo de parada de emergencia. Datasheet disponible en:
<https://docs.rs-online.com/1fb6/0900766b813193bf.pdf>. Último acceso: 19 de Mayo de 2022.

[29] RS Components. KCF2PZ. Interruptor General de Alimentación. Datasheet disponible en:
<https://docs.rs-online.com/40b7/0900766b813fc7be.pdf>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

[30] Resta S.L. Sitio web: <https://www.resta.it/>. Último acceso: 19 de Mayo de 2022.

[31] Introducción al GRAFCET. Disponible en:
<https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

[32] Información sobre GRAFCET. Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET#Principios_b.C3.A1sicos. Último acceso: 21 de Mayo de
2022.

[33] Resumen sobre GRAFCET. Disponible en:
http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/grafcet_resumen.pdf. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

- [34] Modos de marcha y parada. La guía GEMMA. Disponible en:
<https://blog.utp.edu.co/ricosta/files/2011/08/1.-Ejemplo-Gu%C3%ada-GEMMA.pdf> Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [35] Graficets parciales y globales. Oriol Boix. Disponible en:
<http://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/varios/parcial.html>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [36] Ponsa Asensio, P., & Arbós, R. V. (2006). Automatización de procesos mediante la guía GEMMA (Vol. 102). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica. Disponible en:
https://www.e-buc.com/portades/9788498800227_L33_23.pdf. Último acceso: 28 de Mayo de 2022.
- [37] Descripción de la guía GEMMA. Disponible en:
<http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema10.pdf>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [38] Lenguaje de programación KOP (esquema de contactos). Disponible en:
http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Step/step7/Proyecto%20step7/paginas/contenido/step7/7/2.9.1.2.htm. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [39] Neheylor Mechatronics. Introducción al diagrama de contactos (LADDER o KOP). Disponible en:
<https://www.neheylormechanics.com/plc/introduccionladder/>. Último acceso: 28 de Mayo de 2022.
- [40] Tutorial de programación en Simatic S7. (2002). Disponible en:
<https://usuarios.tinet.cat/fbd/plc/Tutorial%20S7.pdf>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.
- [41] Tecno plc. Configuración, PLC S7 200, Programación. Bits de estado de sistema en S7-200. Disponible en:
<https://www.tecnopl.com/bits-de-estado-de-sistema-en-s7-200>. Último acceso: 19 de Mayo de 2022.
- [42] Universidad de Oviedo. (2007). Guía Gemma. Diciembre 2007. Disponible en:
<http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/GemmaTelemecanique.PDF>. Último acceso: 19 de Mayo de 2022.
- [43] Procedimiento para escribir un programa KOP a partir de un Graficet de nivel 2. Disponible en:
<https://es.scribd.com/doc/239835057/Convertir-GRAFICET-a-KOP-docx>. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

[44] Simatic. Ejemplos S7-200. Generación de impulsos para accionamientos con motor paso a paso con salidas de impulsos integradas en el S7-200 CPU 214 DC/DC/DC. Disponible en: https://instrumentacionycontrol.net/wp-content/uploads/2017/11/IyCnet_S72_22S_Motor_Paso_Paso.pdf. Último acceso: 21 de Mayo de 2022.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

IV. ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Esquemas eléctricos
- Anexo 2.** Diagramas GRAFCET del funcionamiento simple
- Anexo 3.** Diagramas GRAFCET del funcionamiento complejo
- Anexo 4.** Programación en KOP del funcionamiento simple
- Anexo 5.** Programación en KOP del funcionamiento complejo
- Anexo 6.** Guión de prácticas funcionamiento simple
- Anexo 7.** Guión de prácticas funcionamiento complejo
- Anexo 8.** Material complementario para la docencia
- Anexo 9.** Vídeos de puesta en marcha
- Anexo 10.** Vídeos de funcionamiento automatizado

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

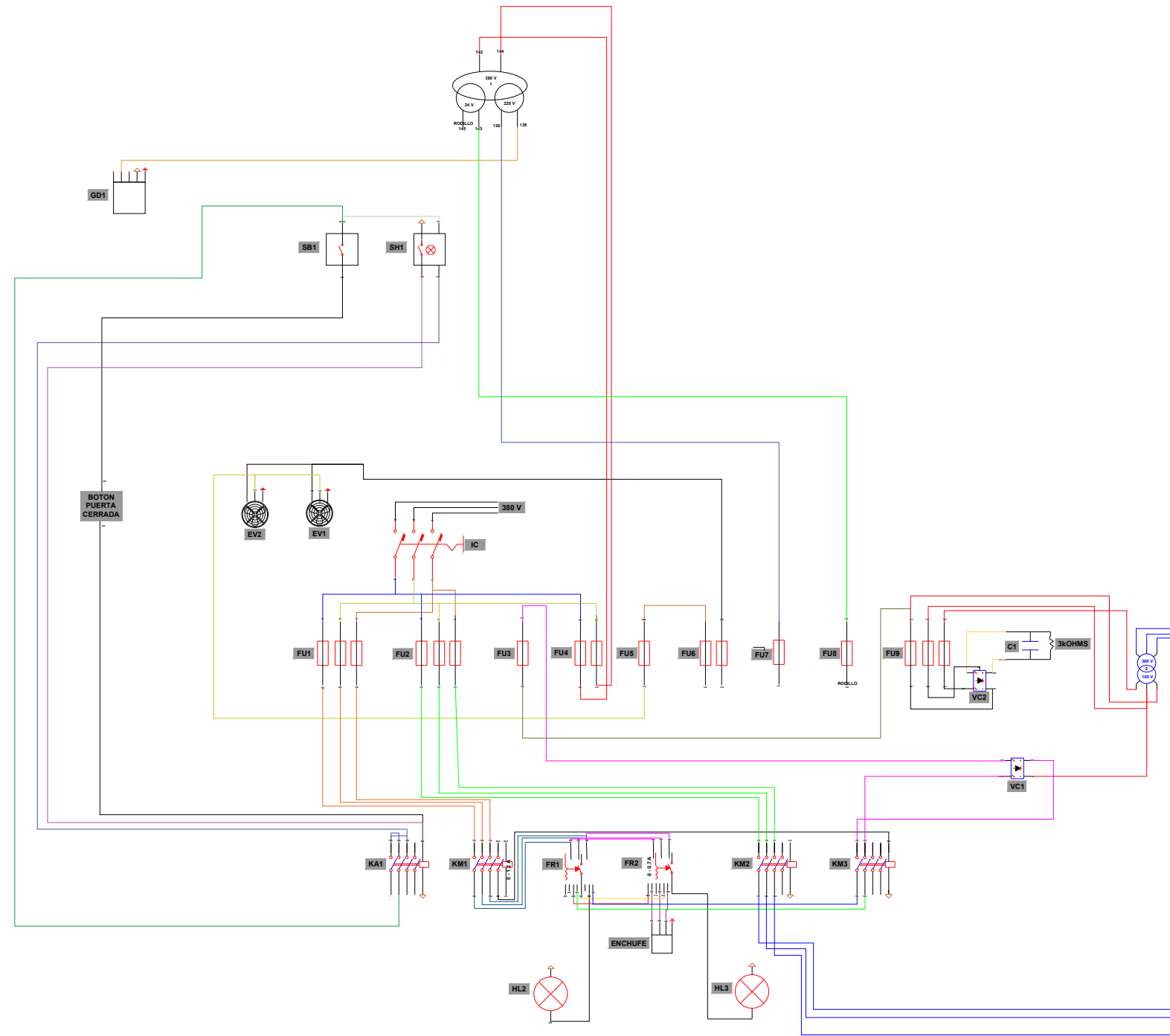
TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 1:

Esquemas Eléctricos



LEYENDA

DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 380/100 V		TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 380/24-220 V
	CONTACTOR		INTERRUPTOR TÉRMICO
	FUSIBLE UNIPOLAR		PULSADOR
	FUSIBLE BIPOLAR		PUENTE DE DIODOS
	FUSIBLE TRIPOLAR		TIERRA
	TIERRA		LUZ ALARMA
	CONDENSADOR		INTERRUPTOR GENERAL DE ALIMENTACIÓN
	VENTILADOR		INTERRUPTOR GENERAL DE ALIMENTACIÓN
KM1-KM3	CONTACTOR	KA1	CONTACTOR
EV1, EV2	VENTILADOR	FR1	INTERRUPTOR TÉRMICO
FU1-FU9	FUSIBLES	SB1	PULSADOR OFF
SH1	PULSADOR ON	VC1- VC2	PUENTE DE DIODOS
C1	CONDENSADOR	HL2	LUZ DE ALARMA IZQUIERDA
HL3	LUZ DE ALARMA CENTRAL	-	-

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores

Ángel Marcos Trujillo Trujillo
Laura Lourdes Suárez Afonso



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Universidad de la Laguna (ULL)

Fecha

JUNIO 2022

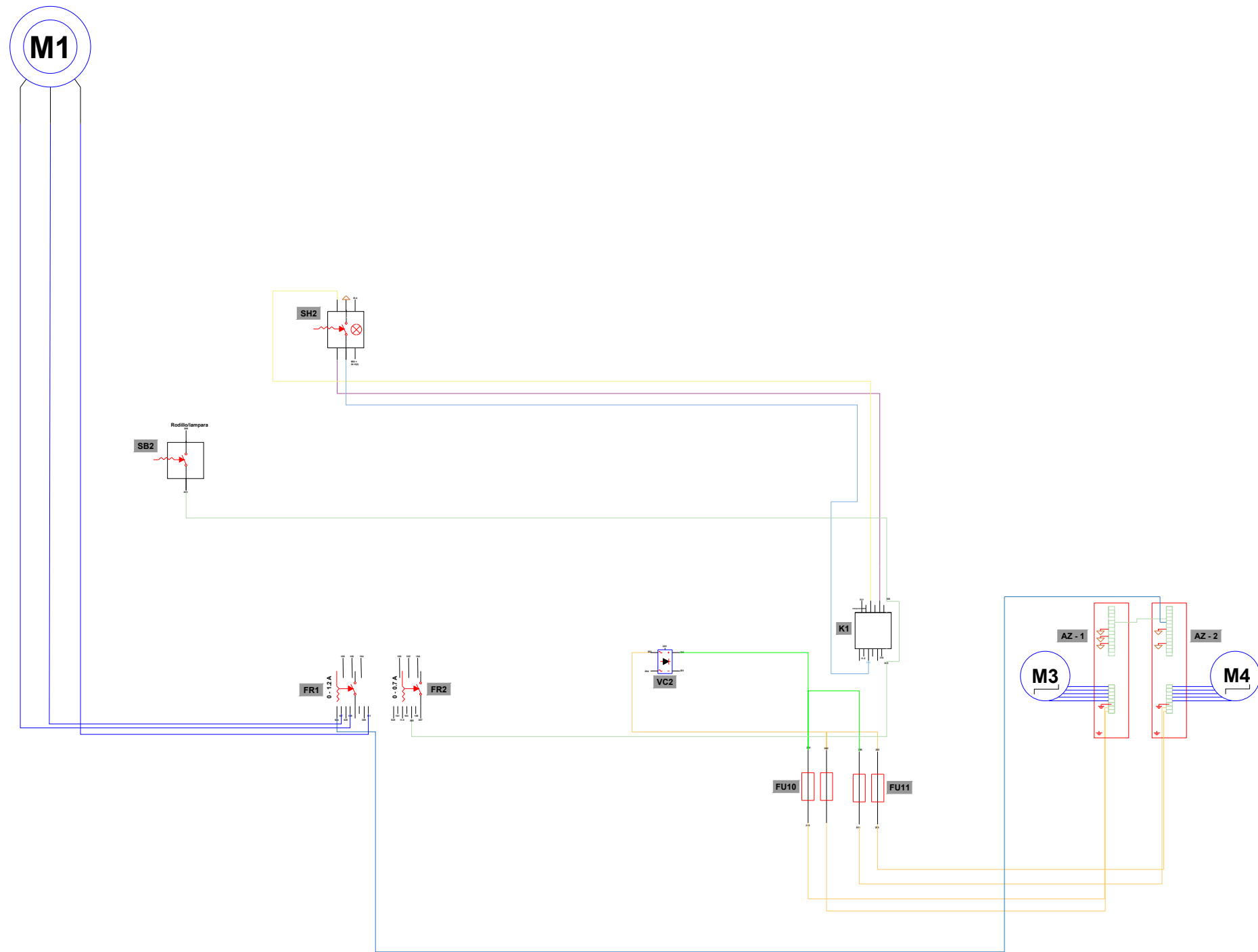
Id. s. norma

UNE - EN - DIN A3

ESCALA:
N/A

ALIMENTACIÓN DE LA MÁQUINA ACOLCHADORA
ELECTRÓNICA DE PLATABANDAS H222 EL

Nom.Arch: Esq_Electrico_Alimentacion.dwg

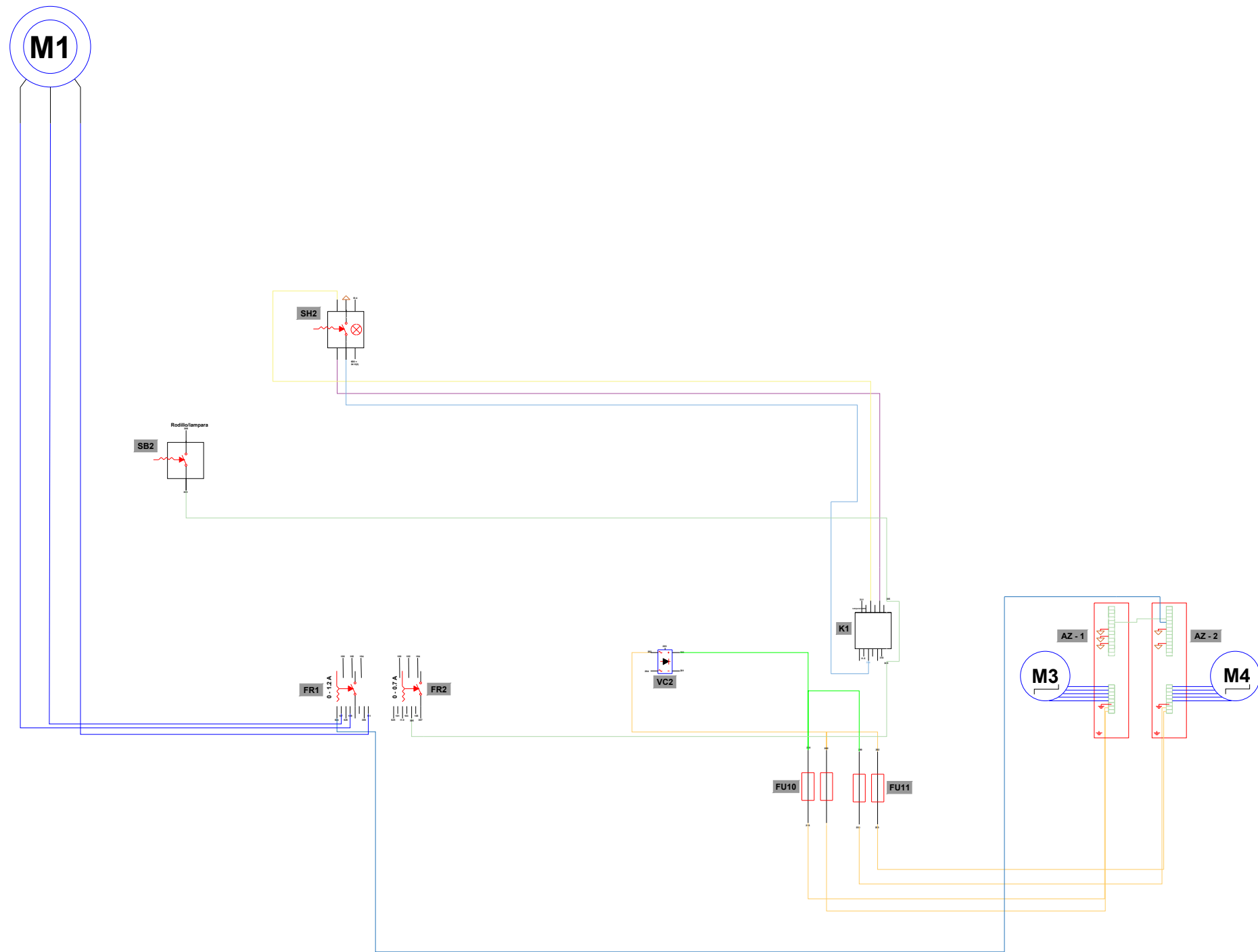


LEYENDA

DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN	
	MOTOR PASO A PASO		TIERRA
	MOTOR TRIFÁSICO		INTERRUPTOR TÉRMICO
	FUSIBLE UNIPOLAR		PULSADOR/SETA DE EMERGENCIA
	FUSIBLE BIPOLAR		PUENTE DE DIODOS
	FUSIBLE TRIPOLAR		TIERRA
M3-M4	MOTOR PASO A PASO	M1	MOTOR TRIFÁSICO
FR1	INTERRUPTOR TÉRMICO	FR2	INTERRUPTOR TÉRMICO
FU10	FUSIBLE BIPOLAR	FU11	FUSIBLE BIPOLAR
SH2	PULSADOR RESET	SB2	SETA DE EMERGENCIA
K1	CONTACTOR DE SEGURIDAD PNOZ X1	VC2	PUENTE DE DIODOS
AZ-2	GENERADOR DE PASOS	AZ1	GENERADOR DE PASOS

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022	Universidad de La Laguna	
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	MOTOR TRIFÁSICO, MOTORES PASO A PASO Y CONTROLADORES	Nom.Arch:	Esq_Electrico_Motores.dwg

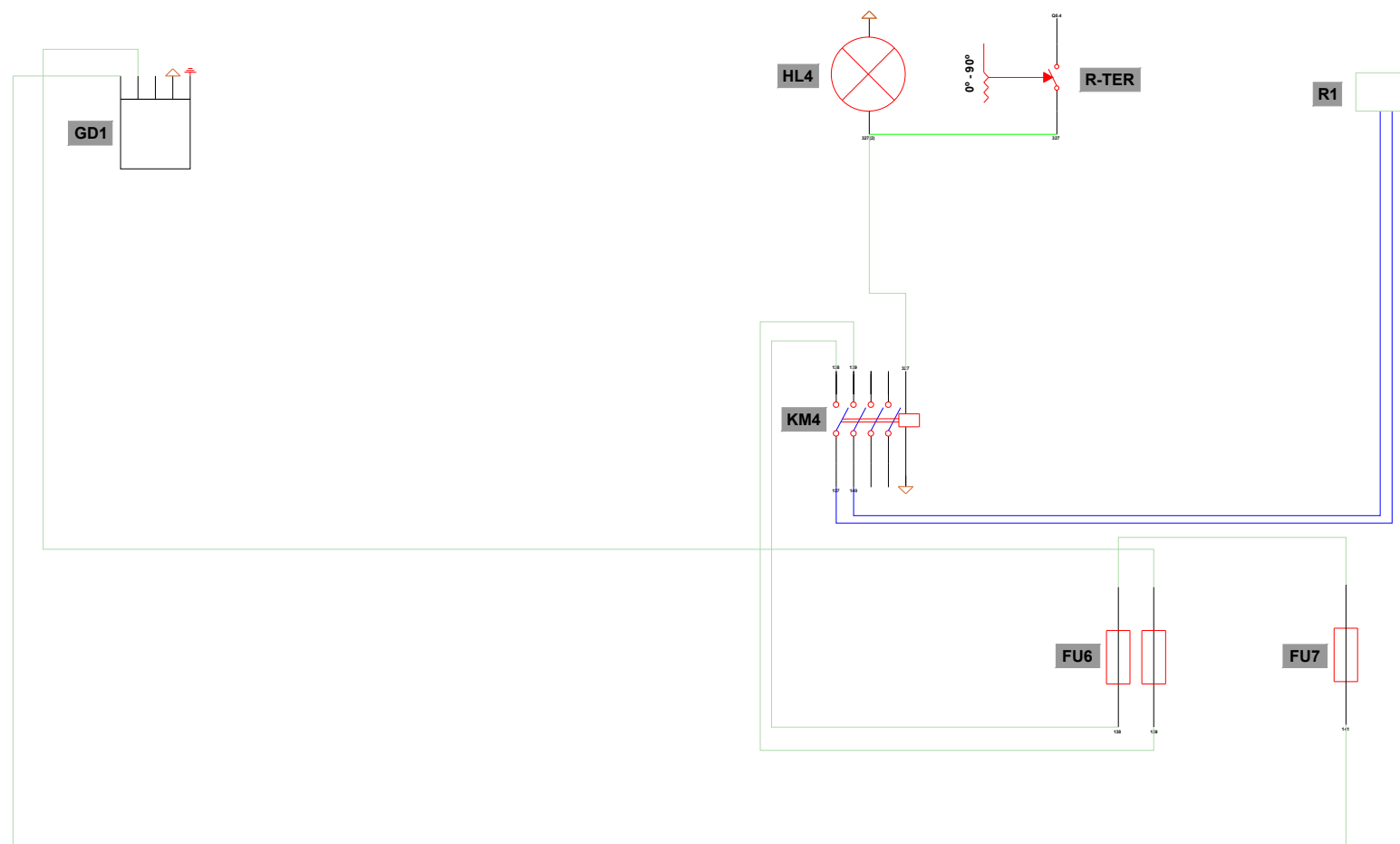


LEYENDA

DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN	
	MOTOR PASO A PASO		TIERRA
	MOTOR TRIFÁSICO		INTERRUPTOR TÉRMICO
	FUSIBLE UNIPOLAR		PULSADOR/SETA DE EMERGENCIA
	FUSIBLE BIPOLAR		PUENTE DE DIODOS
	FUSIBLE TRIPOLAR		TIERRA
M3-M4	MOTOR PASO A PASO	M1	MOTOR TRIFÁSICO
FR1	INTERRUPTOR TÉRMICO	FR2	INTERRUPTOR TÉRMICO
FU10	FUSIBLE BIPOLAR	FU11	FUSIBLE BIPOLAR
SH2	PULSADOR RESET	SB2	SETA DE EMERGENCIA
K1	CONTACTOR DE SEGURIDAD PNOZ X1	VC2	PUENTE DE DIODOS
AZ-2	GENERADOR DE PASOS	AZ1	GENERADOR DE PASOS

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	MOTOR TRIFÁSICO, MOTORES PASO A PASO Y CONTROLADORES	Nom.Arch:	Esq_Electrico_Motores.dwg



LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
	CONTACTOR		TERMOSTATO
	FUSIBLE UNIPOLAR		LUZ
	FUSIBLE BIPOLAR		TIERRA
	FUSIBLE TRIPOLAR		TIERRA
KM4	CONTACTOR	R-TER	SELECCIÓN DE TEMPERATURA (TERMOSTATO)
FU6	FUSIBLE BIPOLAR	FU7	FUSIBLE UNIPOLAR
HL4	LUZ ASOCIADA AL TERMOSTATO	GD1	MÓDULO DE ALIMENTACIÓN DEL AUTÓMATA
R1	CALENTADOR RODILLO	-	-

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022	Universidad de La Laguna	
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	TERMOSTATO Y COMPONENTES RELACIONADOS		Nom.Arch: Esq_Electrico_Termostato.dwg

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

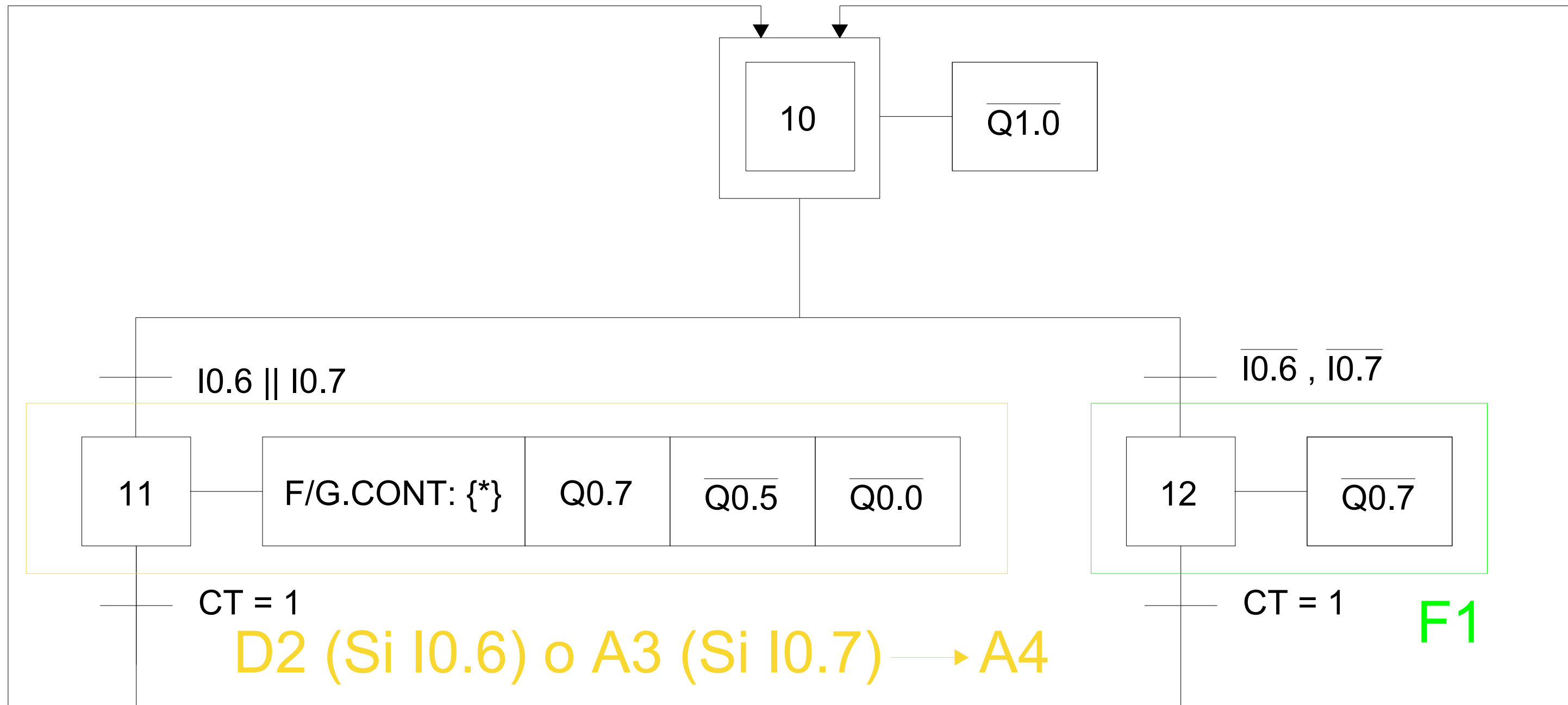
TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 2:

**Diagramas GRAFCET
del funcionamiento
simple**



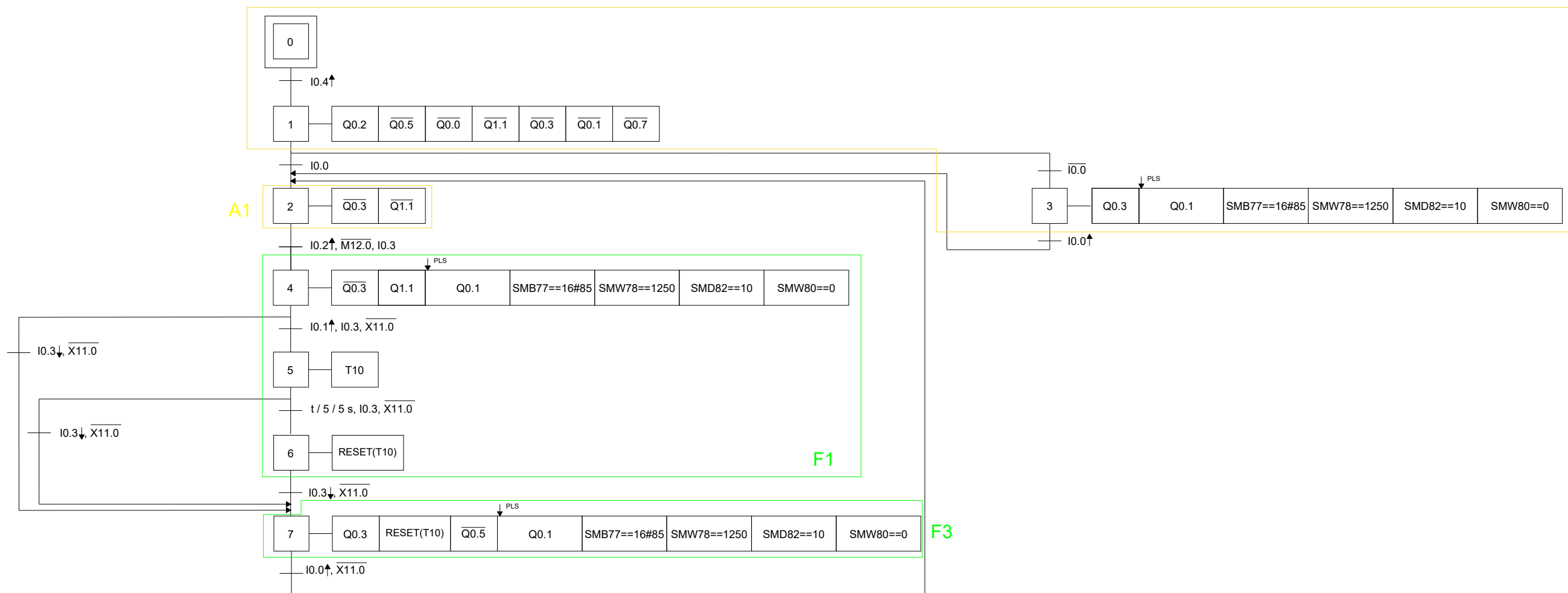
LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
A3	PARADA SOLICITADA EN UN ESTADO DETERMINADO	A4	PARADA OBTENIDA
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	D2	DIAGNÓSTICO Y/O TRATAMIENTO DE FALLOS
I0.6	FALLO EN LA CIRCULACIÓN DE HILO	I0.7	PAUSA
Q0.0	ACCIONAMIENTO DEL RODILLO	Q0.5	ACCIONAMIENTO DE LA AGUJA
Q0.7	LUZ DE ALARMA DERECHA	Q1.0	HABILITAR EL FUNCIONAMIENTO DEL MANDO

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	G.Cond	Nom.Arch:	Conduccion_Simple.dwg


A6



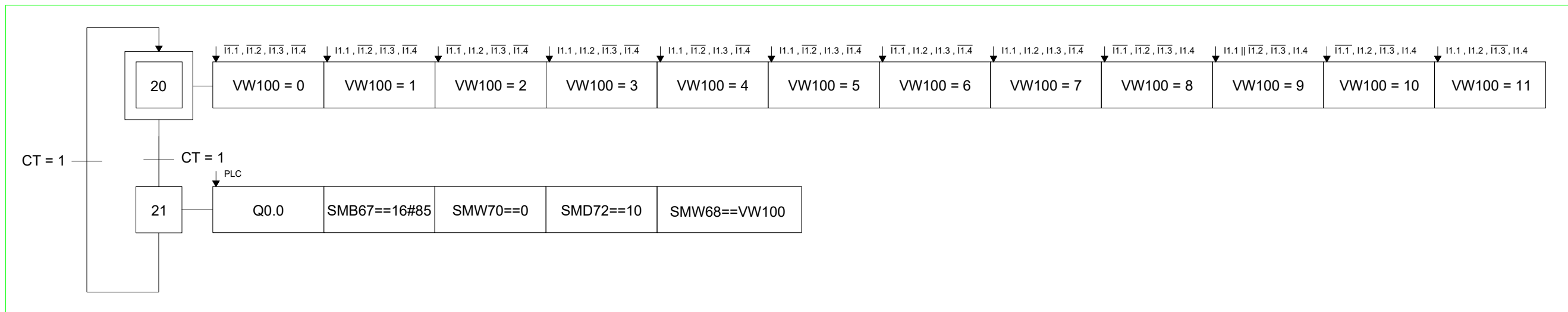
LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	F3	MARCHA DE CIERRE
A1	PARADA EN EL ESTADO INICIAL	A6	PUESTA DEL SISTEMA EN CONDICIONES INICIALES
X11.0	ETAPA CORRESPONDIENTE A G.COND	I0.0	FINAL DE CARRERA (1)
I0.1	FINAL DE CARRERA (2)	I0.2	START
I0.3	STOP	I0.4	RESET
Q0.0	ACCIONAMIENTO DEL RODILLO	Q0.1	ACCIONAMIENTO MOVIMIENTO MAQUINA DE COSER
Q0.2	HABILITACIÓN MOTORES PASO A PASO	Q0.3	CAMBIO SENTIDO DE GIRO MÁQUINA DE COSER
Q0.5	ACCIONAMIENTO DE LA AGUJA	Q0.7	LUZ DE ALARMA DERECHA
Q1.1	LUZ DEL PULSADOR START	T10	TEMPORIZADOR
SMB77	ESPACIO DE MEMORIA	SMW78	ESPACIO DE MEMORIA
SMD82	ESPACIO DE MEMORIA	SMW80	ESPACIO DE MEMORIA
PLS	BLOQUE DE OPERACIÓN DE CONTADORES	-	-

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA:			
N/A	G.Simp		Nom.Arch: Funcionamiento_Simple.dwg

F1



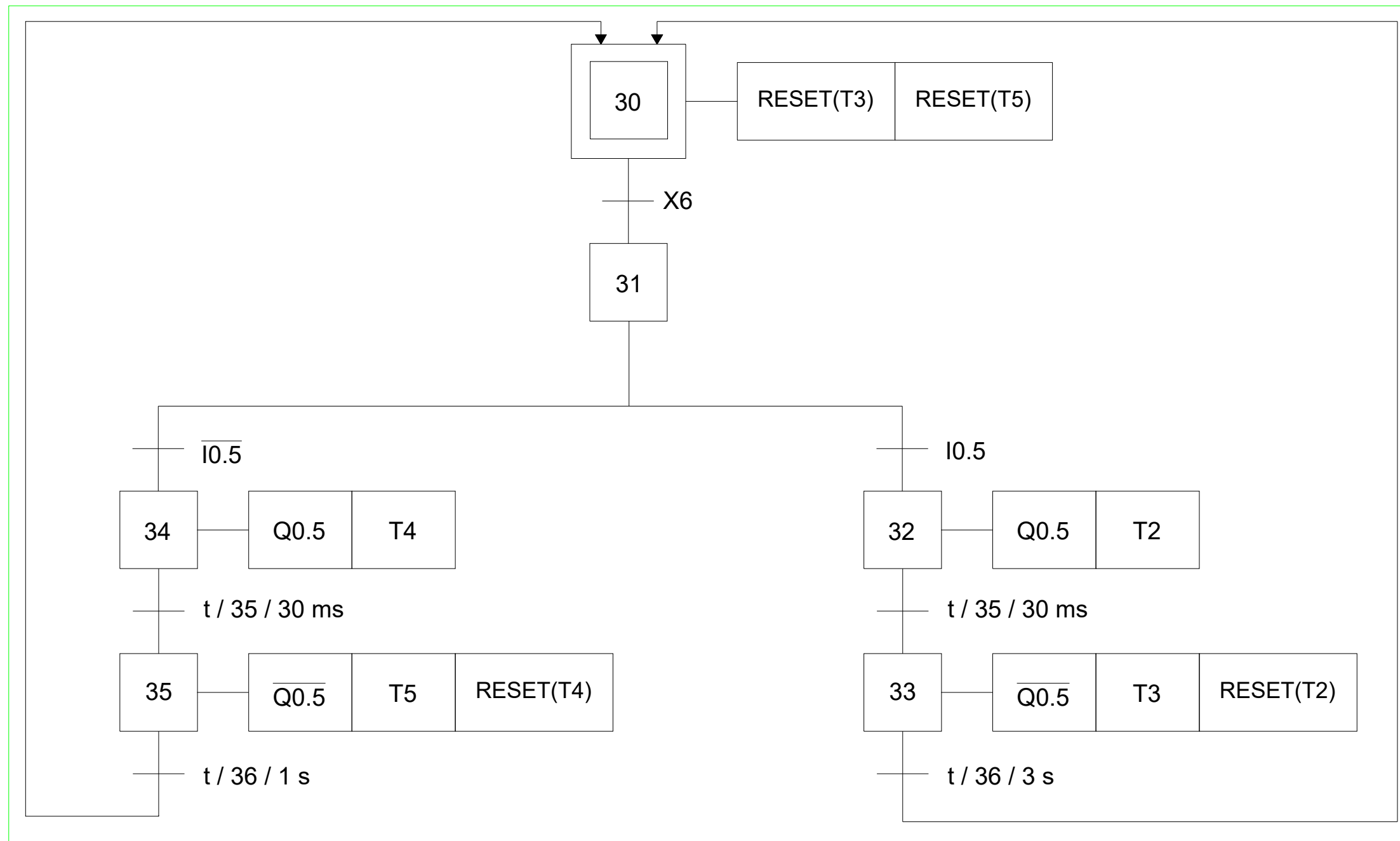
LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	I1.1	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO
I1.2	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO	I1.3	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO
I1.4	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO	Q0.0	ACCIONAMIENTO DEL RODILLO
VW100	ESPACIO DE MEMORIA – VALOR DEL CODIFICADOR	SMB67	ESPACIO DE MEMORIA
SMW70	ESPACIO DE MEMORIA	SMD72	ESPACIO DE MEMORIA
SMW68	ESPACIO DE MEMORIA	PLS	BLOQUE DE OPERACIÓN DE CONTADORES

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	G.Rodillo		Nom.Arch: Rodillo_Simple.dwg

F1



LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	I0.5	SELECTOR ANCHO DE PULSO
Q0.5	ACCIONAMIENTO DE LA AGUJA	T2	TEMPORIZADOR
T3	TEMPORIZADOR	T4	TEMPORIZADOR
T5	TEMPORIZADOR	X6	ETAPA 6 CORRESPONDIENTE A G.SIMP

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA:	G.Aguja		Nom.Arch: Aguja_Simple.dwg
N/A			

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

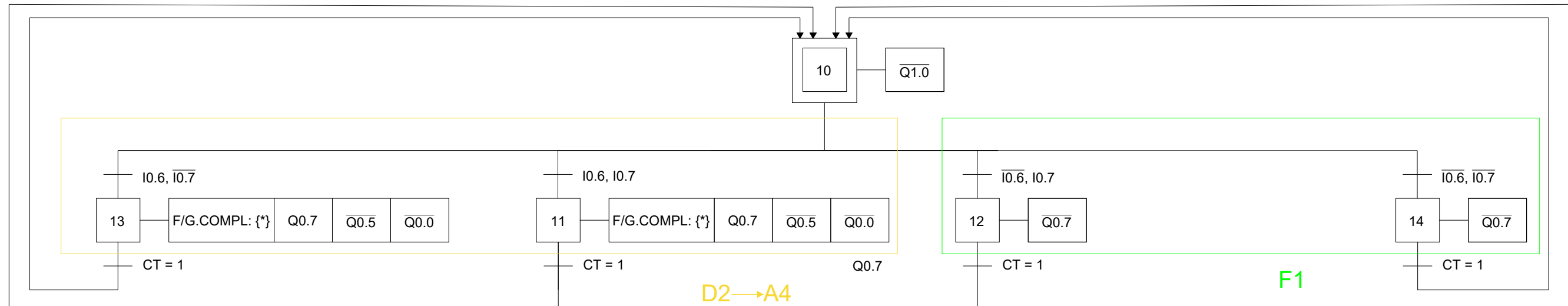
TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 3:

**Diagramas GRAFCET
del funcionamiento
complejo**

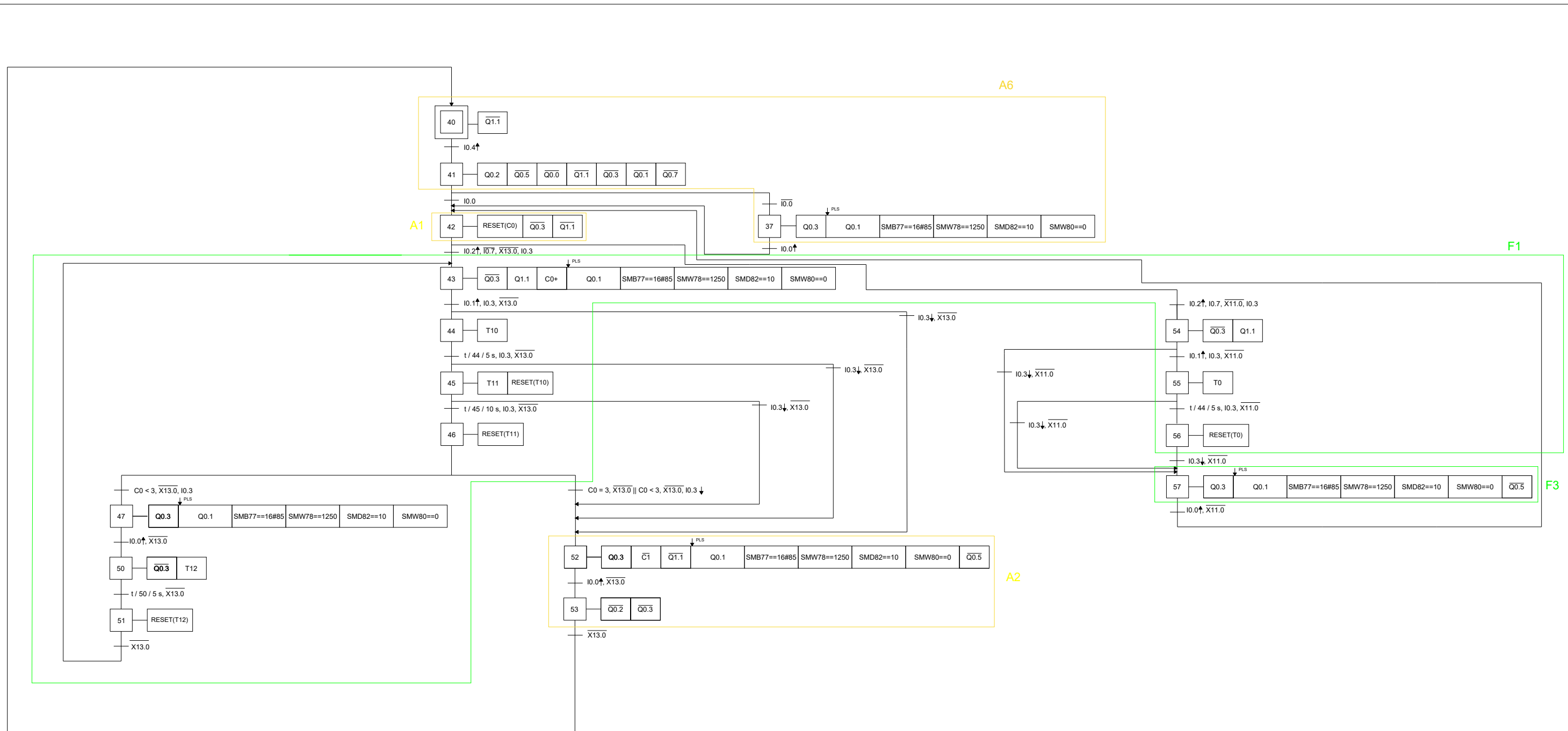


LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	A4	PARADA OBTENIDA
D2	DIAGNÓSTICO Y/O TRATAMIENTO DE FALLOS	I0.6	FALLO EN LA CIRCULACIÓN DE HILO
Q0.0	ACCIONAMIENTO DEL RODILLO	I0.7	ELECCIÓN MODO DE FUNCIONAMIENTO
Q0.7	LUZ DE ALARMA DERECHA	Q1.0	HABILITAR EL FUNCIONAMIENTO DEL MANDO
Q0.5	ACCIONAMIENTO DE LA AGUJA	-	-

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	G.Cond		Nom.Arch: Conduccion_Complejo.dwg



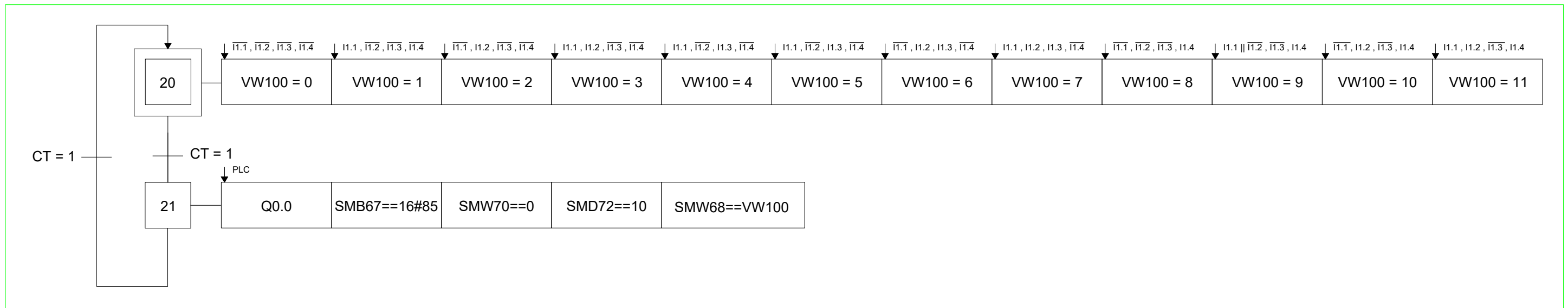
LEYENDA

DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	F3	MARCHA DE CIERRE
A1	PARADA EN EL ESTADO INICIAL	A2	PARADA SOLICITADA A FINAL DE CICLO
A6	PUESTA DEL SISTEMA EN CONDICIONES INICIALES	IO.0	FINAL DE CARRERA (1)
IO.1	FINAL DE CARRERA (2)	IO.2	START
IO.3	STOP	IO.4	RESET
Q0.0	ACCIONAMIENTO DEL RODILLO	Q0.1	ACCIONAMIENTO MOVIMIENTO MAQUINA DE COSER
Q0.2	HABILITACIÓN MOTORES PASO A PASO	Q0.3	CAMBIO SENTIDO DE GIRO MÁQUINA DE COSER
Q0.5	ACCIONAMIENTO DE LA AGUJA	Q0.7	LUZ DE ALARMA DERECHA
Q1.1	LUZ DEL PULSADOR START	T0	TEMPORIZADOR
T10	TEMPORIZADOR	T11	TEMPORIZADOR
C0	CONTADOR	SMB77	ESPACIO DE MEMORIA
SMW78	ESPACIO DE MEMORIA	SMD82	ESPACIO DE MEMORIA
SMW80	ESPACIO DE MEMORIA	PLS	BLOQUE OPERACIÓN DE CONTADORES
X11.0	ETAPA 11 CORRESPONDIENTE A G.COND	X13.0	ETAPA 13 CORRESPONDIENTE A G.COND

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA:	N/A	G.Comp	Nom.Arch: Funcionamiento_Complejo.dwg

F1



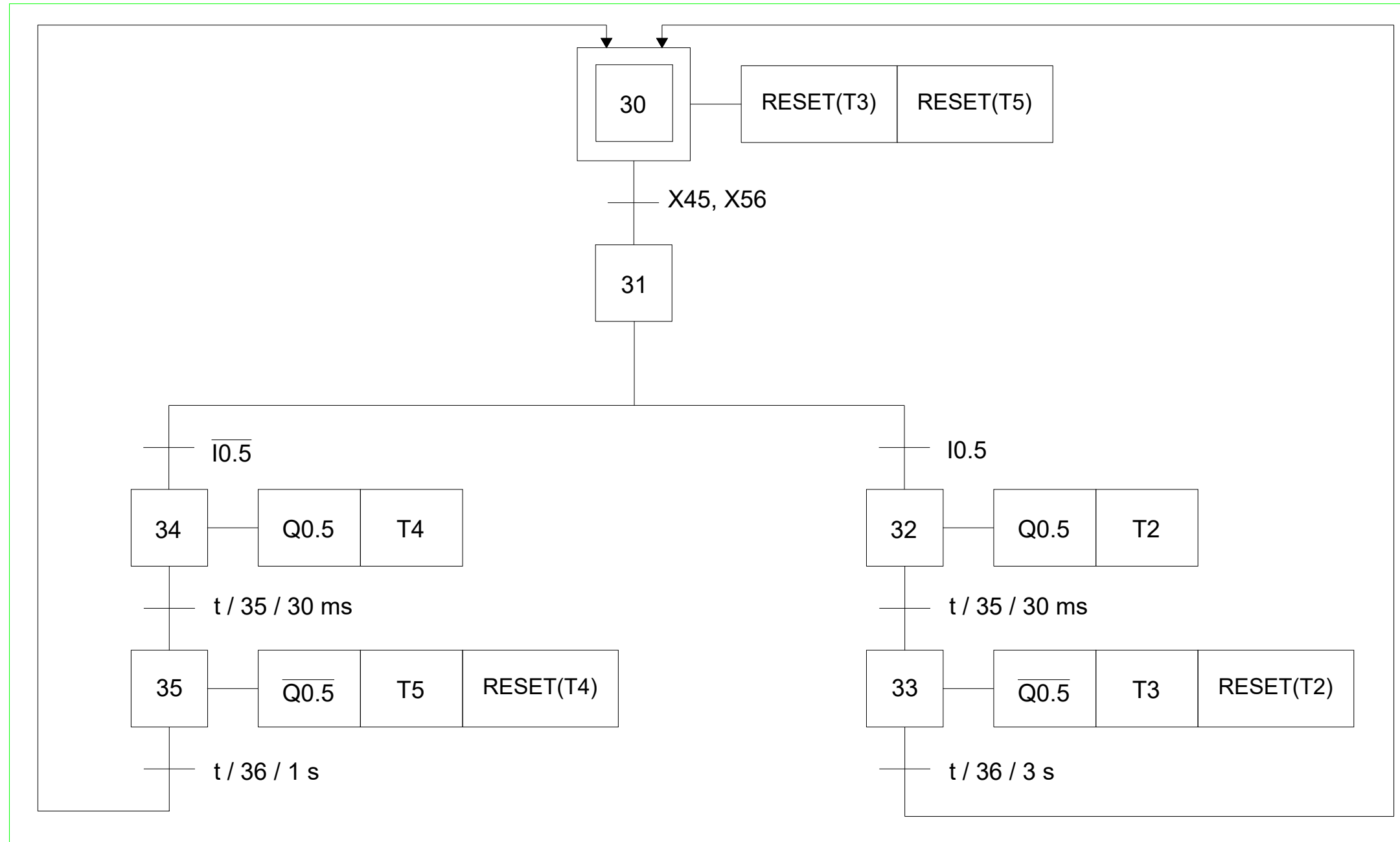
LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	I1.1	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO
I1.2	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO	I1.3	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO
I1.4	ENTRADA CODIFICADOR ROTATORIO	Q0.0	ACCIONAMIENTO DEL RODILLO
VW100	ESPACIO DE MEMORIA – VALOR DEL CODIFICADOR	SMB67	ESPACIO DE MEMORIA
SMW70	ESPACIO DE MEMORIA	SMD72	ESPACIO DE MEMORIA
SMW68	ESPACIO DE MEMORIA	PLS	BLOQUE DE OPERACIÓN DE CONTADORES

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	G.Rodillo		Nom.Arch: Rodillo_Complejo.dwg

F1



LEYENDA

	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
F1	PRODUCCIÓN NORMAL	I0.5	SELECTOR ANCHO DE PULSO
Q0.5	ACCIONAMIENTO DE LA AGUJA	T2	TEMPORIZADOR
T3	TEMPORIZADOR	T4	TEMPORIZADOR
T5	TEMPORIZADOR	X45	ETAPA 45 CORRESPONDIENTE A G.COMP
X56	ETAPA 56 CORRESPONDIENTE A G.COMP	-	-

TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA:	G.Aguja		Nom.Arch: Aguja_Complejo.dwg
N/A			

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 4:

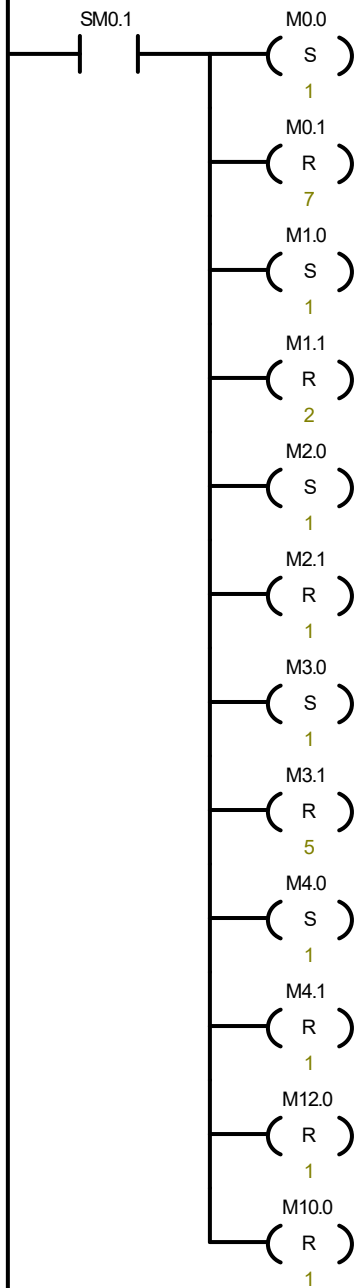
**Programación en KOP
del funcionamiento
simple**

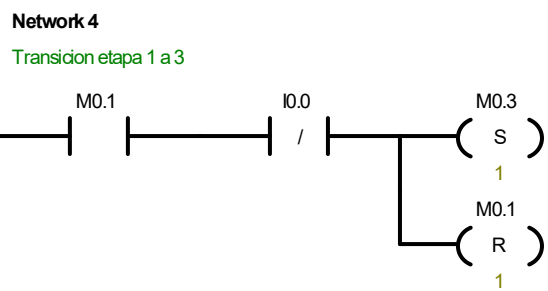
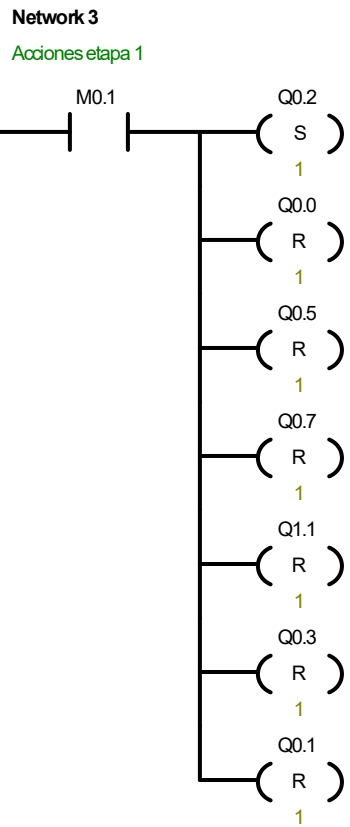
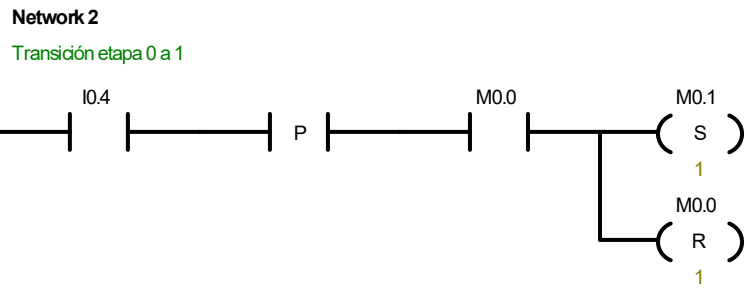
G.Simple

Network 1

Acciones del programa durante el arranque (primer ciclo):

Se activan las etapas iniciales de cada grafoet, en este caso, de cada subrutina, y se resetean las marcas empleadas para el temporizador de 5 segundos y para la parada del funcionamiento debida a la deteccion de error o a la pausa.

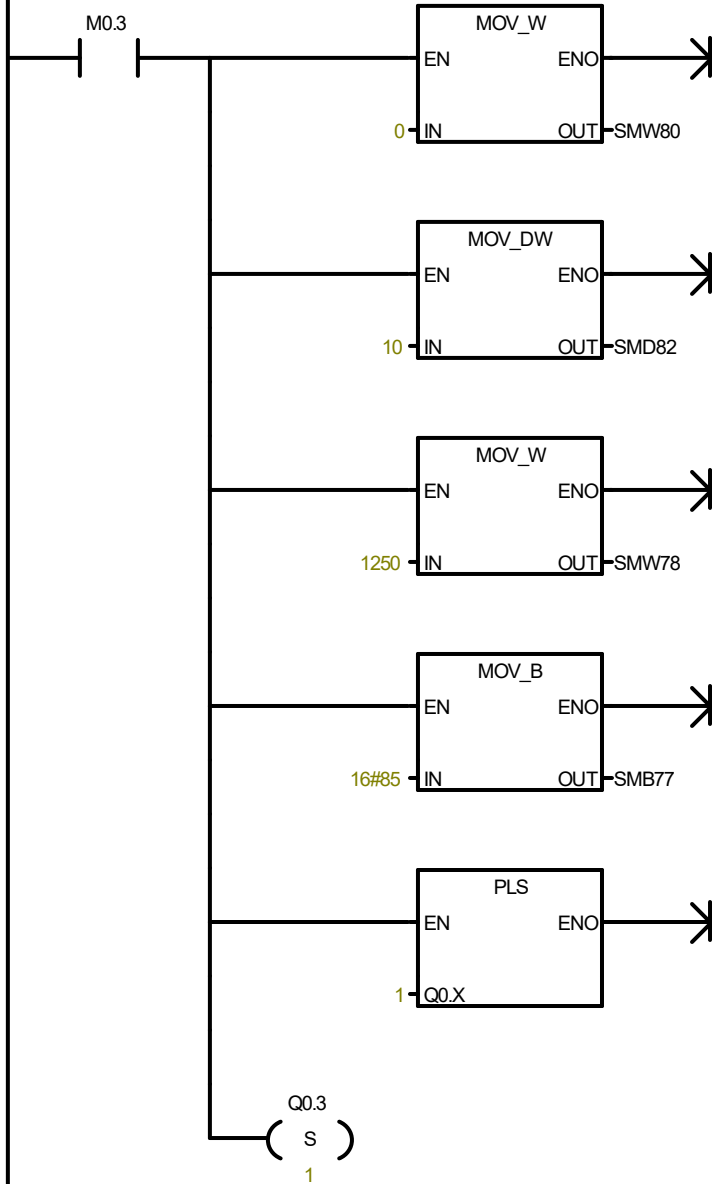




Network 5

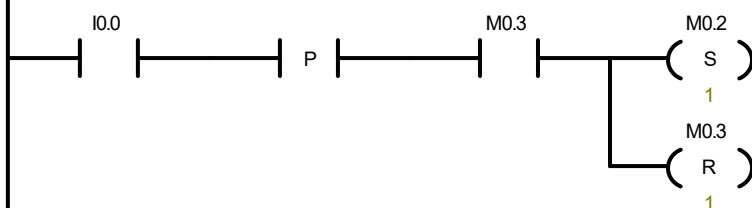
Acciones etapa 3:

Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



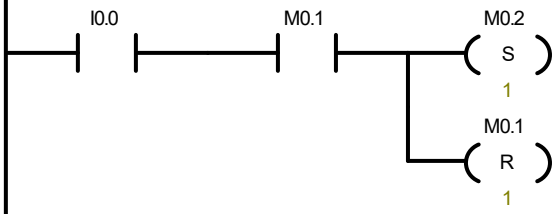
Network 6

Transición etapa 3 a 2



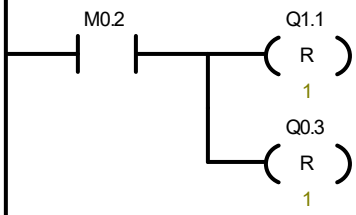
Network 7

Transición etapa 1 a 2



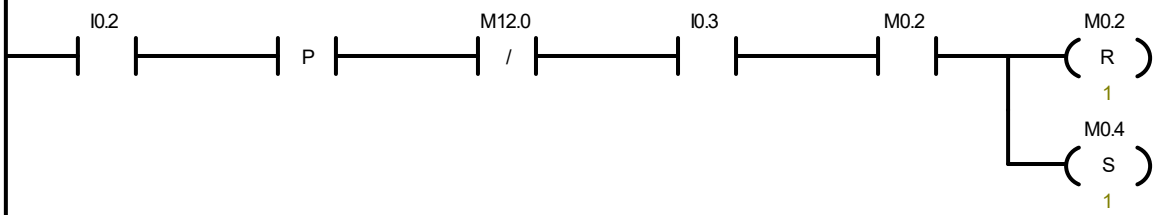
Network 8

Acciones etapa 2



Network 9

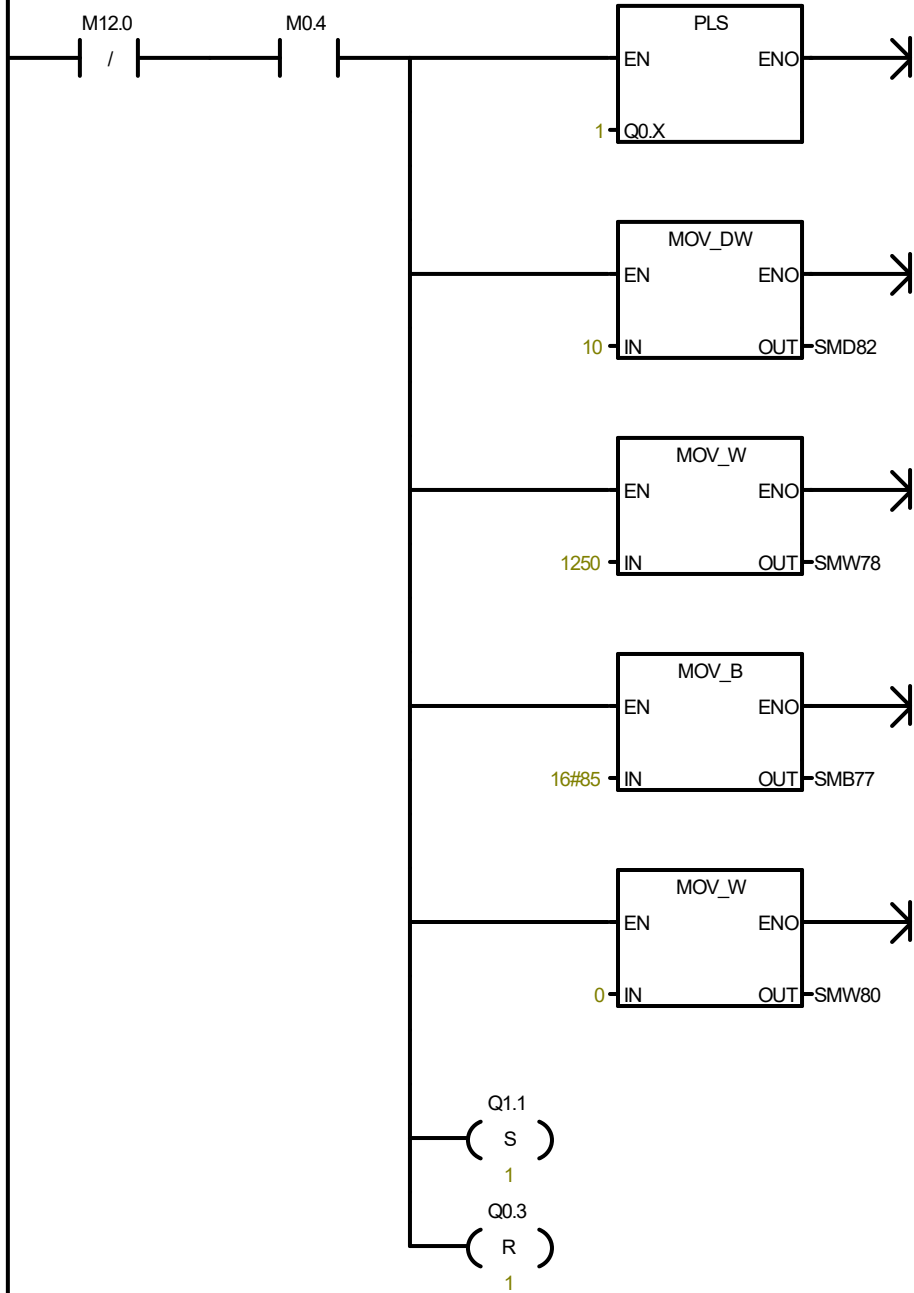
Transición etapa 2 a 4



Network 10

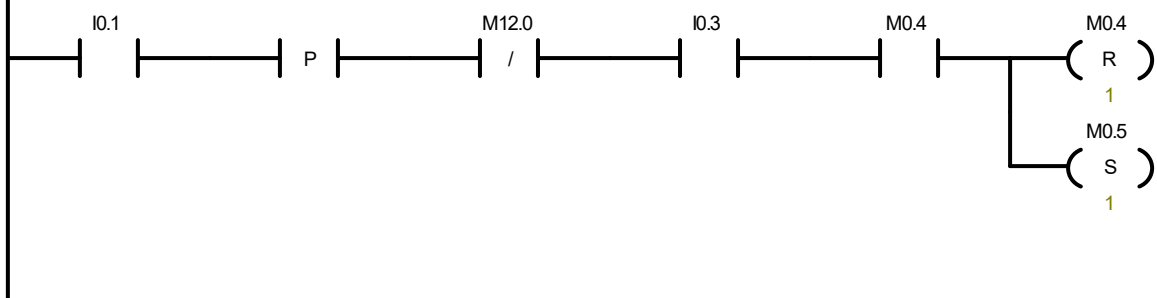
Acciones etapa 4:

Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



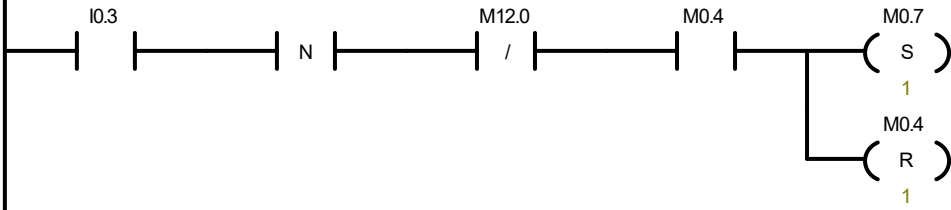
Network 11

Transición etapa 4 a 5



Network 12

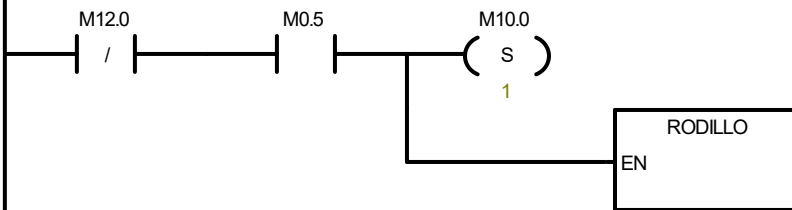
Transición etapa 4 a 7



Network 13

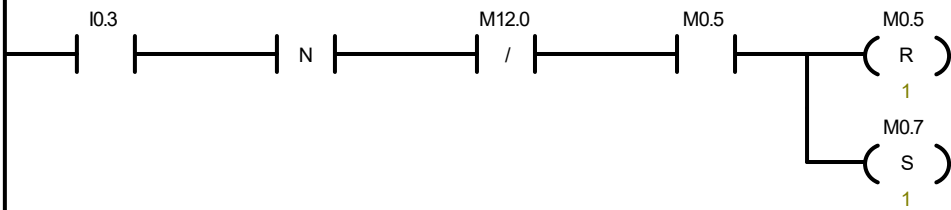
Acciones etapa 5:

La marca M10.0 es empleada para activar la cuenta de 5 segundos, en que el rodillo se mueve simulando la entrada de material.



Network 14

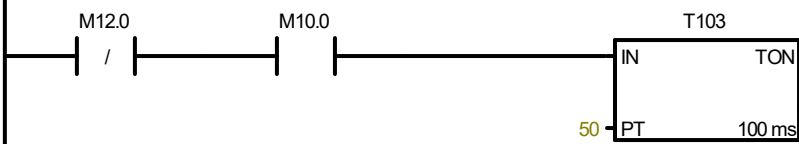
Transición etapa 5 a 7



Network 15

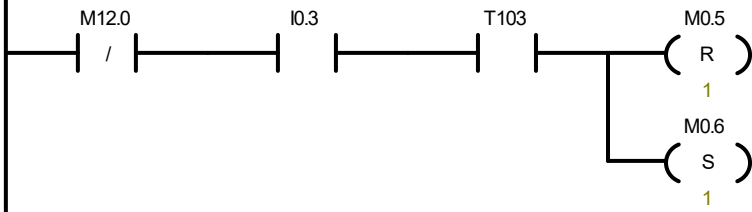
Accion etapa 5:

T103 cuenta 5 segundos



Network 16

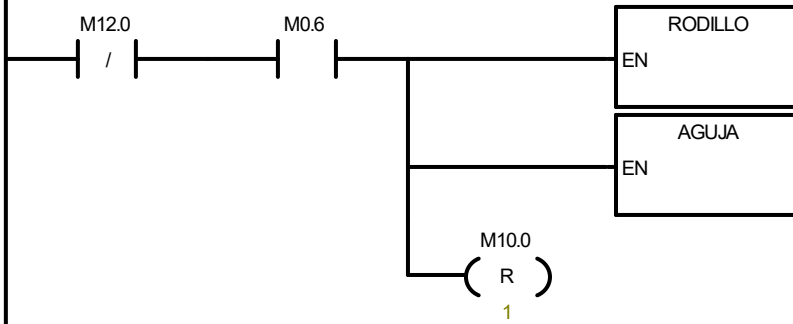
Transición etapa 5 a 6



Network 17

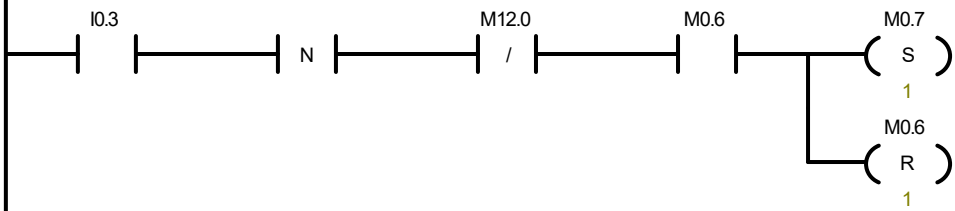
Acciones etapa 6:

Tras la simulación de entrada de material con el temporizador T 103, apagamos la marca M10.0 para deshabilitar el mismo.



Network 18

Transición etapa 6 a 7

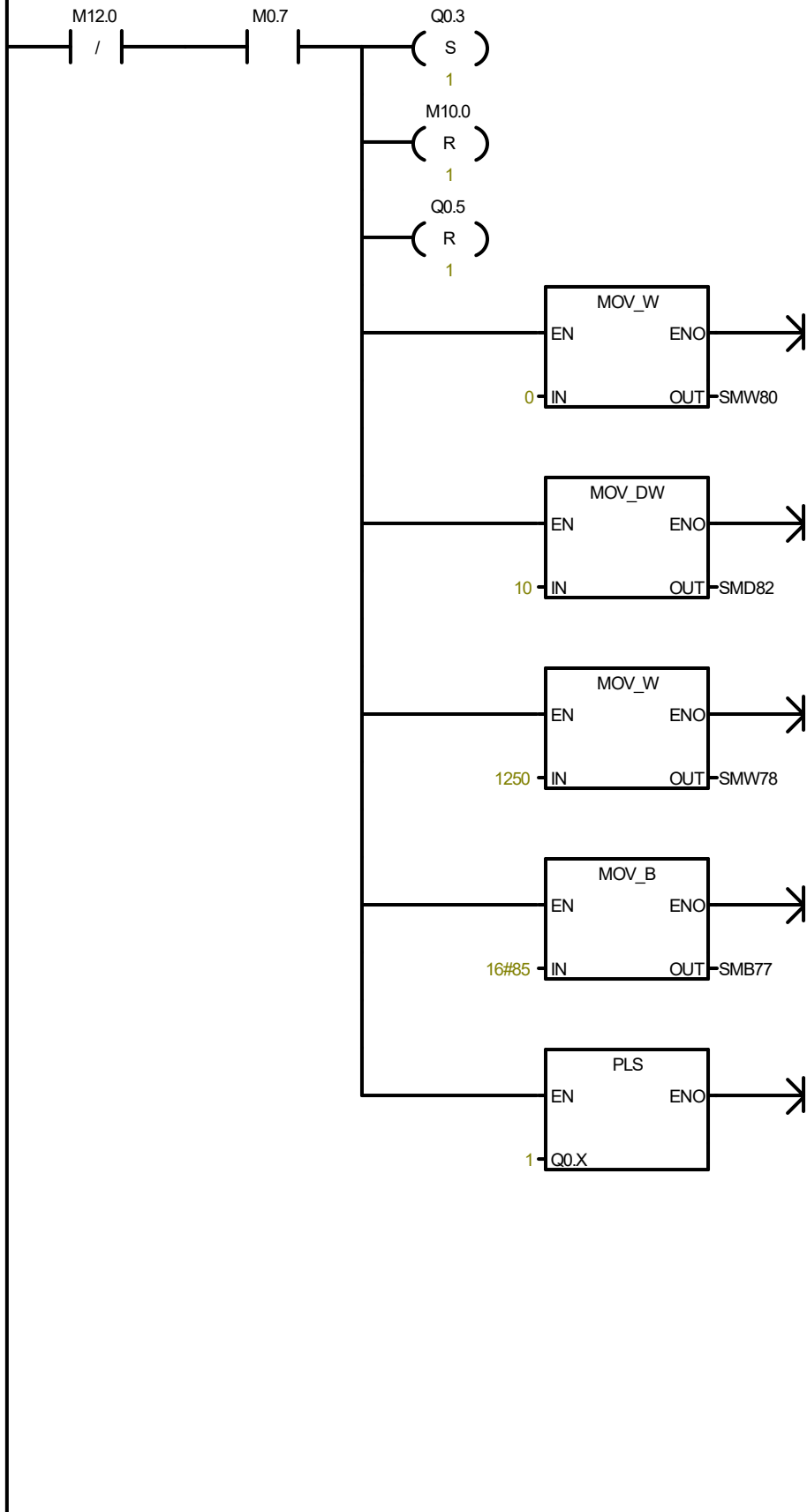


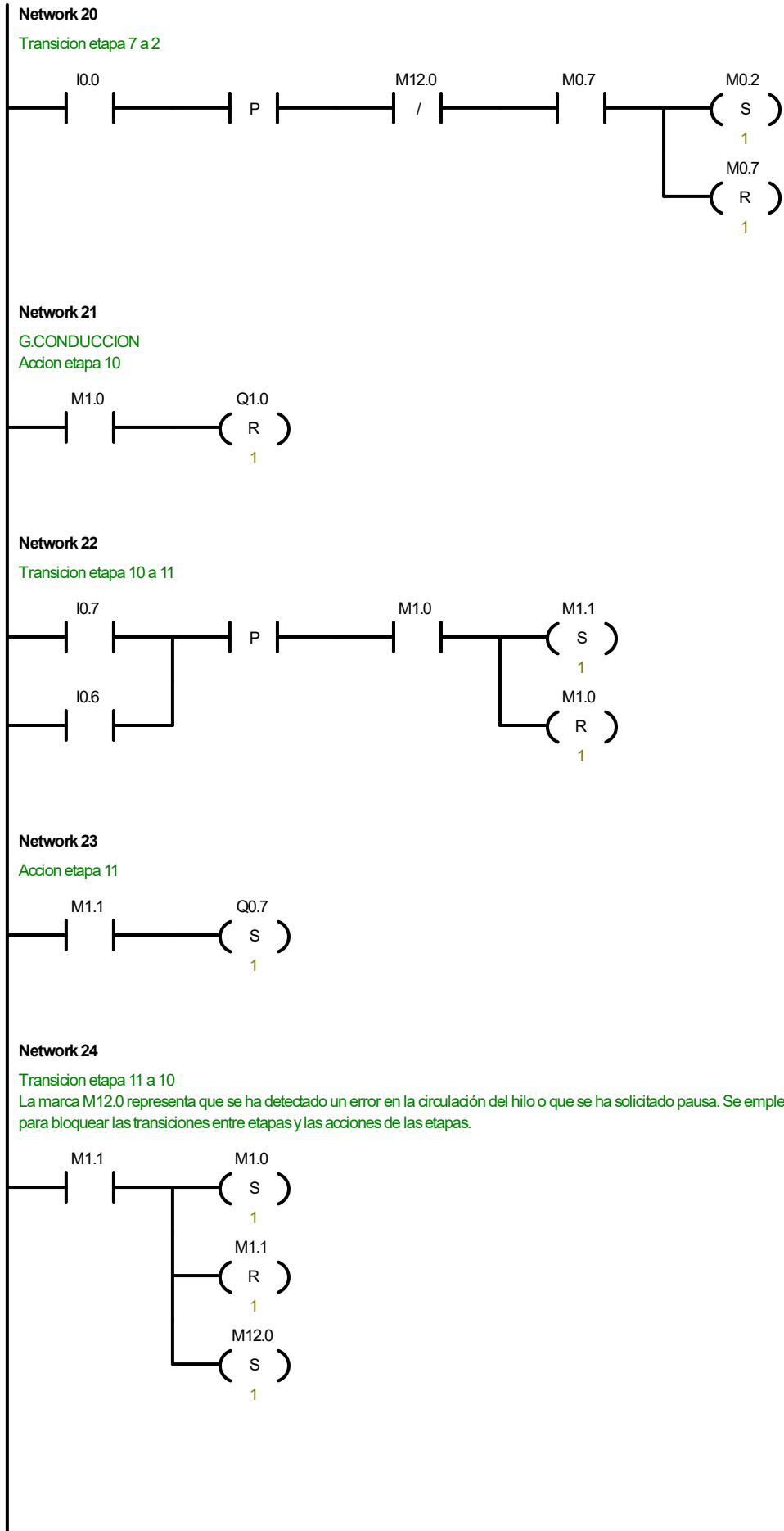
Network 19

Acciones etapa 7:

Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).

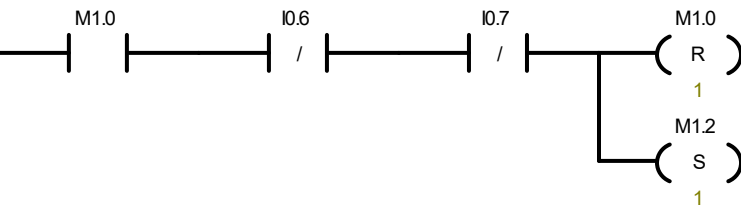
Apagamos la marca M10.0 para deshabilitar el temporizador T103, en caso de que se pulsara STOP.





Network 25

Transición etapa 10 a 12

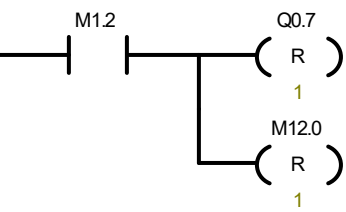


Network 26

Accion etapa 12

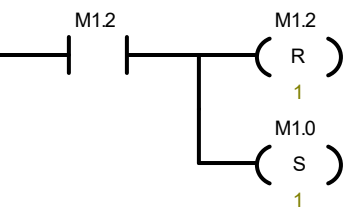
La marca M12.0 representa que se ha detectado un error en la circulación del hilo o que se ha solicitado pausa.

En caso de encontrarse en la etapa 12, se deja de detectar la pausa o el error, por lo que se apaga la marca para continuar con el proceso por donde iba.



Network 27

Transición etapa 12 a 10



Bloque: RODILLO
 Autor:
 Fecha de creación: 05.04.2022 12:18:16
 Fecha de modificación: 20.04.2022 21:03:10

Símbolo	Tipo var.	Tipo de datos	Comentario
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

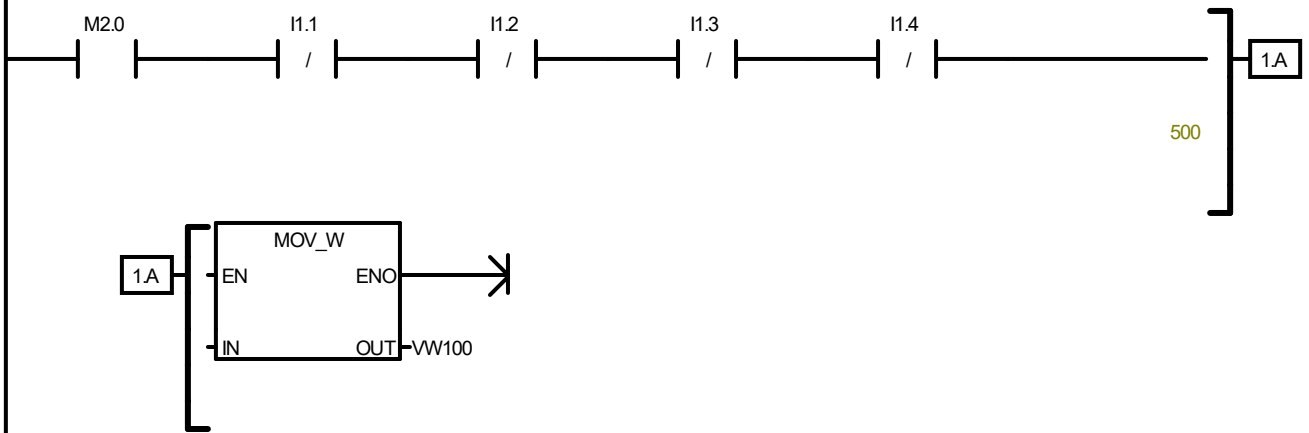
SUBROUTINA PARA EL CONTROL DEL RODILLO

Network 1

ACCIONES ETAPA 20:

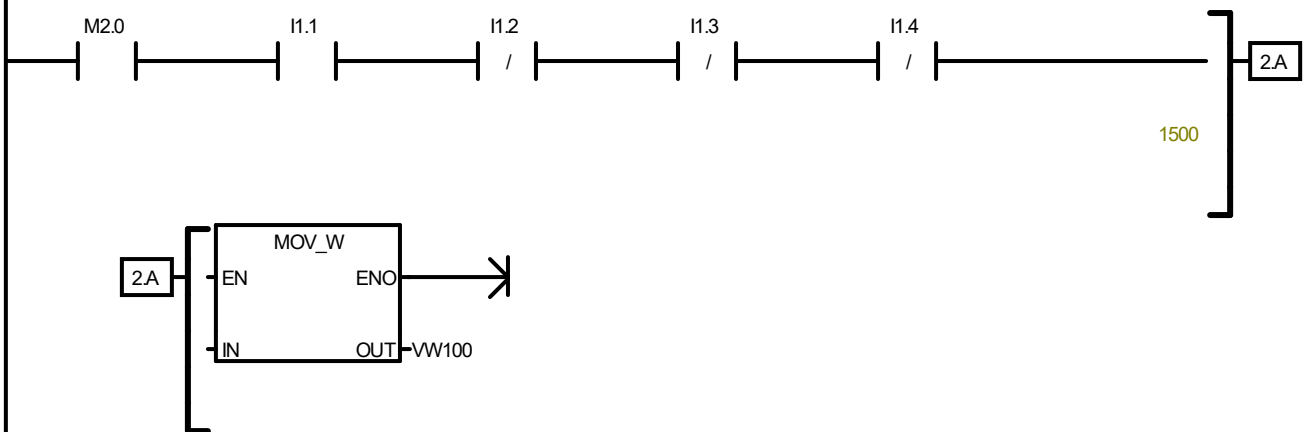
Se guarda un valor en el espacio de memoria VW100, en función de la posición del potenciómetro.

Selector rotatorio en posición 0



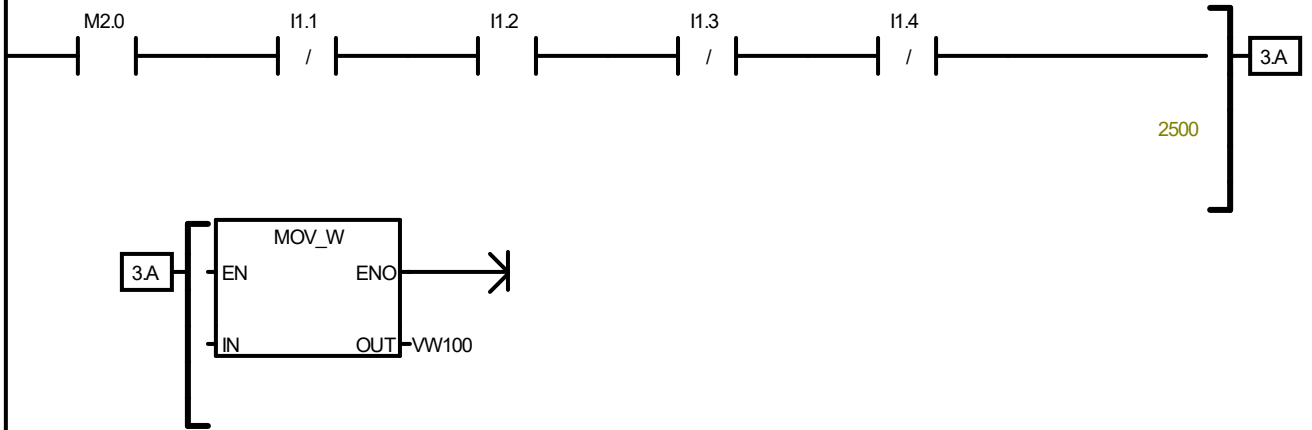
Network 2

Selector rotatorio en posición 1



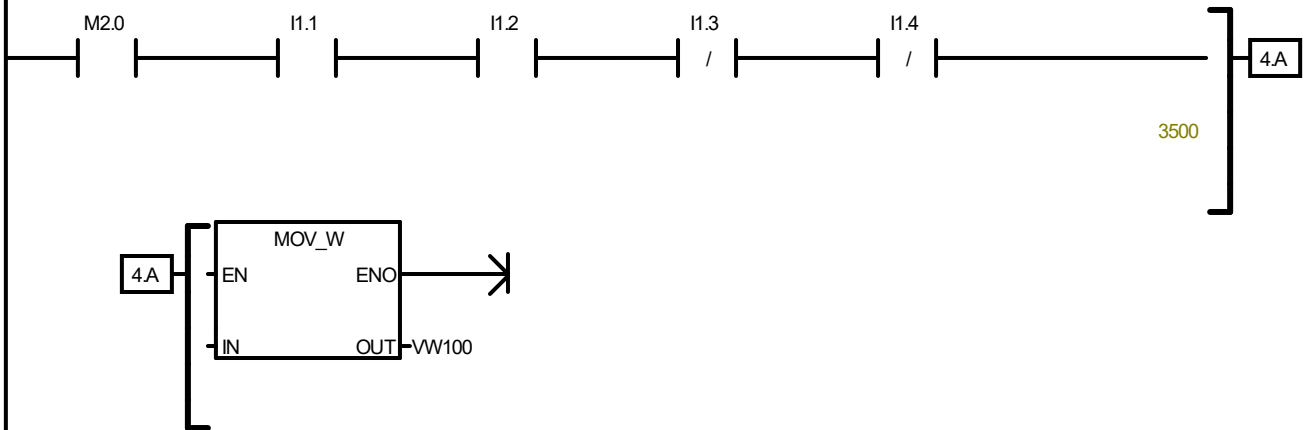
Network 3

Selector rotatorio en posición 2



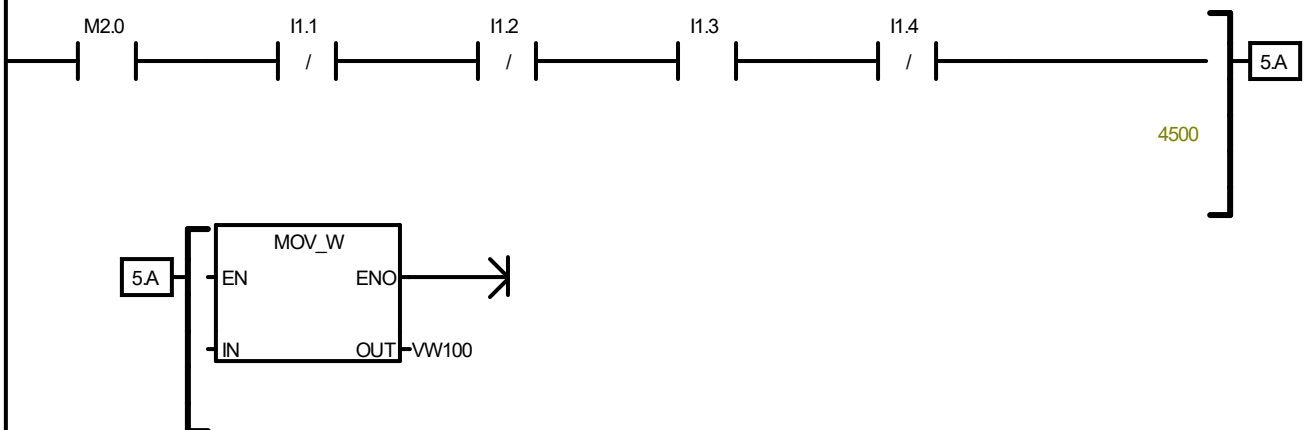
Network 4

Selector rotatorio en posición 3



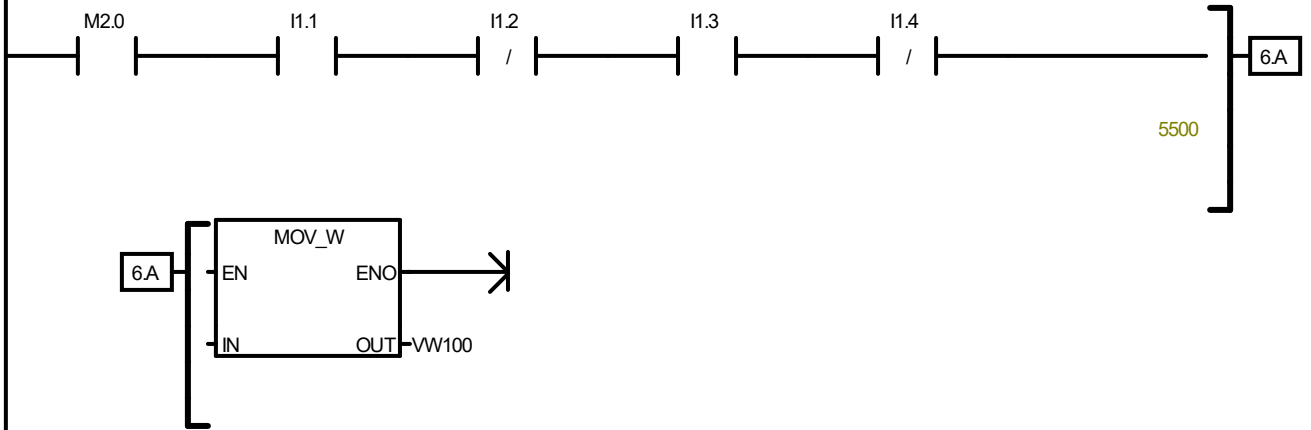
Network 5

Selector rotatorio en posición 4



Network 6

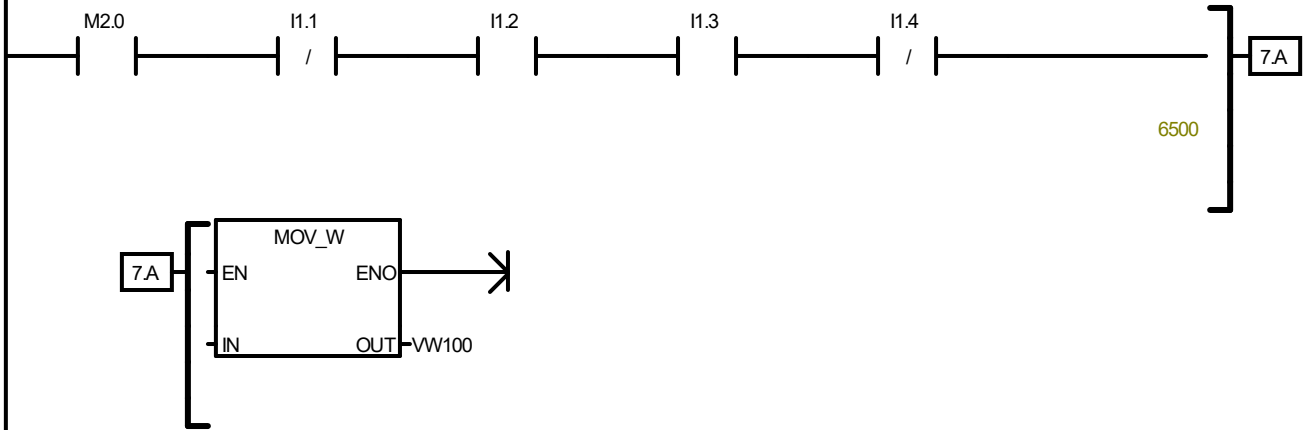
Selector rotatorio en posición 5



5500

Network 7

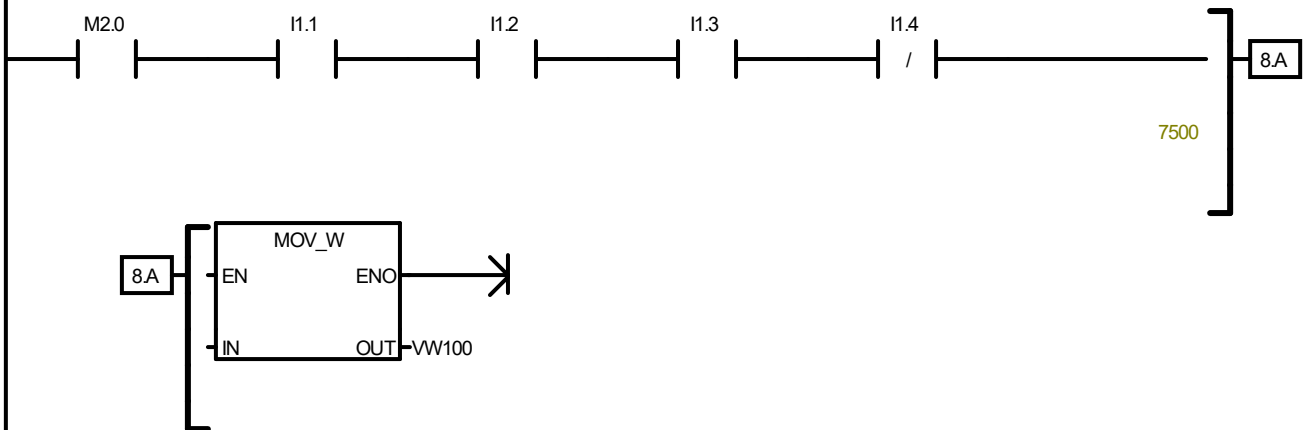
Selector rotatorio en posición 6



6500

Network 8

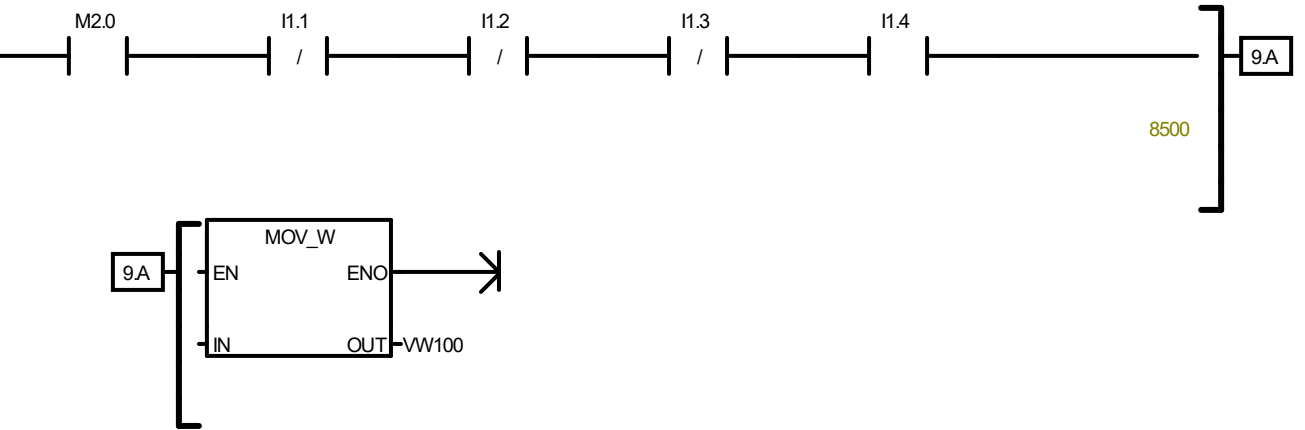
Selector rotatorio en posición 7



7500

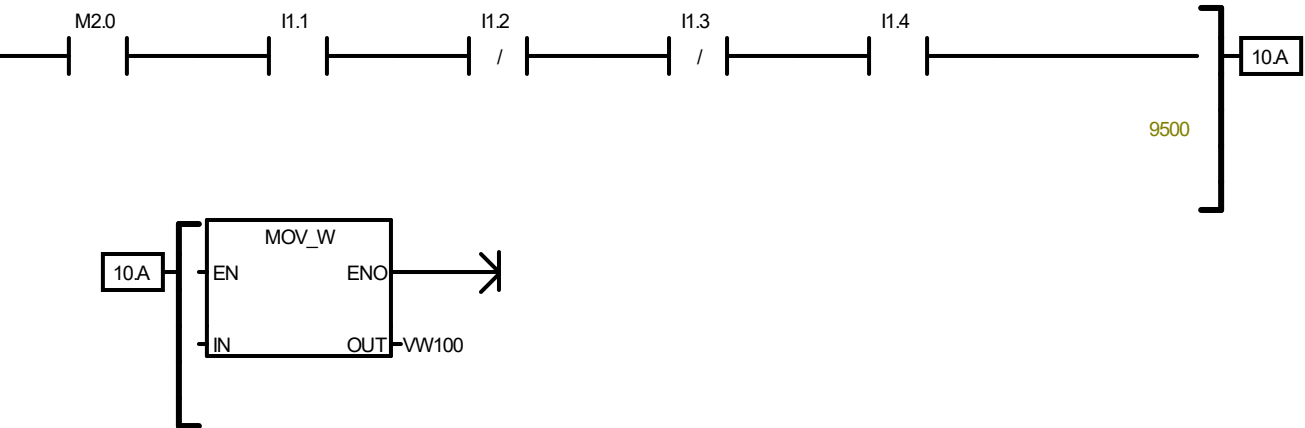
Network 9

Selector rotatorio en posición 8



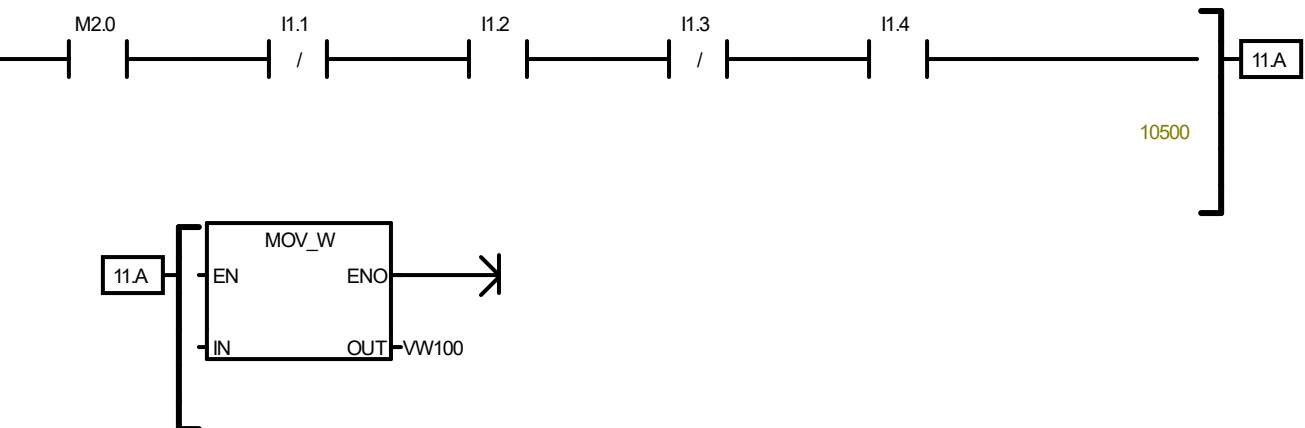
Network 10

Selector rotatorio en posición 9



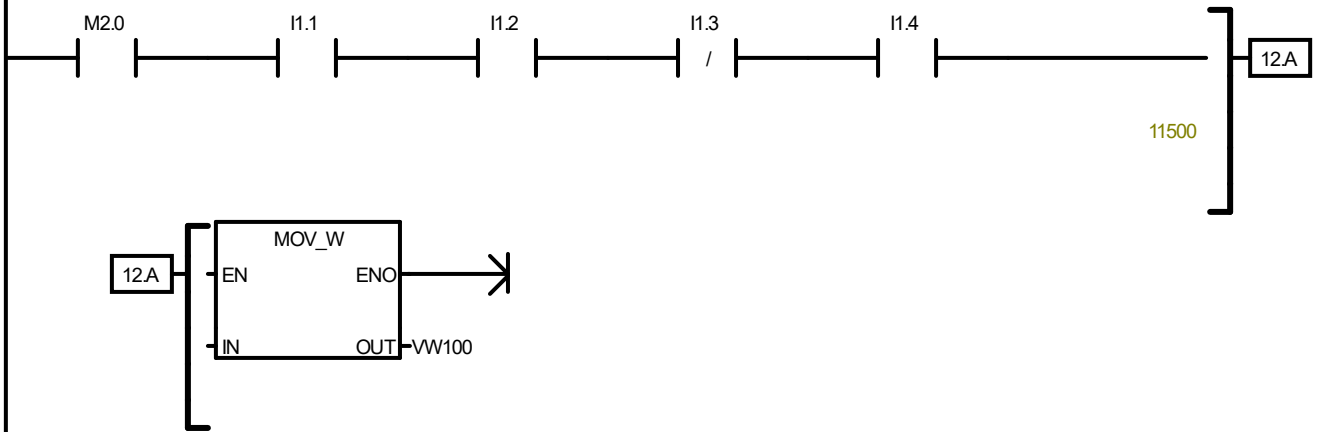
Network 11

Selector rotatorio en posición 10



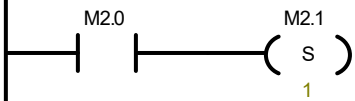
Network 12

Selector rotatorio en posición 11



Network 13

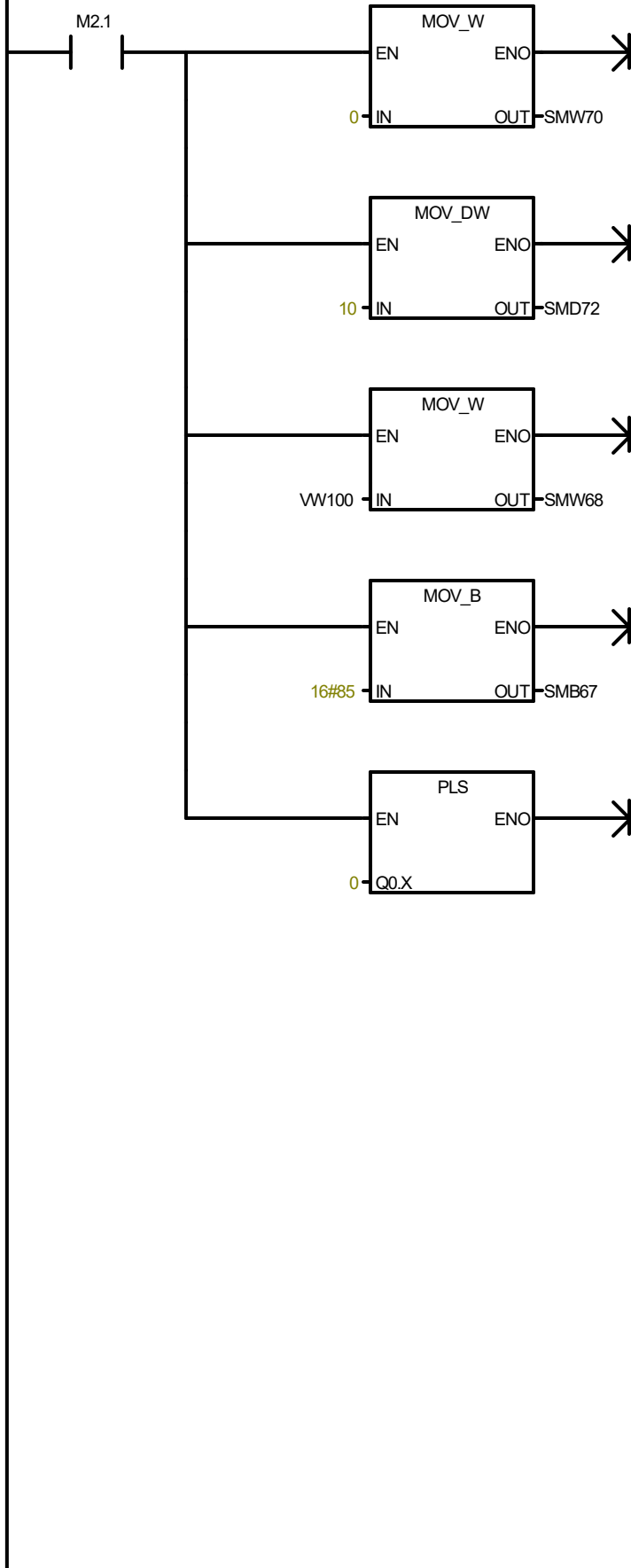
Habilitación etapa 21



Network 14

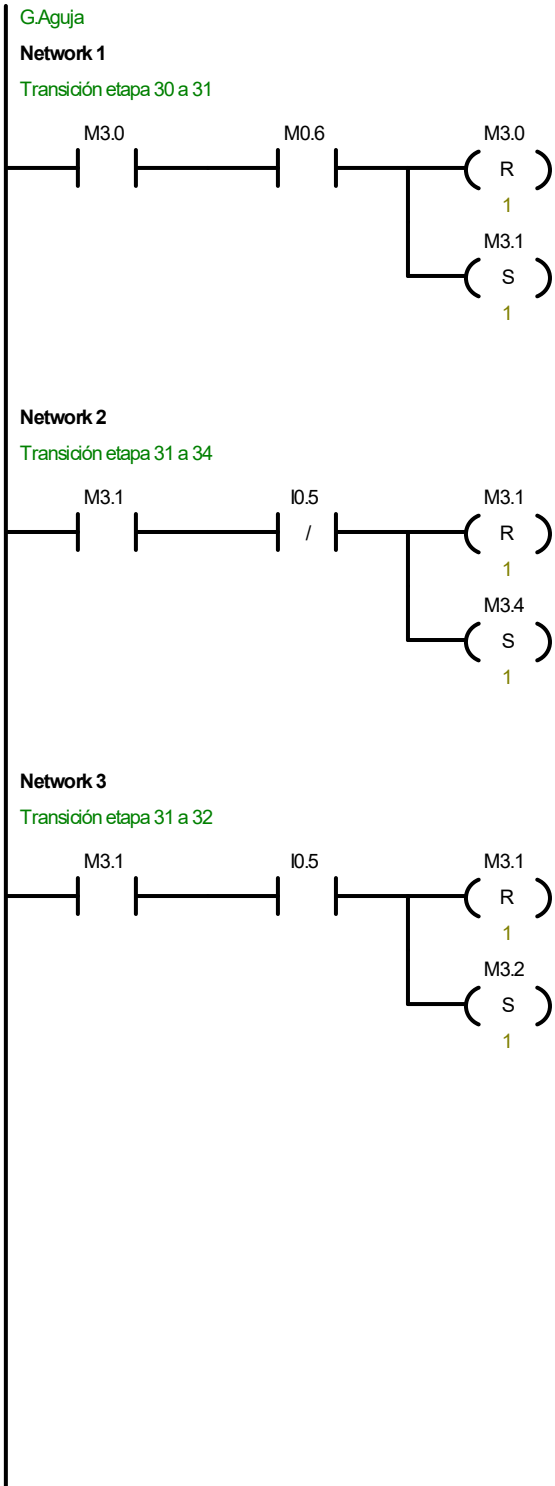
Acciones etapa 21:

Se lleva a cabo el movimiento del rodillo mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



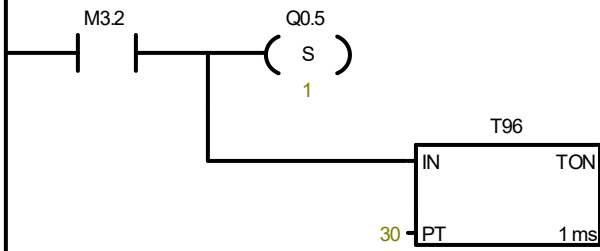
Bloque: AGUJA
 Autor:
 Fecha de creación: 05.04.2022 13:56:31
 Fecha de modificación: 20.04.2022 21:35:49

Símbolo	Tipo var.	Tipo de datos	Comentario
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		



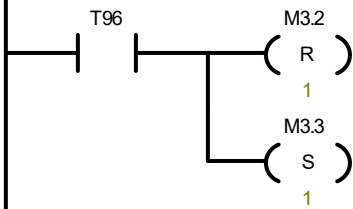
Network 4

Acción etapa 32:
 Temporizador T96 cuenta 30 milisegundos



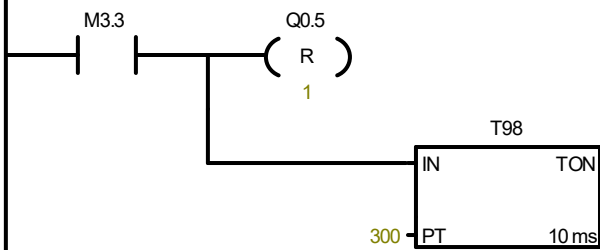
Network 5

Transición etapa 32 a 33:
 Se alcanza la cuenta de 30 milisegundos



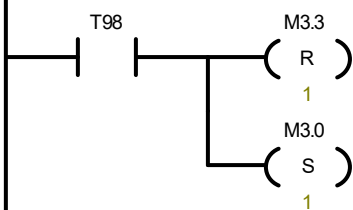
Network 6

Acción etapa 33:
 Se cuentan 3 segundos.



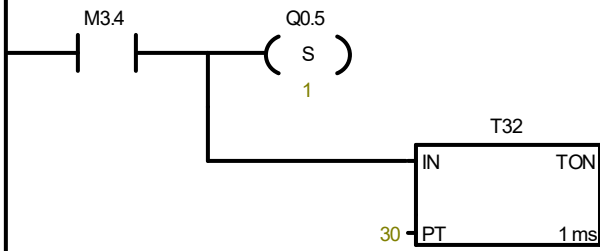
Network 7

Transición etapa 33 a 30:
 Se alcanza la cuenta de 3 segundos.



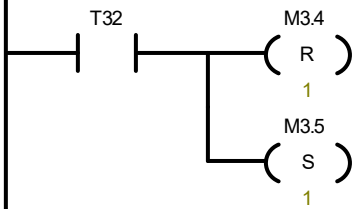
Network 8

Acción etapa 34:
Se cuentan 30 milisegundos.



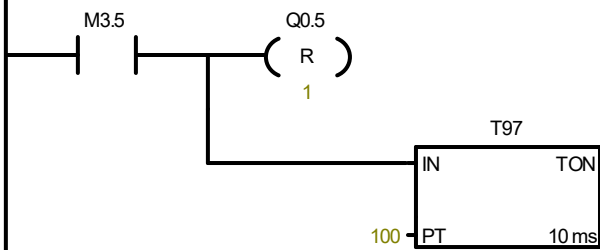
Network 9

Transición etapa 34 a 35:
Se alcanza cuenta de 30 milisegundos.



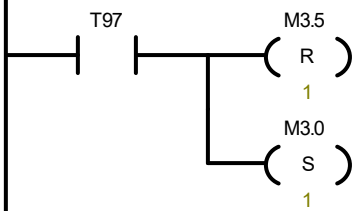
Network 10

Acción etapa 35
Se cuenta 1 segundo.



Network 11

Transición etapa 35 a 30:
Se alcanza la cuenta de 1 segundo.



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 5:

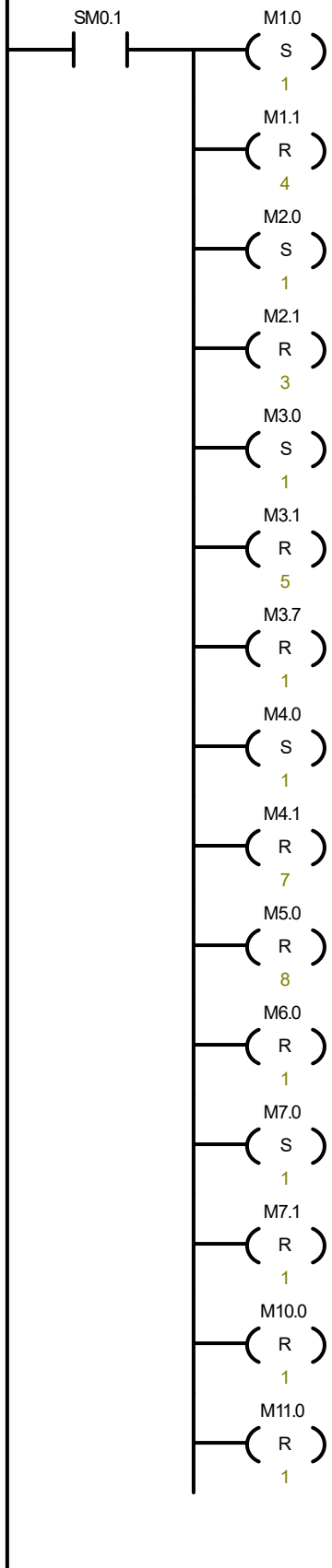
**Programación en KOP
del funcionamiento
complejo**

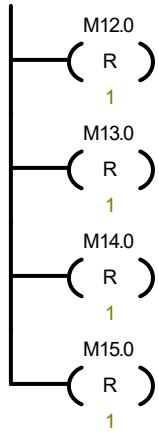
CÓDIGO AVANZADO

Network 1

Acciones del programa durante el arranque (primer ciclo):

Se activan las etapas iniciales de cada grafoet, en este caso, de cada subrutina, y se resetean las marcas empleadas para los temporizadores y para la parada del funcionamiento debida a la deteccion de error

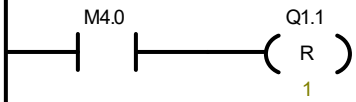




Network 2

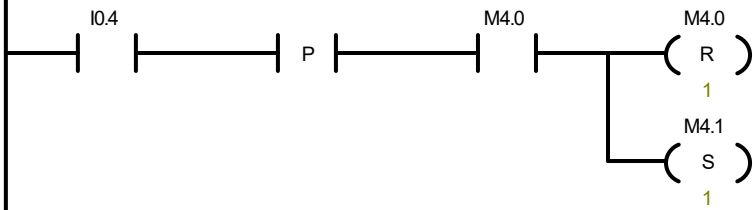
Accion etapa 40

Tras darle a STOP, se apaga la luz de start al llegar al final de carrera.



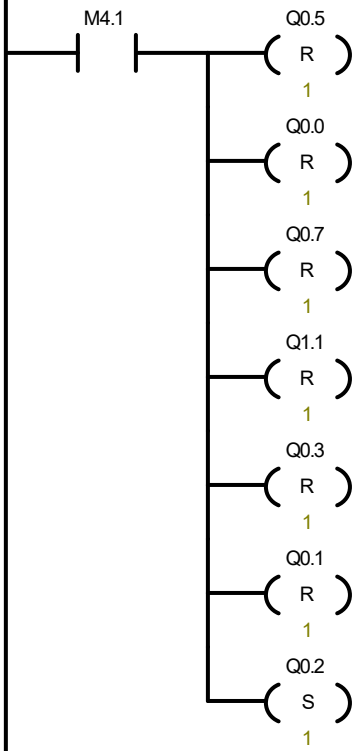
Network 3

Transición etapa 40 a 41



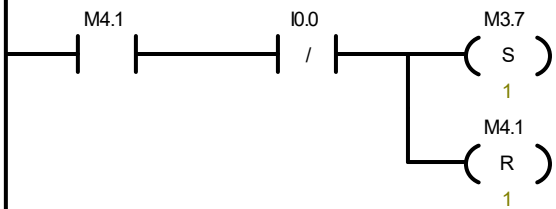
Network 4

Accion etapa 41



Network 5

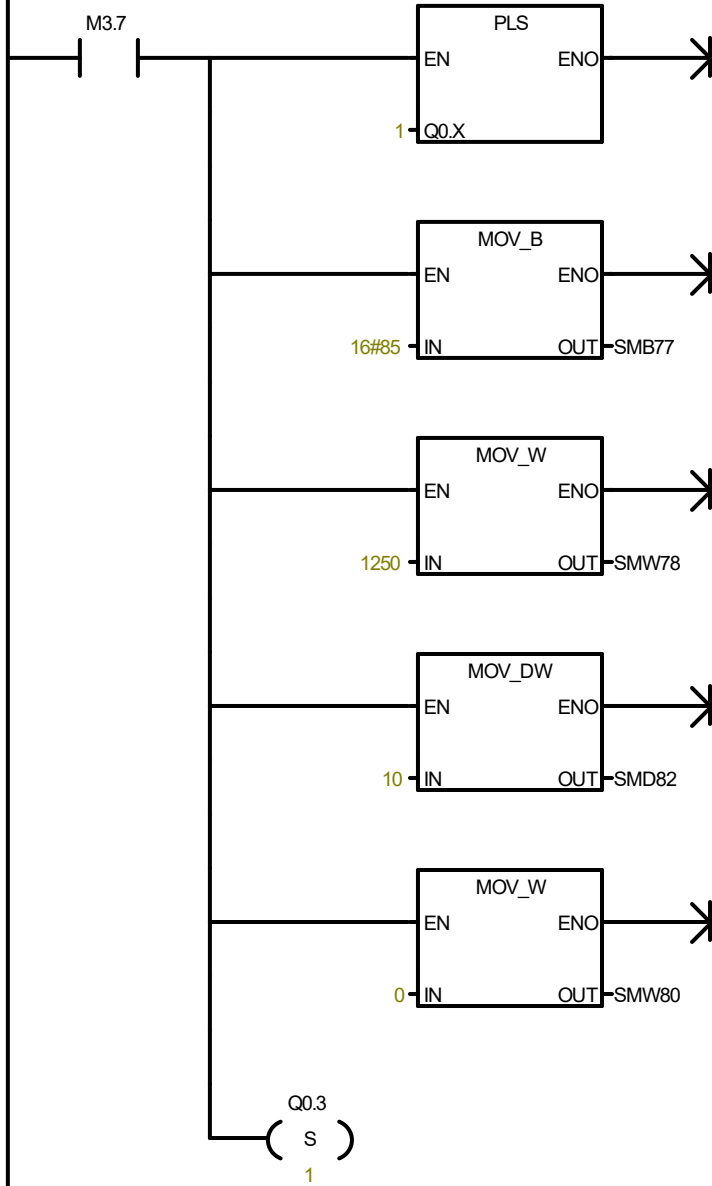
transicion etapa 41 a 37



Network 6

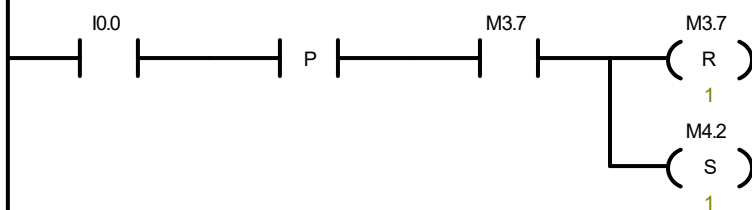
Accion etapa 37:

Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



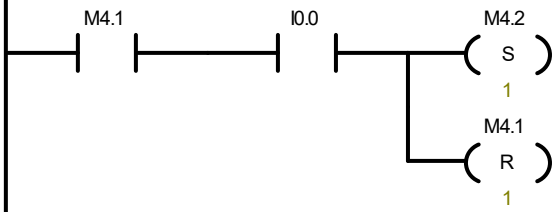
Network 7

Transicion de etapa 37 a 42



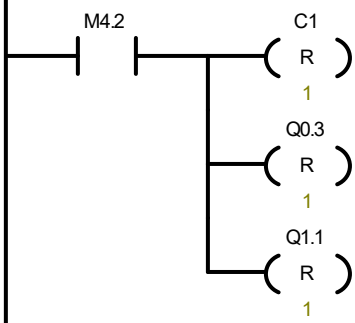
Network 8

Transición de etapa 41 a 42



Network 9

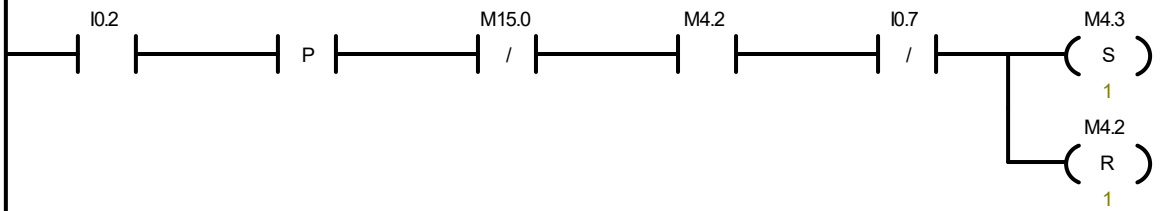
Accion etapa 42



Network 10

MODULO CICLO

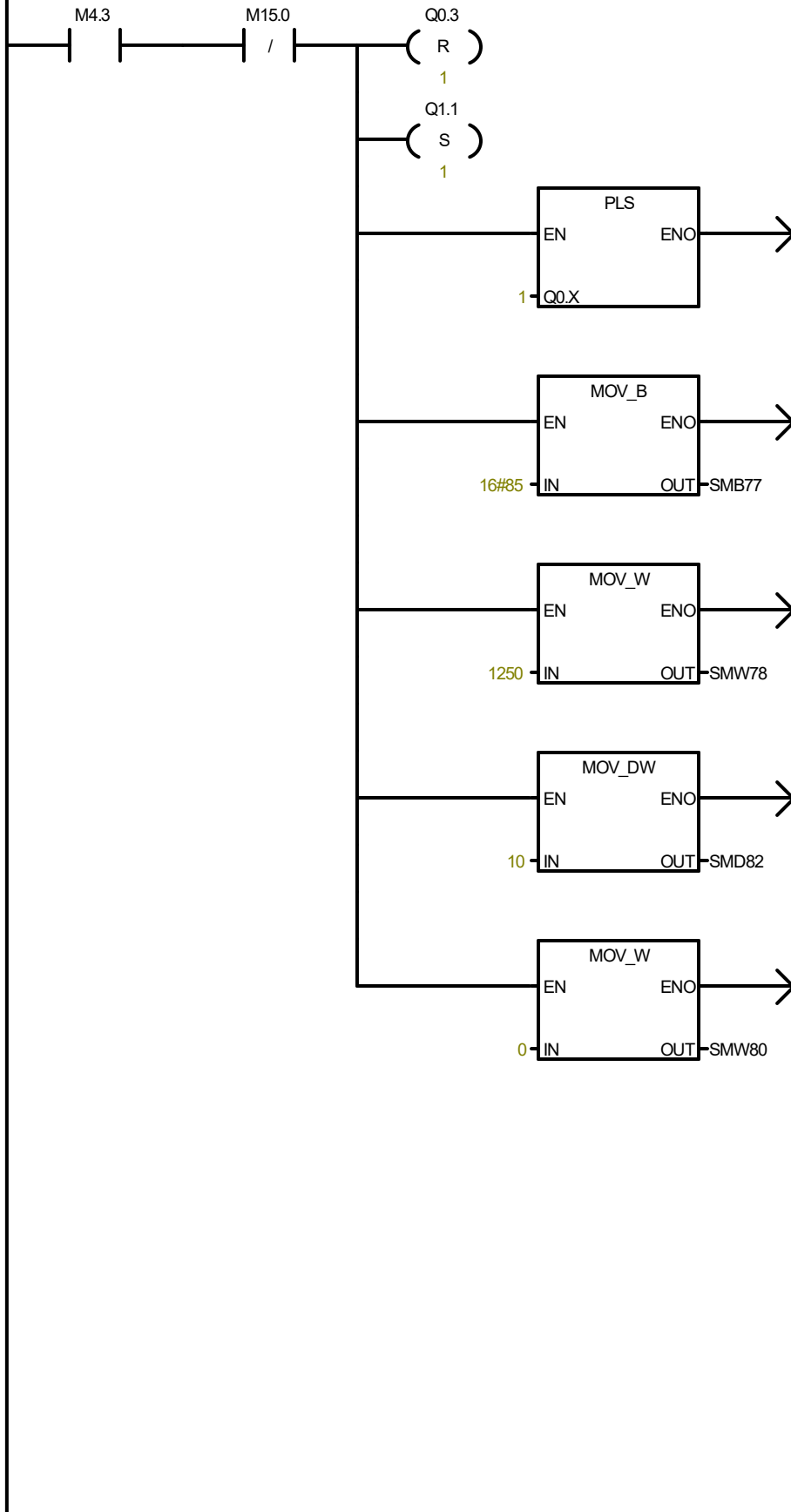
Transición etapa 42 a 43



Network 11

Acción etapa 43:

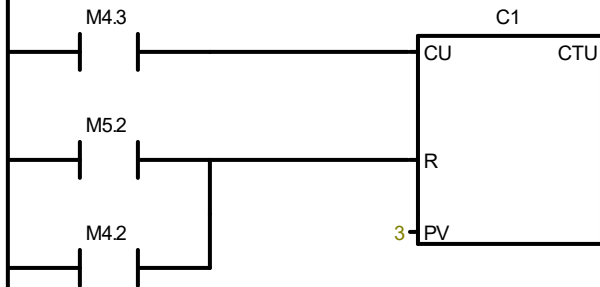
Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



Network 12

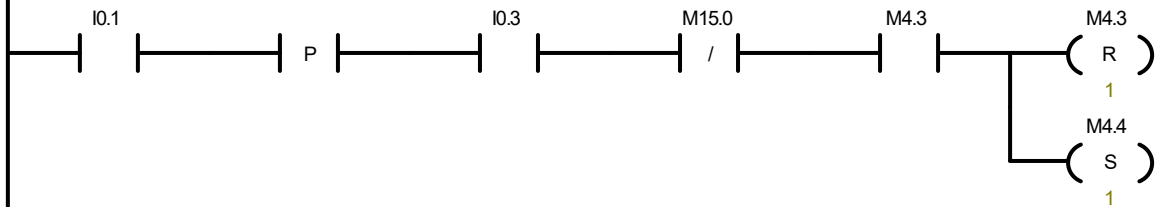
Accion etapa 43:

Se emplea el contador C3 para llevar la cuenta de los ciclos realizados por la máquina y detener esta cuando se alcance el tercero.



Network 13

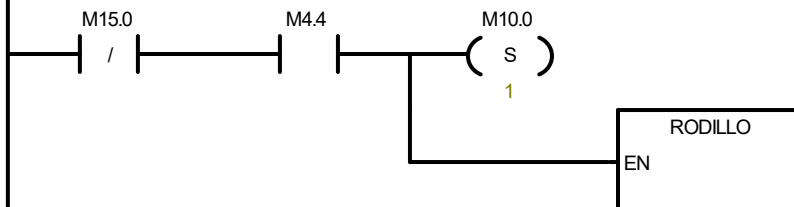
Transicion etapa 43 a 44



Network 14

Accion etapa 44:

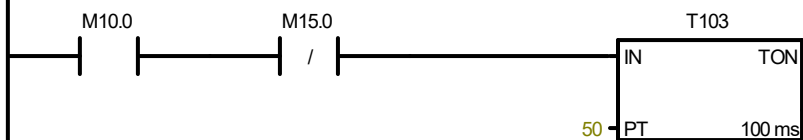
La marca M10.0 es empleada para activar la cuenta de 5 segundos, en los que el rodillo se mueve simulando la entrada de material.



Network 15

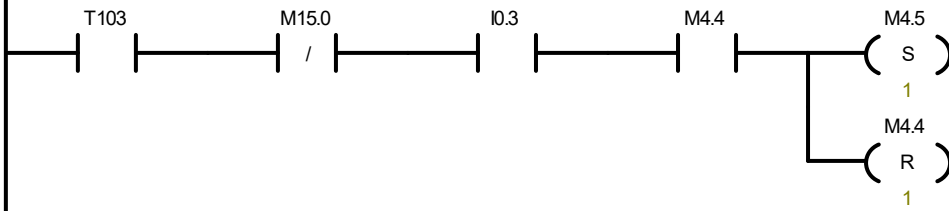
Accion etapa 44:

Cuenta de 5 segundos.



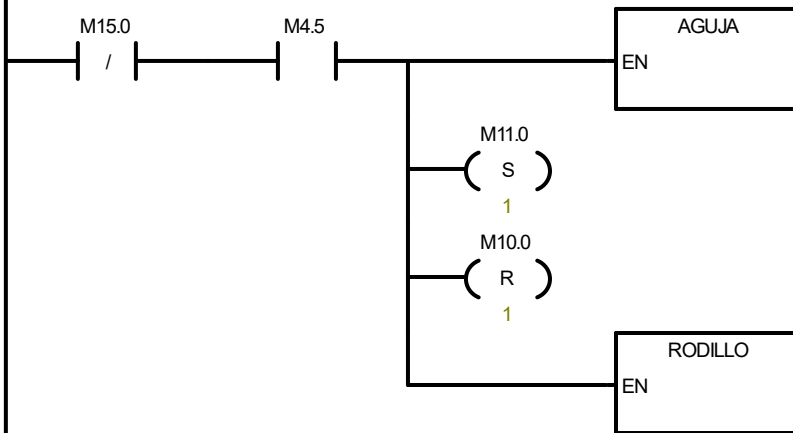
Network 16

Transición de etapa 44 a 45:
Se alcanza la cuenta de 5 segundos.



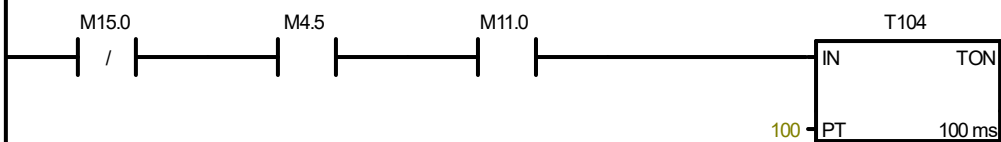
Network 17

Accion etapa 45:
La marca M11.0 es empleada para activar la cuenta de 10 segundos, en los que la aguja y el rodillo funcionan simultáneamente.
Tras la simulación de entrada de material con el temporizador T 103, apagamos la marca M10.0 para deshabilitar el mismo.



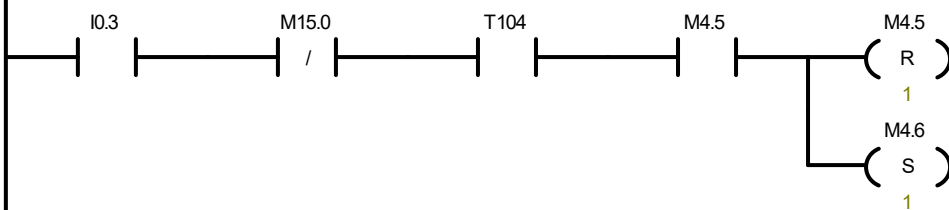
Network 18

Accion etapa 45



Network 19

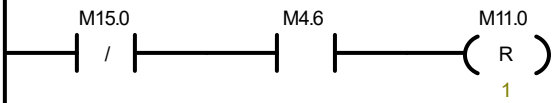
Transición de etapa 45 a 46



Network 20

Accion etapa 46:

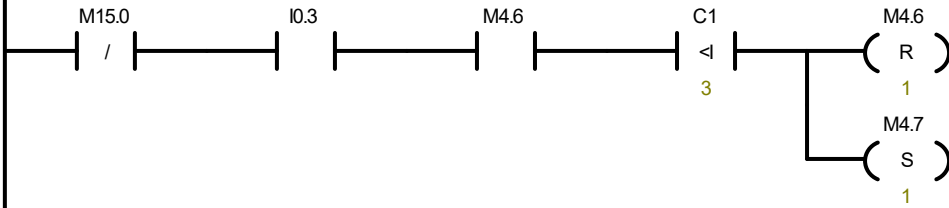
Tras la simulación de costura del material con el temporizador T 104, apagamos la marca M11.0 para deshabilitar el mismo.



Network 21

Transicion etapa 46 a 47:

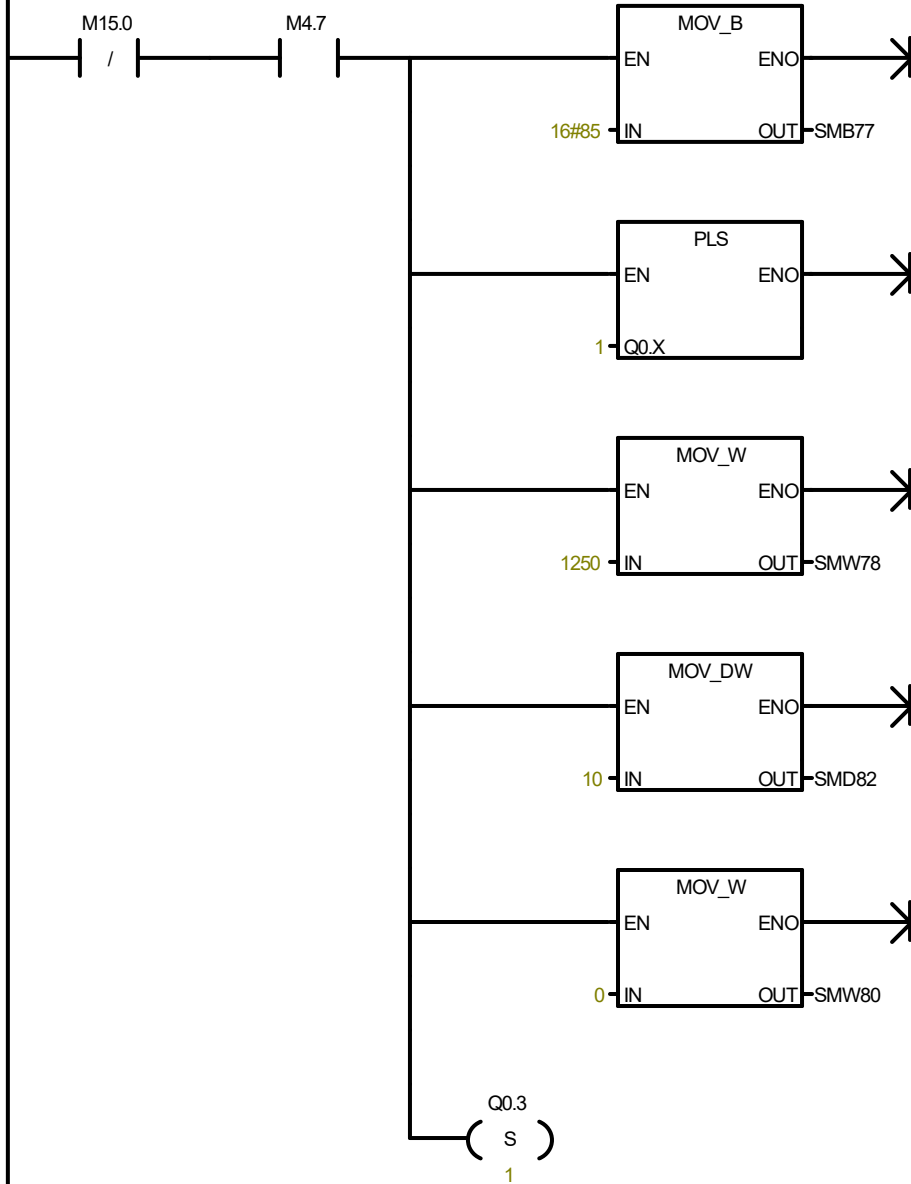
Se comprueba que se hayan realizado menos de 3 ciclos para continuar,



Network 22

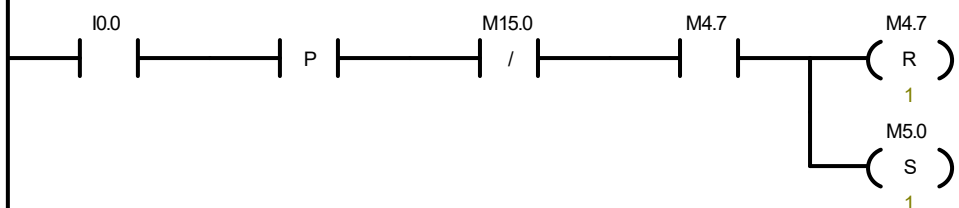
Accion etapa 47:

Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



Network 23

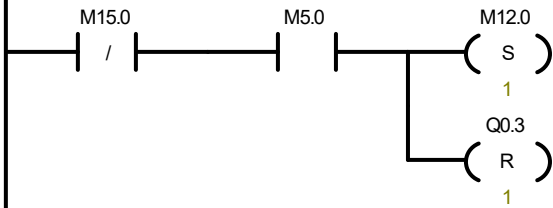
Trancion etapa 47 a 50



Network 24

Accion etapa 50:

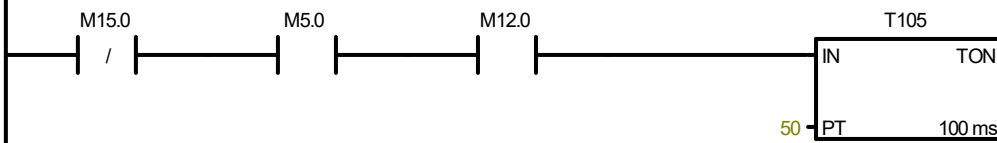
La marca M12.0 es empleada para activar la cuenta de 5 segundos, en los que la máquina espera en la posición inicial para comenzar un nuevo ciclo,



Network 25

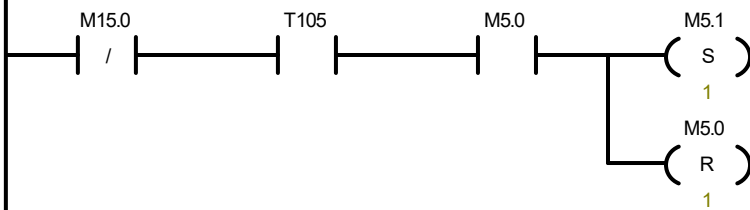
Accion etapa 50:

Se cuentan 5 segundos



Network 26

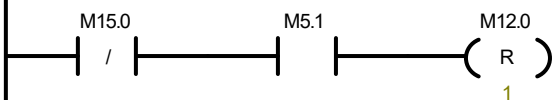
Transicion etapa 50 a 51



Network 27

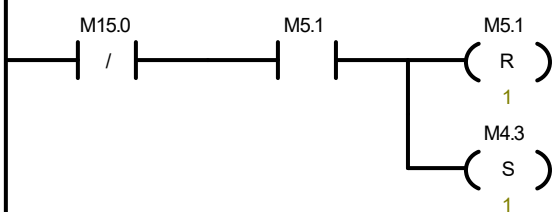
Accion etapa 51:

Tras la espera para comenzar el nuevo ciclo, realizada con el temporizador T105, apagamos la marca M12.0 para deshabilitar el mismo.



Network 28

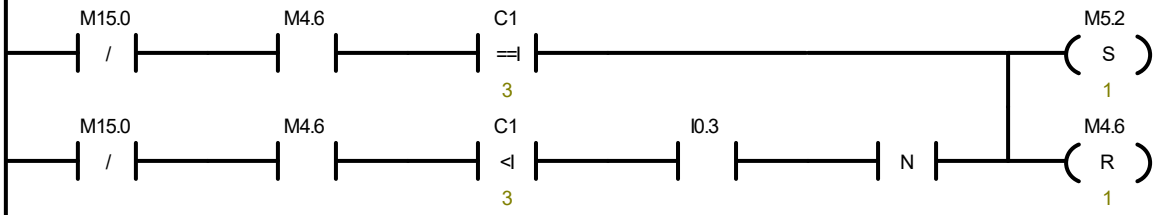
Trasicion etapa 51 a 43



Network 29

Transición etapa 46 a 52:

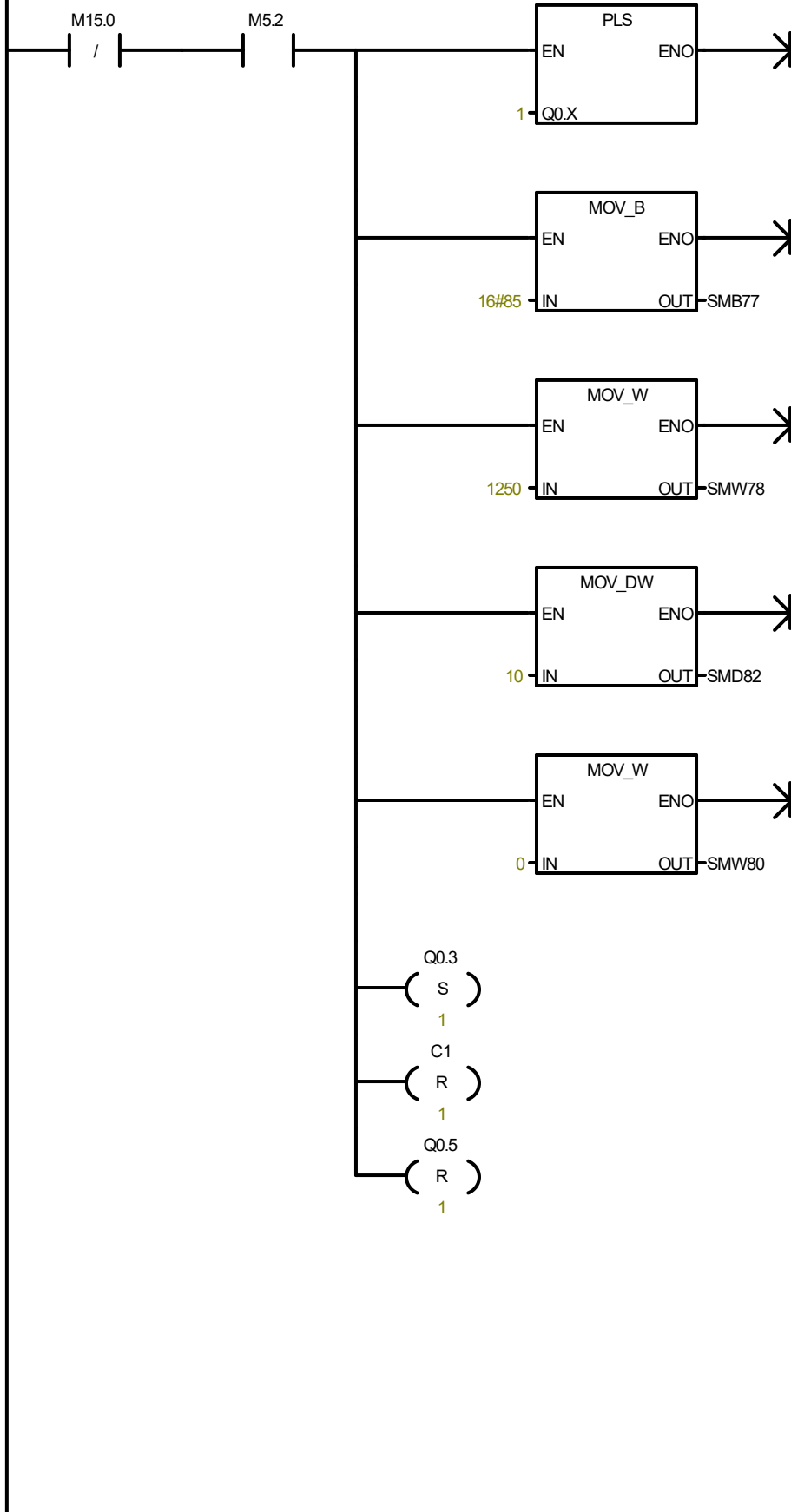
Se realiza la transición hacia la etapa 52 tnto si se pulsa STOP como si se han realizado 3 cidos.

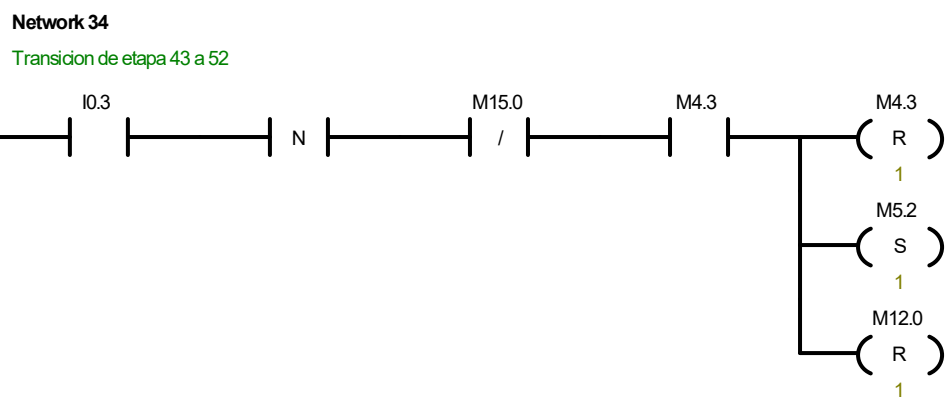
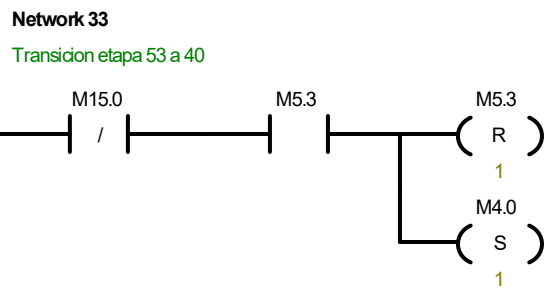
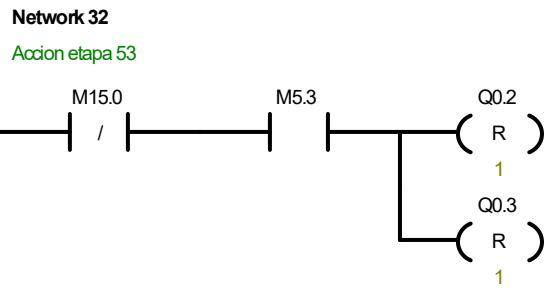
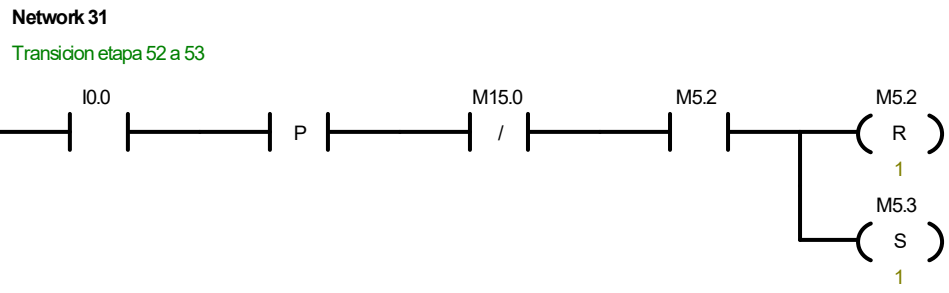


Network 30

Accion etapa 52:

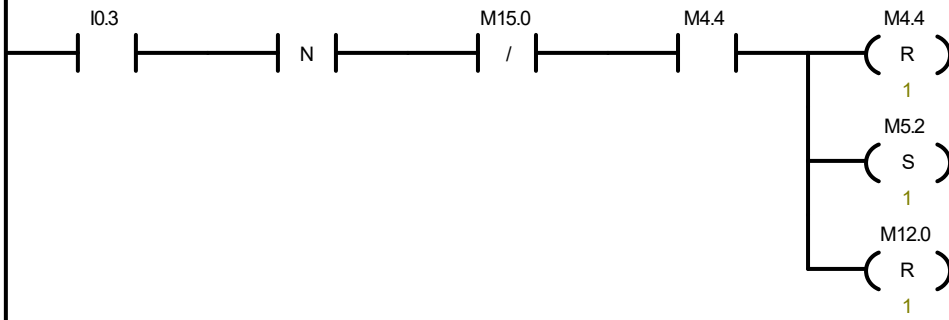
Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).





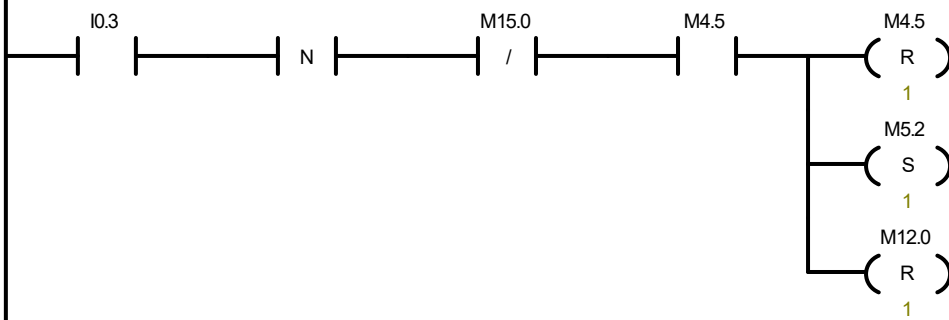
Network 35

Transición de etapa 44 a 52



Network 36

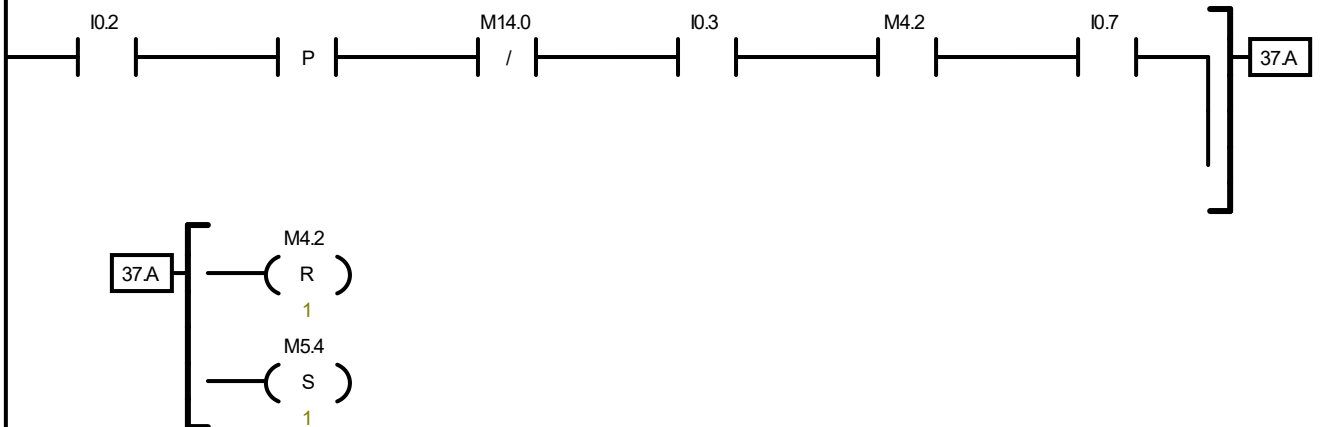
Transición de etapa 45 a 52



Network 37

MODULO CONTINUO

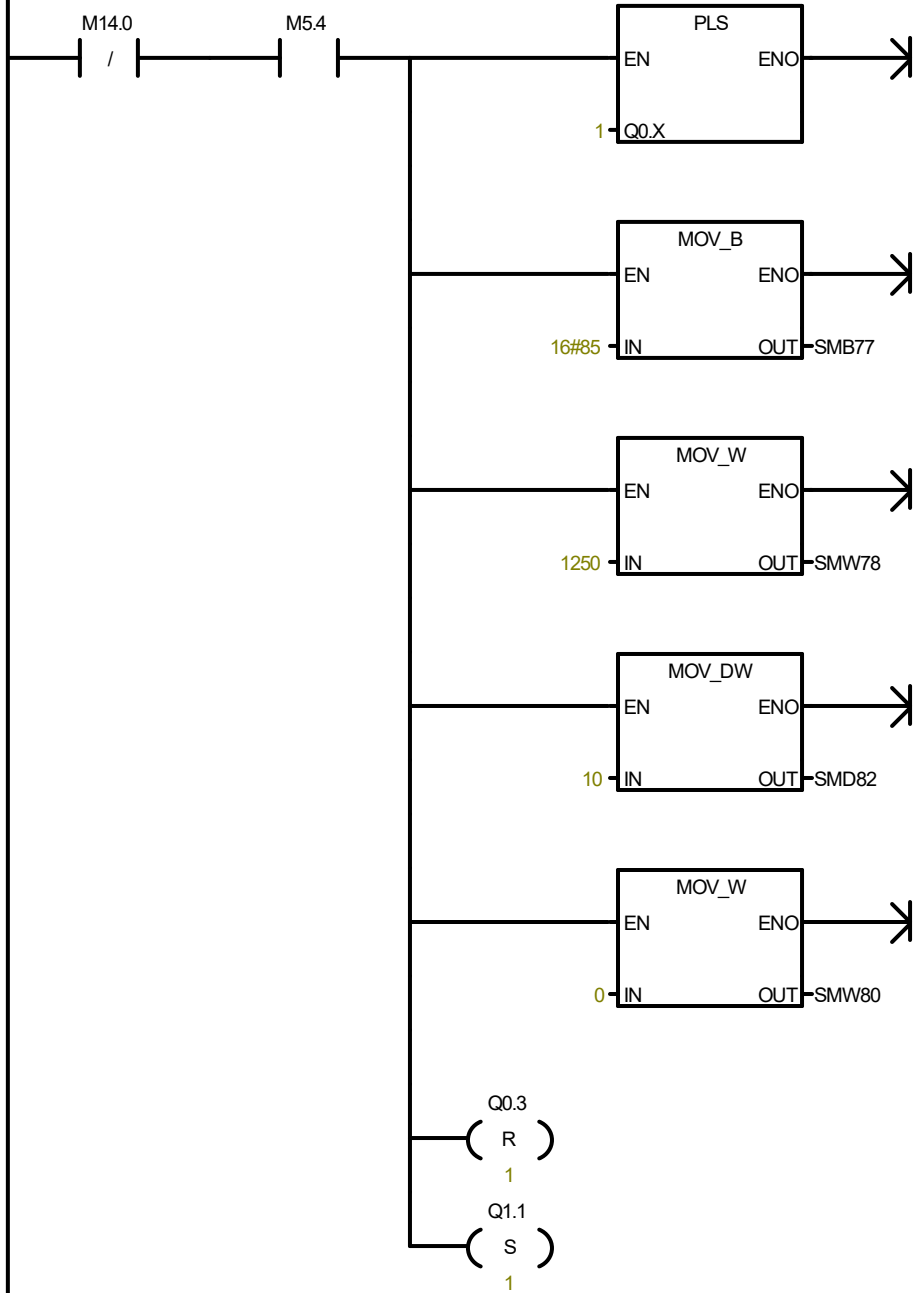
Transición etapa 42 a 54



Network 38

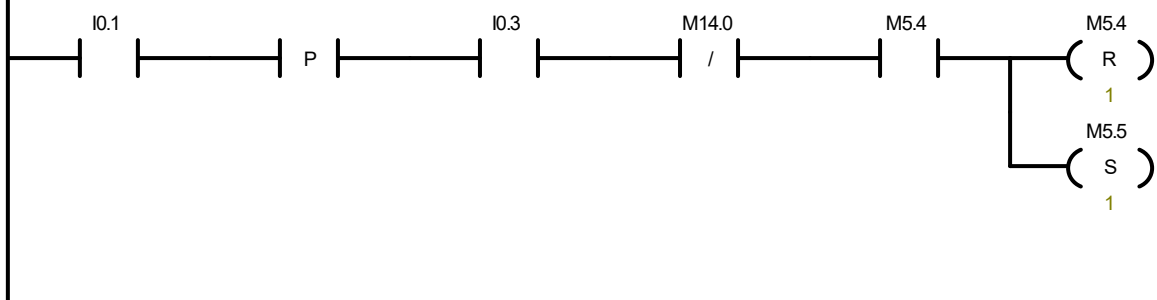
Accion etapa 54:

Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



Network 39

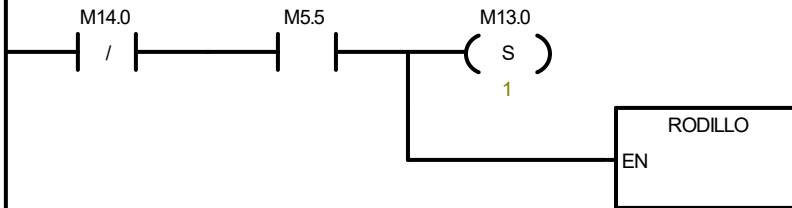
Transicion etapa 54 a 55



Network 40

Acción etapa 55:

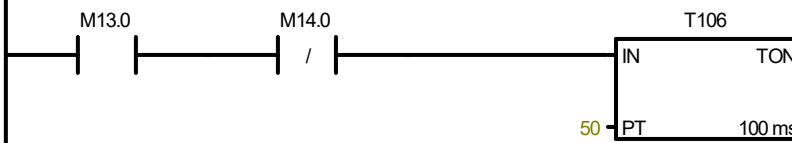
La marca M13.0 es empleada para activar la cuenta de 5 segundos, en los que el rodillo se mueve simulando la entrada de material.



Network 41

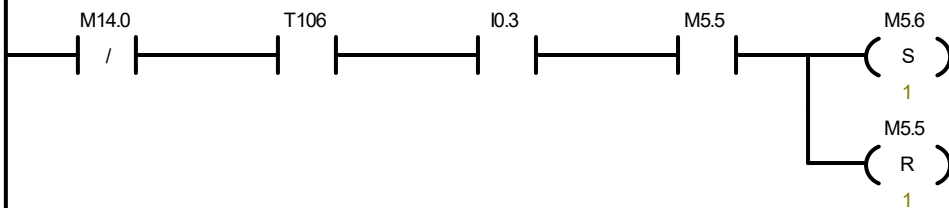
Acción etapa 55

Se cuenta de 5 segundos, simulando la entrada de material.



Network 42

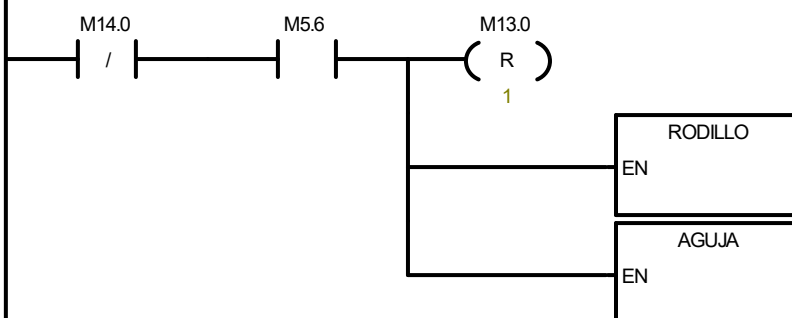
Transición etapa 55 a 56



Network 43

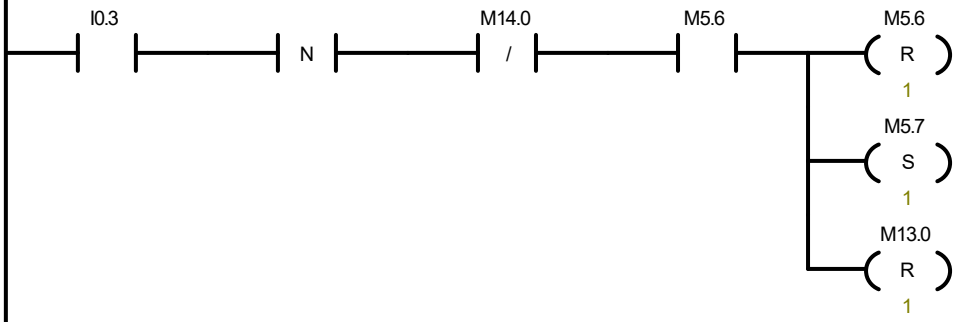
Acción etapa 56:

Tras la simulación de entrada de material con el temporizador T 106, apagamos la marca M13.0 para deshabilitar el mismo.



Network 44

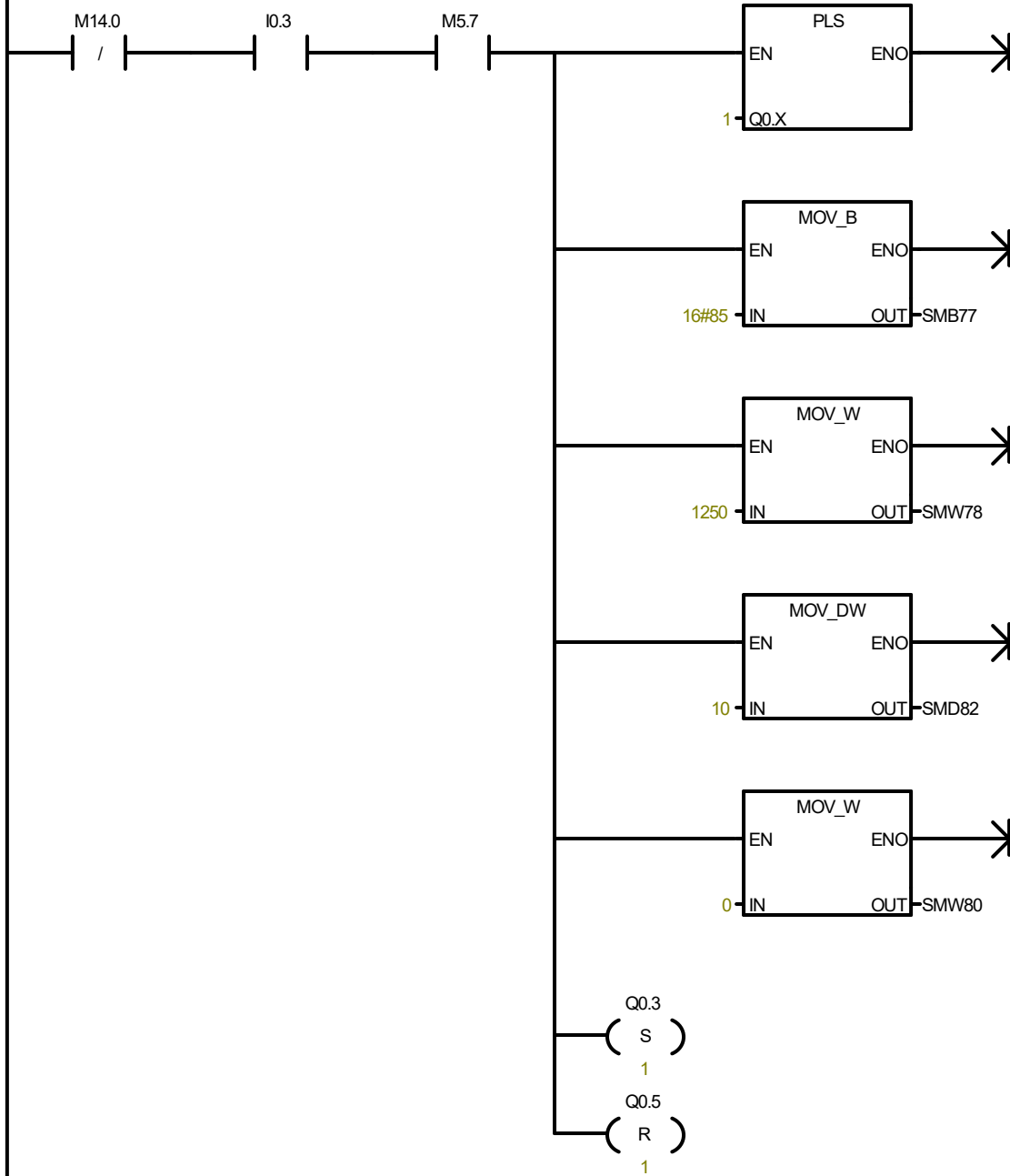
Transición etapa 56 a 57



Network 45

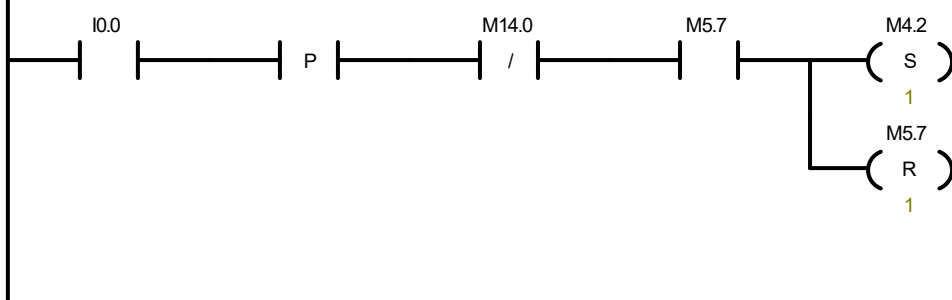
Accion etapa 57:

Se lleva a cabo el movimiento de la máquina de costura mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



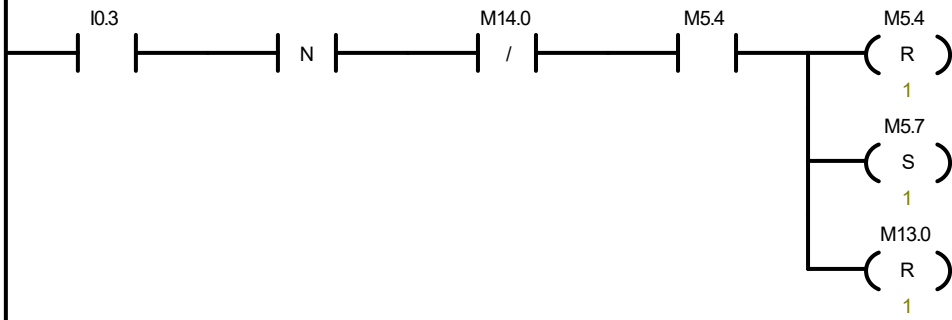
Network 46

Transicion etapa 57 a 42



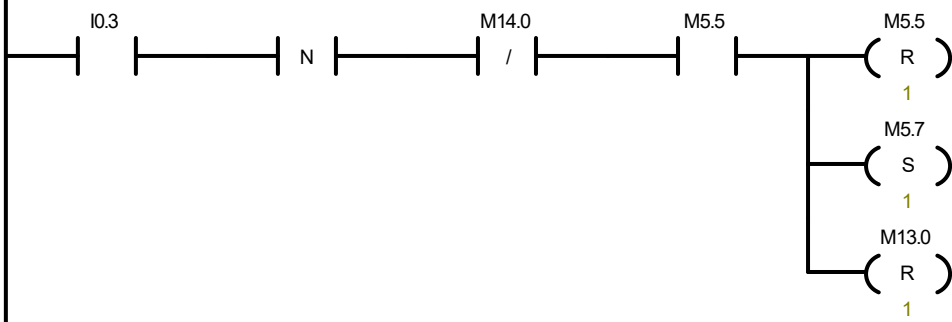
Network 47

Transición etapa 54 a 57



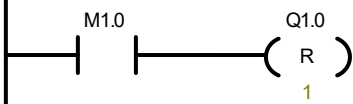
Network 48

Transición etapa 55 a 57



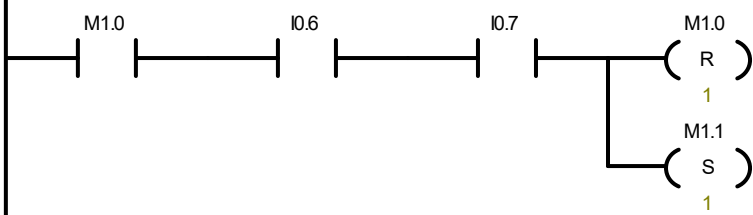
Network 49

CONDUCCION
Acción etapa 10



Network 50

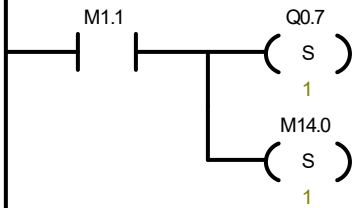
Transición etapa 10 a 11



Network 51

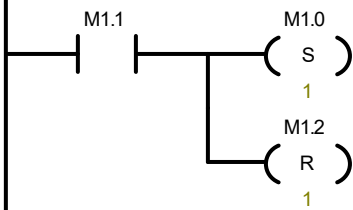
Accion etapa 11:

La marca M14.0 representa que se ha detectado un error en la circulación del hilo. Se emplea para bloquear las transiciones entre etapas y las acciones de las etapas.



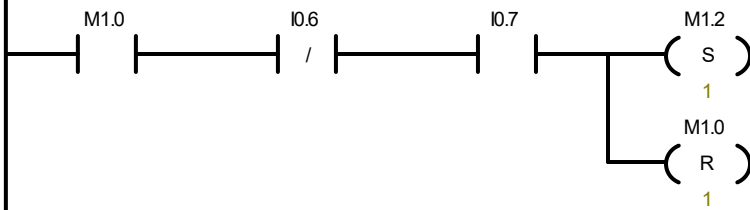
Network 52

Transicion etapa 11 a 10



Network 53

Transicion etapa 10 a 12

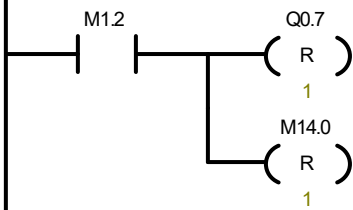


Network 54

Accion etapa 12:

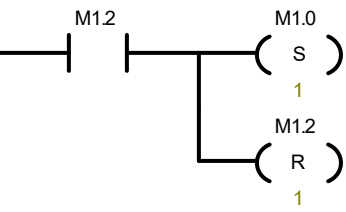
La marca M14.0 representa que se ha detectado un error en la circulación del hilo.

En caso de encontrarse en la etapa 12, se deja de detectar el error, por lo que se apaga la marca para continuar con el proceso por donde iba.



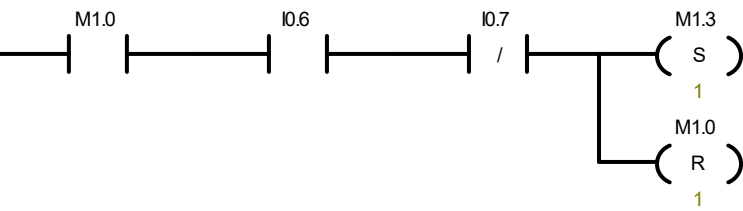
Network 55

Transición etapa 12 a 10



Network 56

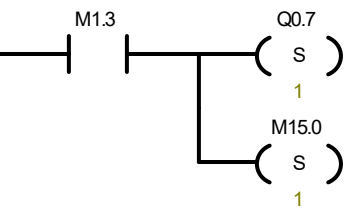
Transición etapa 10 a 13



Network 57

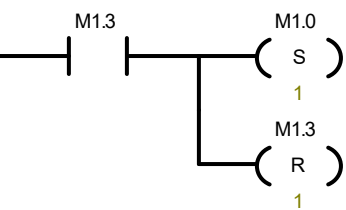
Acción etapa 13:

La marca M15.0 representa que se ha detectado un error en la circulación del hilo. Se emplea para bloquear las transiciones entre etapas y las acciones de las etapas.



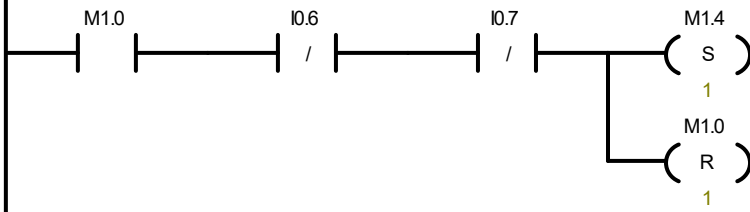
Network 58

Transición etapa 13 a 10



Network 59

Transición etapa 10 a 14

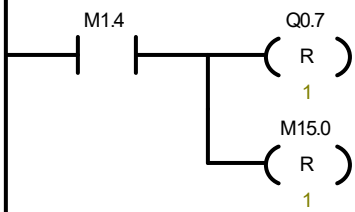


Network 60

Accion etapa 14:

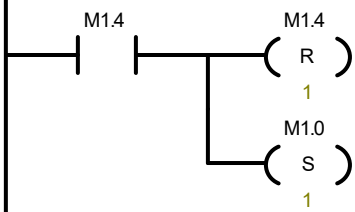
La marca M15.0 representa que se ha detectado un error en la circulación del hilo.

En caso de encontrarse en la etapa 12, se deja de detectar el error, por lo que se apaga la marca para continuar con el proceso por donde iba.



Network 61

Transición etapa 14 a 10



Bloque: RODILLO
 Autor:
 Fecha de creación: 05.04.2022 15:56:22
 Fecha de modificación: 20.04.2022 23:05:45

Símbolo	Tipo var.	Tipo de datos	Comentario
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

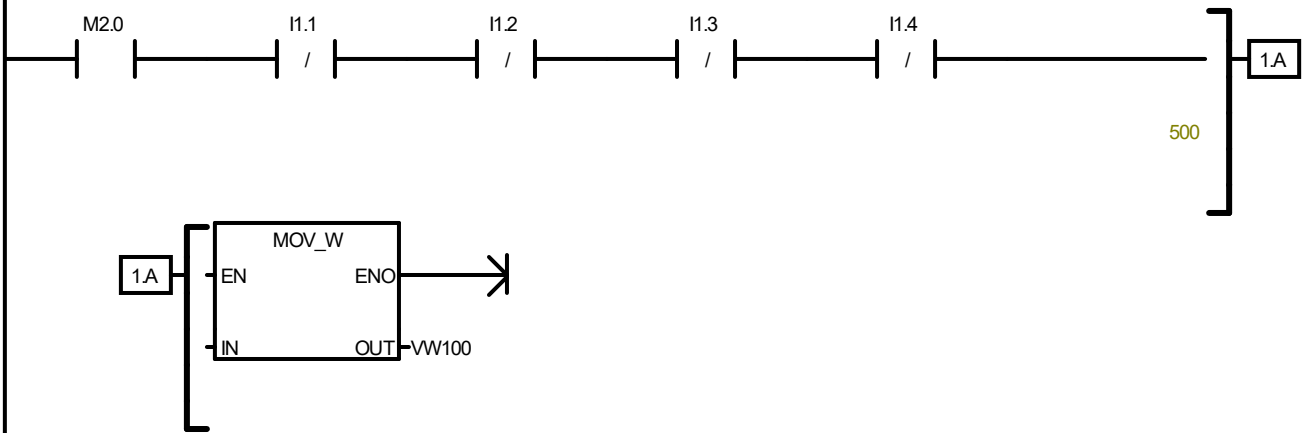
SUBROUTINA PARA EL CONTROL DEL RODILLO

Network 1

ACCIONES ETAPA 20:

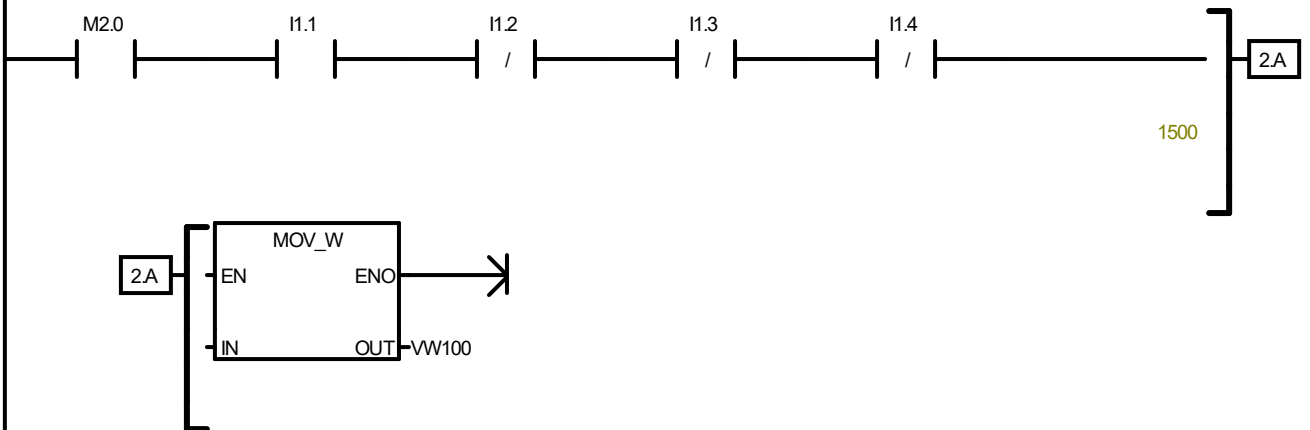
Se guarda un valor en el espacio de memoria VW100, en función de la posición del potenciómetro.

Selector rotatorio en posición 0



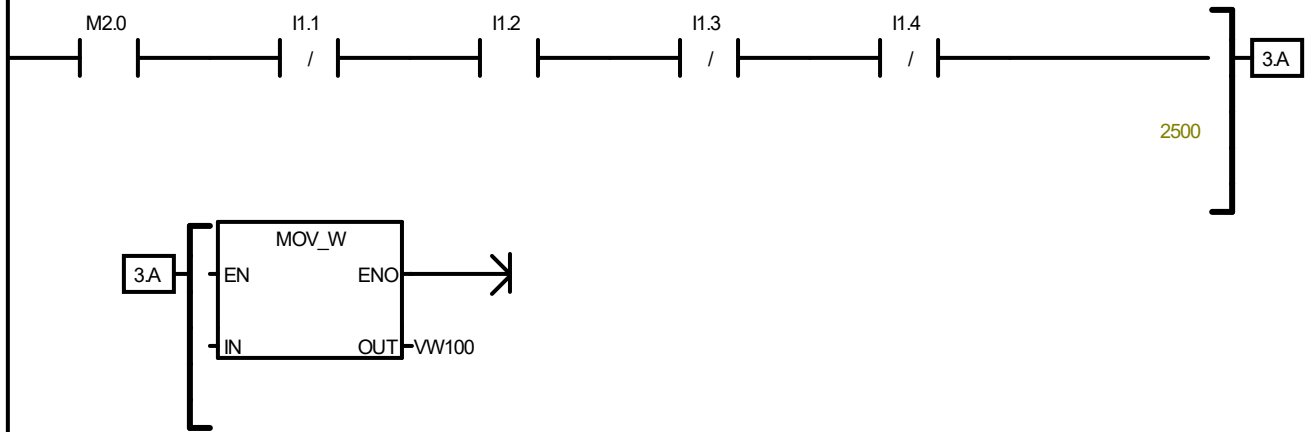
Network 2

Selector rotatorio en posición 1



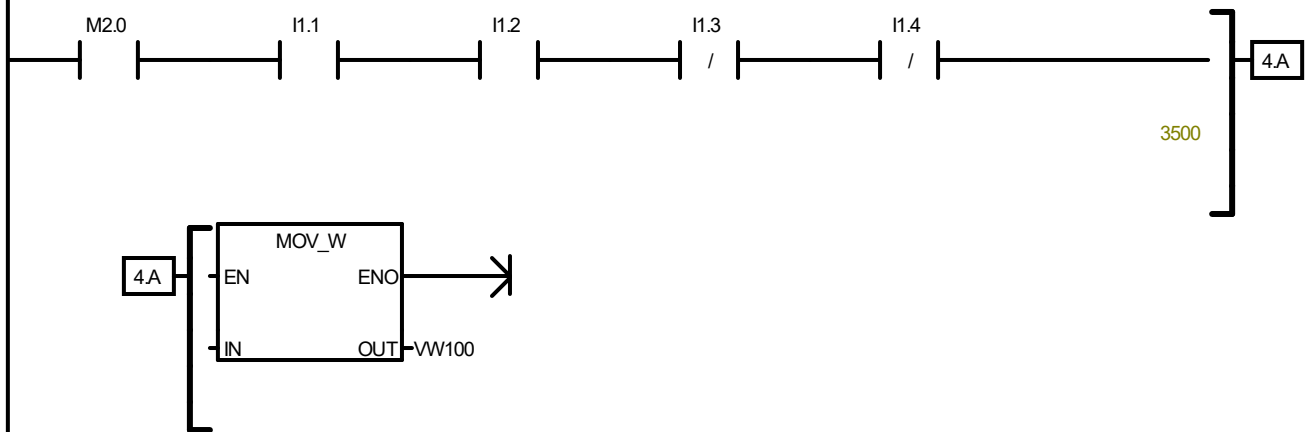
Network 3

Selector rotatorio en posición 2



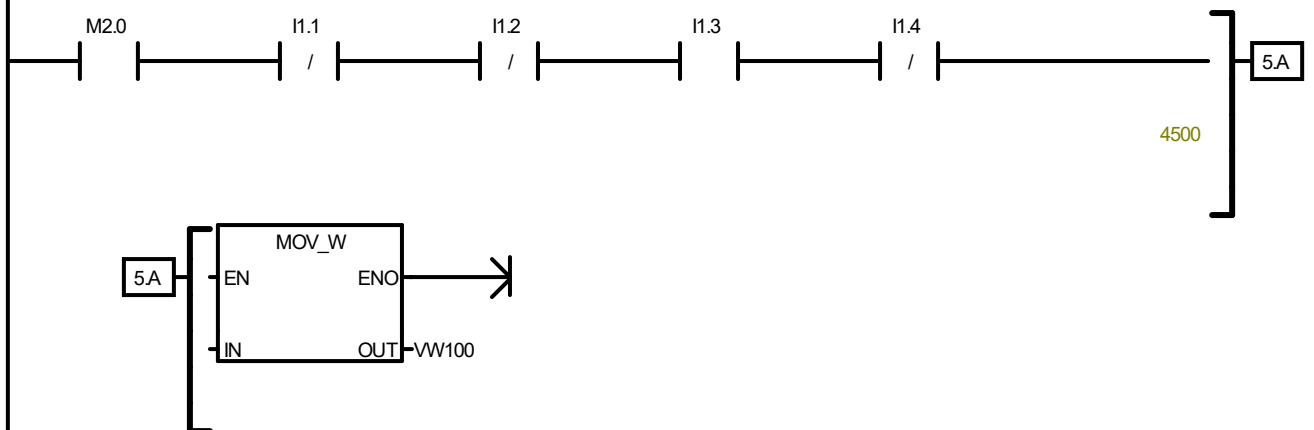
Network 4

Selector rotatorio en posición 3



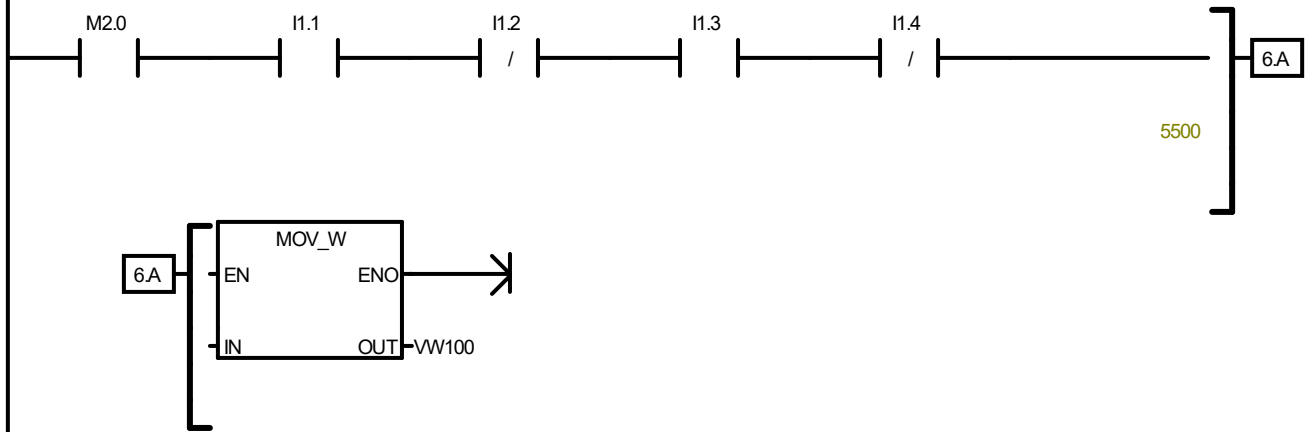
Network 5

Selector rotatorio en posición 4



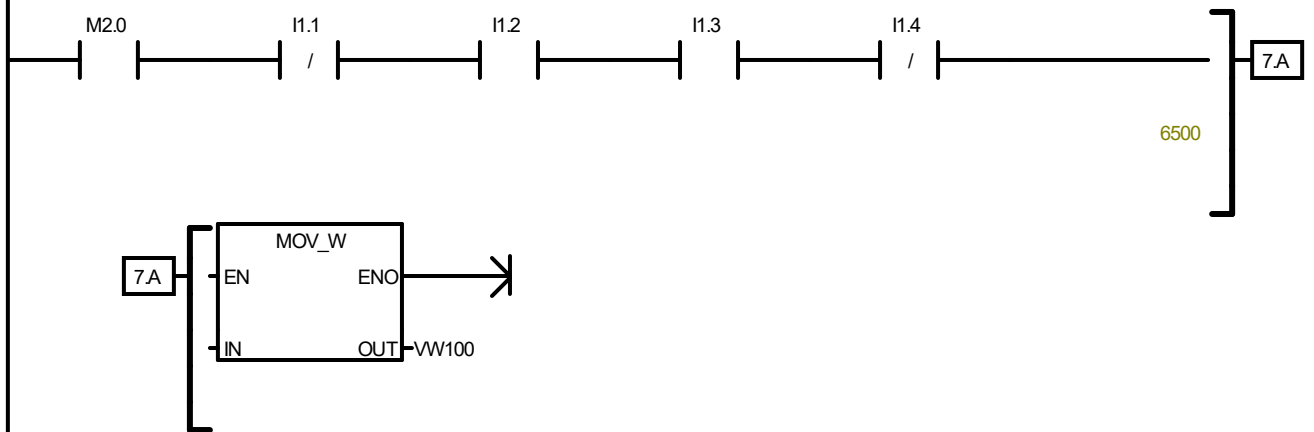
Network 6

Selector rotatorio en posición 5



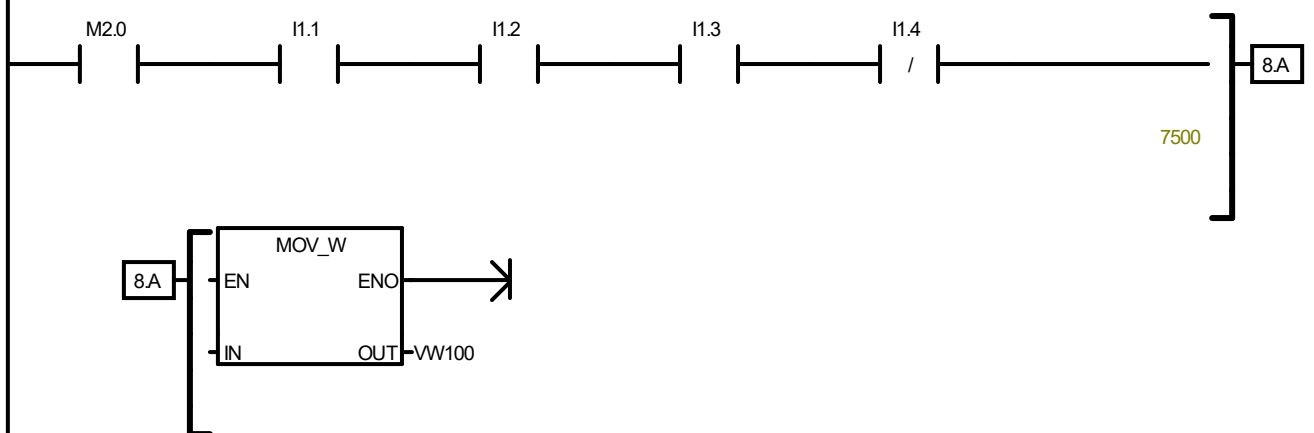
Network 7

Selector rotatorio en posición 6



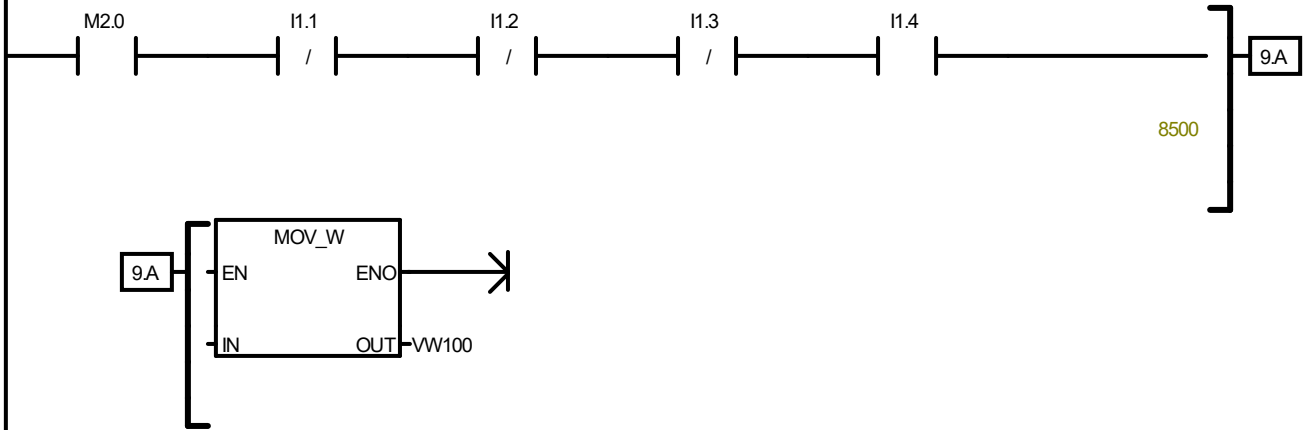
Network 8

Selector rotatorio en posición 7



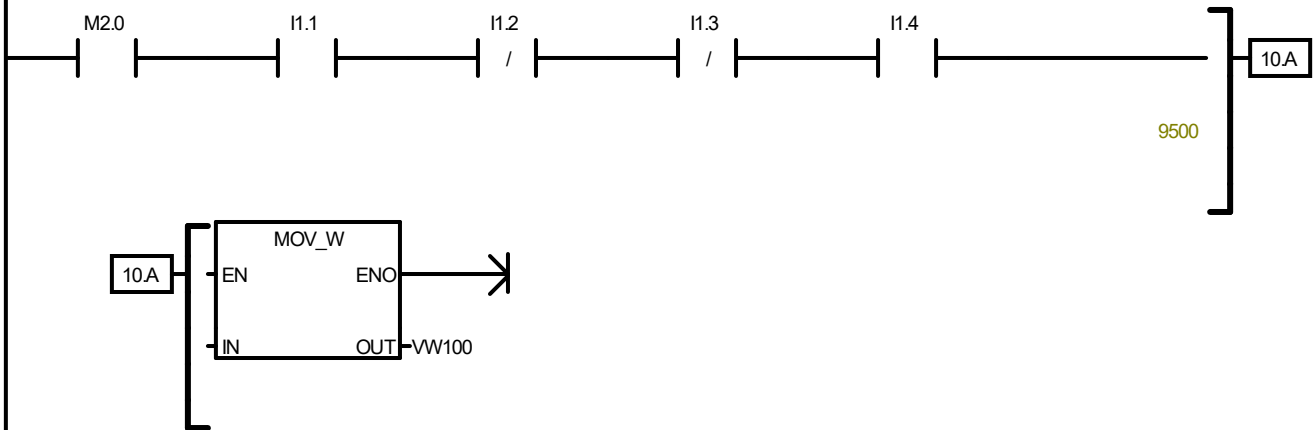
Network 9

Selector rotatorio en posición 8



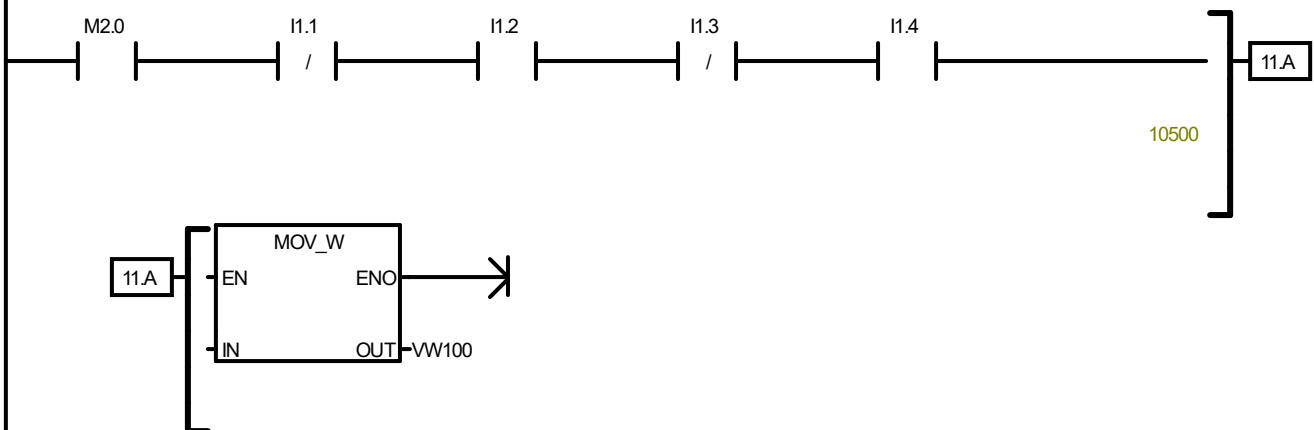
Network 10

Selector rotatorio en posición 9



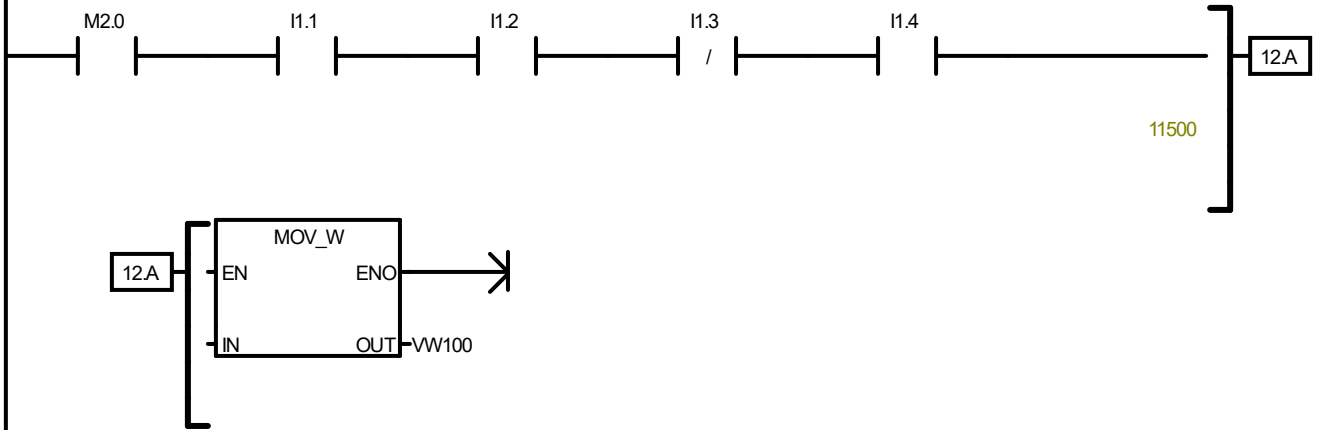
Network 11

Selector rotatorio en posición 10



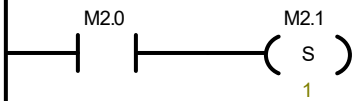
Network 12

Selector rotatorio en posición 11



Network 13

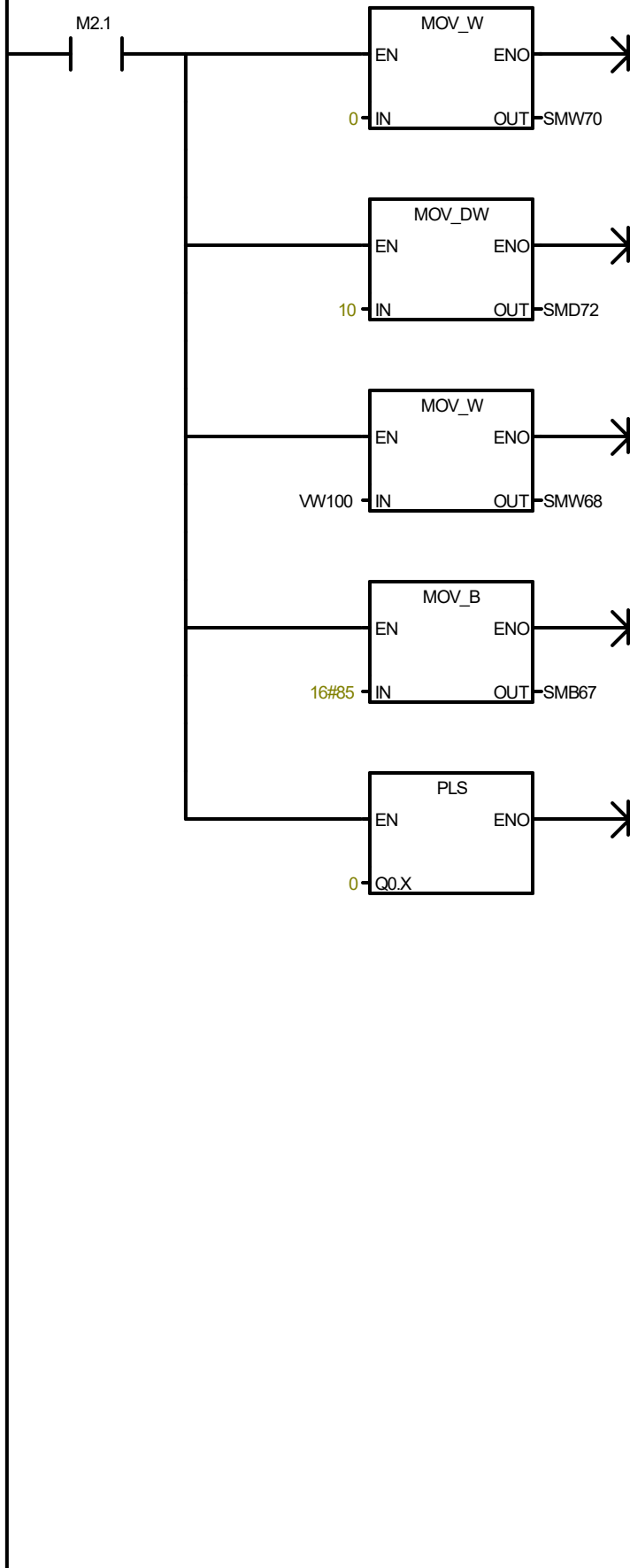
Habilitación etapa 21



Network 14

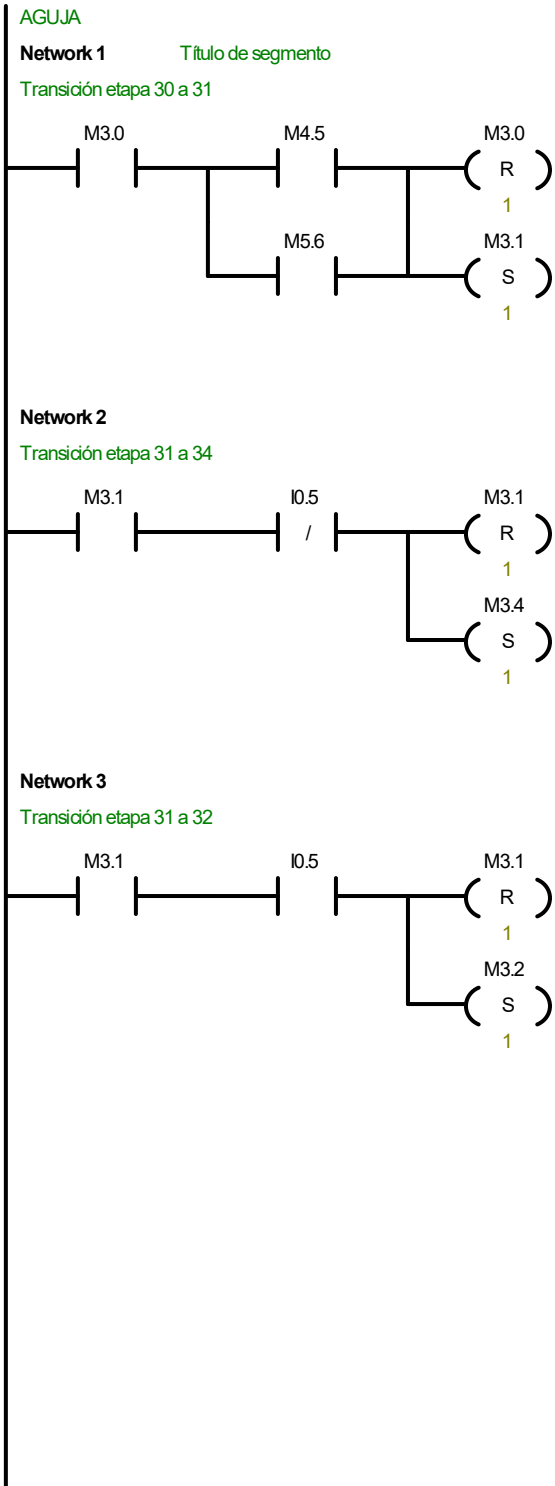
Acciones etapa 21:

Se lleva a cabo el movimiento del rodillo mediante los bloques de operación de transferencia (MOV) y el contador (PLS).



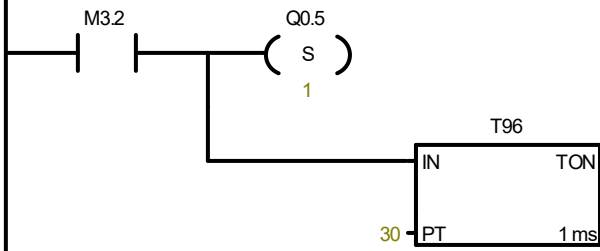
Bloque: AGUJA
 Autor:
 Fecha de creación: 05.04.2022 15:58:44
 Fecha de modificación: 20.04.2022 23:07:20

Símbolo	Tipo var.	Tipo de datos	Comentario
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		



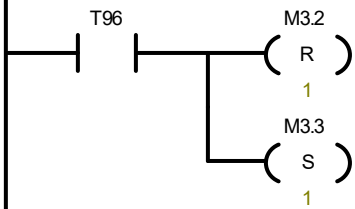
Network 4

Acción etapa 32:
 Temporizador T96 cuenta 30 milisegundos



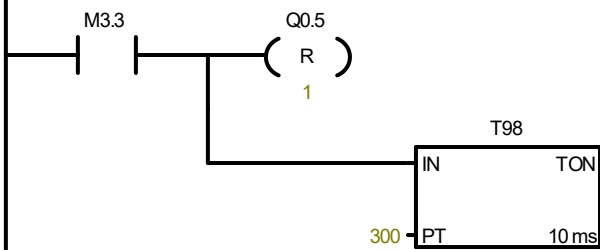
Network 5

Transición etapa 32 a 33:
 Se alcanza la cuenta de 30 milisegundos



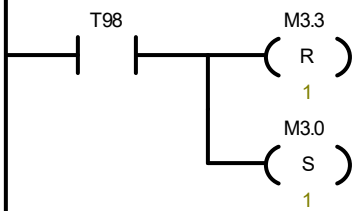
Network 6

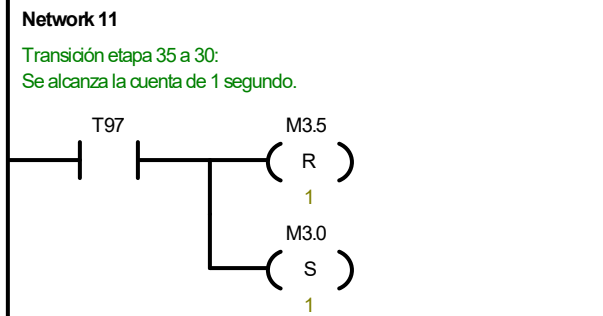
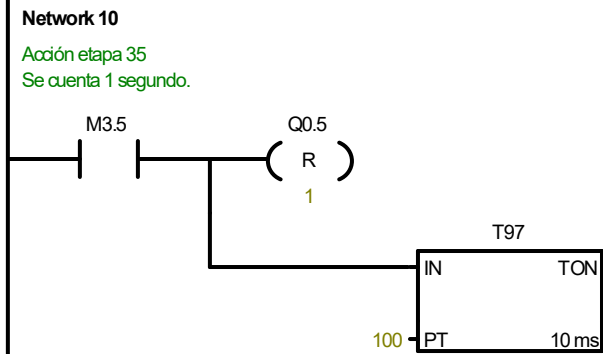
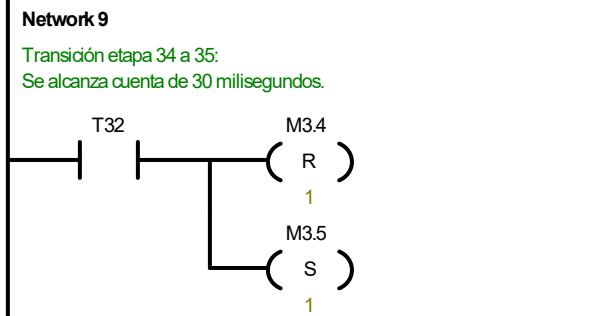
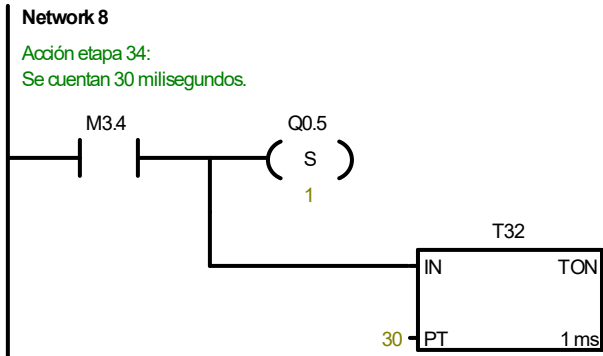
Acción etapa 33:
 Se cuentan 3 segundos.



Network 7

Transición etapa 33 a 30:
 Se alcanza la cuenta de 3 segundos.





**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 6:

**Guión de prácticas
funcionamiento simple**

GUIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

1. Objetivo: Automatizar la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL con un autómatas Siemens S7-200. Realizar la programación en KOP que permita el funcionamiento normal de la máquina y su parada.

2. Descripción de la Máquina H222 EL

La Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H22 EL (Figura 1) es una máquina industrial real que sirve para coser las platabandas perimétricas de colchones, es decir, la banda tapizada que une la tapicería de ambos lados del colchón.

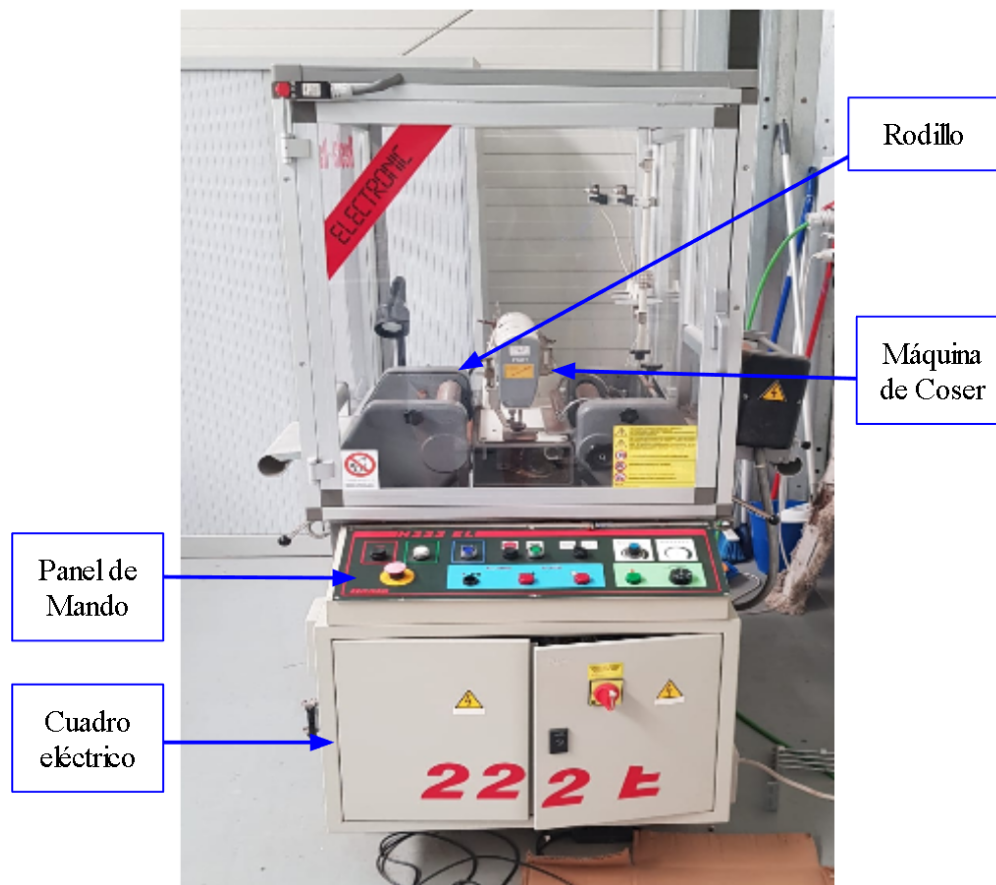


Figura 1: Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H22 EL.

En el interior se encuentra una máquina de coser PFAFF. Esta máquina se usa tanto para realizar cosidos transversales y diagonales. Para los cosidos transversales, se desplazará hacia delante y detrás mediante un motor paso a paso con ayuda de sensores de final de carrera para delimitar este movimiento. Para realizar cosidos diagonales, la tela se desplaza perpendicularmente a la máquina por medio de un rodillo interior controlado por otro motor paso a paso. En la Figura 2 se muestra un esquema gráfico del funcionamiento de la máquina, visto desde arriba, en el que se indican los movimientos básicos anteriormente indicados.

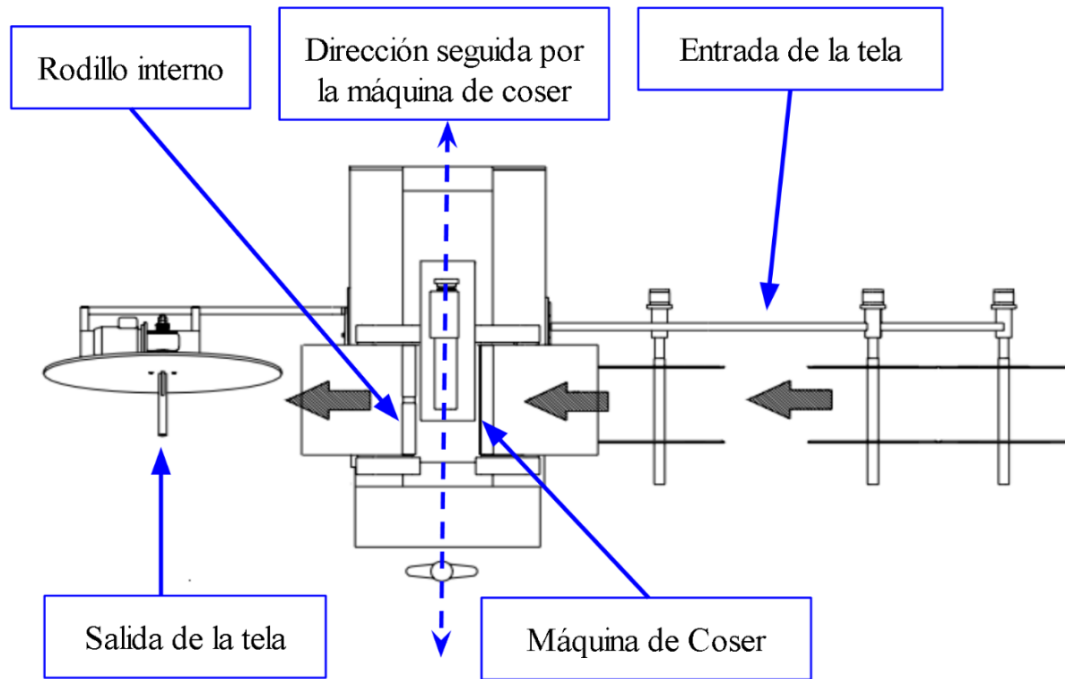


Figura 2: Flujo de trabajo de la máquina.

El sistema de automatización de la máquina acolchadora H222 EL está compuesto por un autómata programable, un cuadro de mando, y varios sensores y actuadores (véase Figura 3).

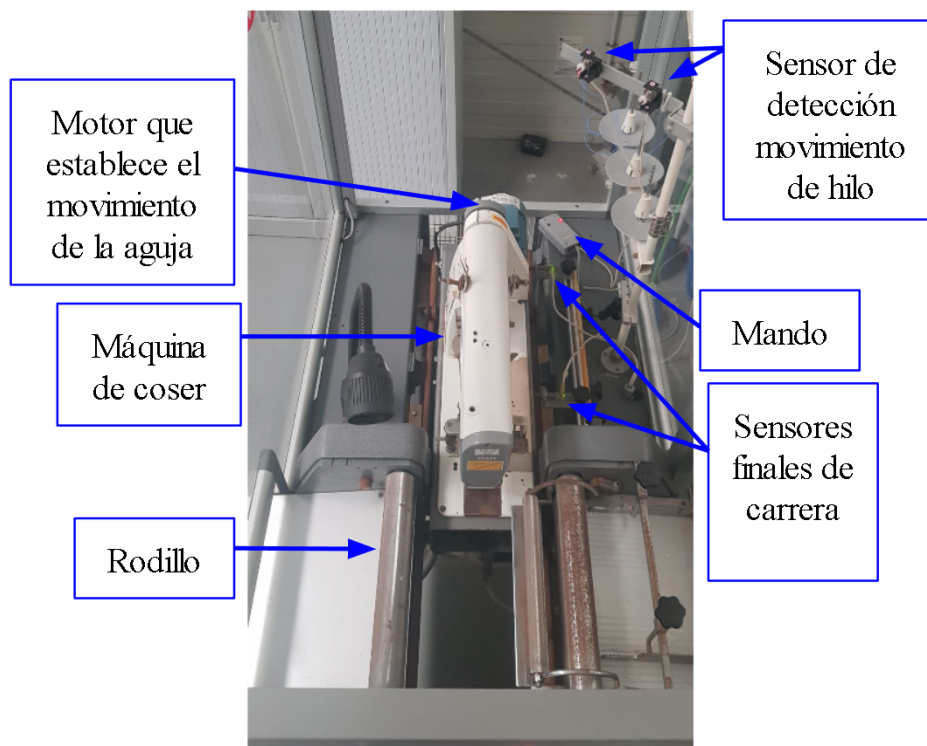


Figura 3: Máquina H222 EL vista desde arriba.

El cuadro de mando está ubicado en la parte frontal de la Acolchadora sobre el cuadro eléctrico, y permite al usuario interactuar con la máquina por medio de los diversos botones que la componen. Como vemos en la Figura 4, se compone de diversos pulsadores, una seta de emergencia, varios selectores y varias luces de señalización.

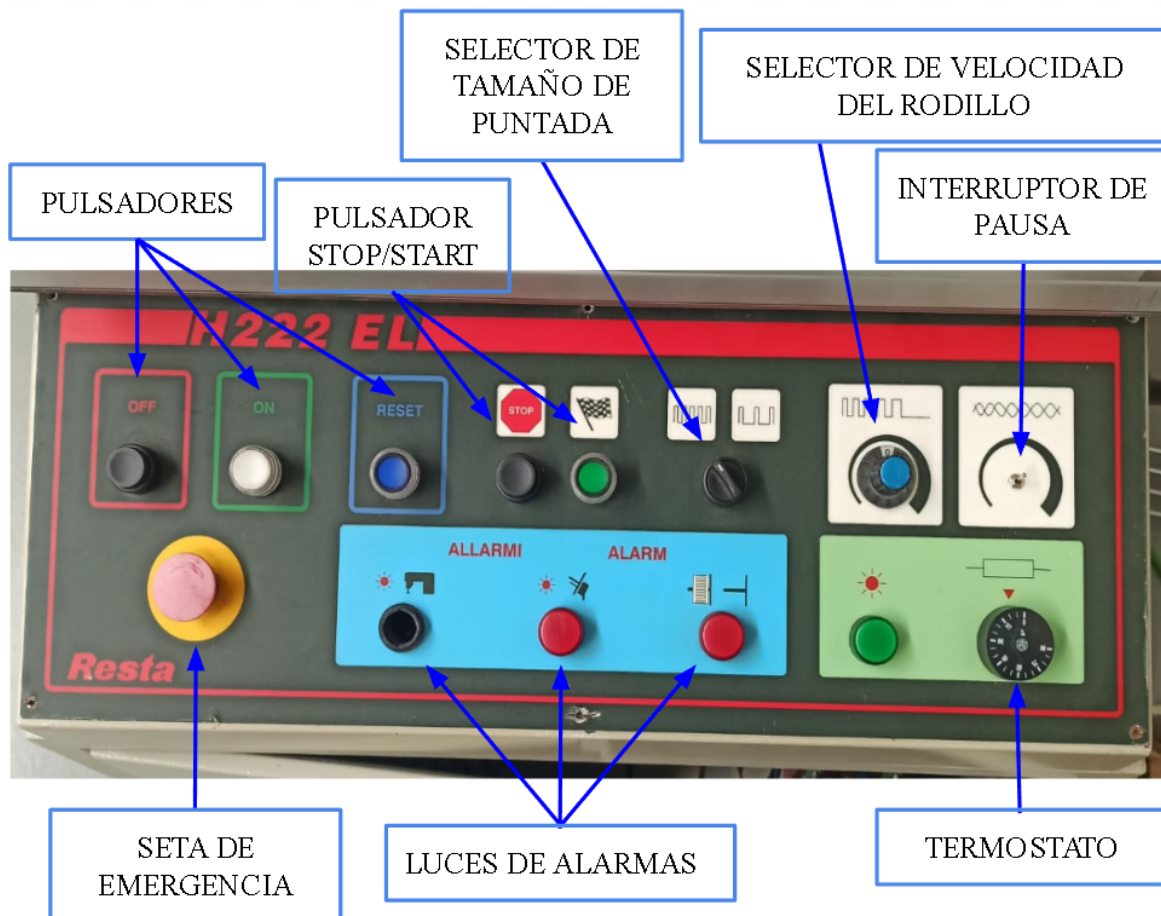


Figura 4: Cuadro de mando de la Máquina H222 EL.

3. Funcionamiento de la máquina

PASO PREVIO: Para trabajar con esta máquina es necesario pulsar el pulsador ON del panel de mando para alimentar al autómata.

El funcionamiento básico de la máquina es el siguiente:

1. Pulsar en el panel de mando RESET: se habilitan los motores paso a paso y, si la máquina de coser no se está en el final de carrera 1, se debe desplazar a esta posición de partida.
2. Pulsar en el panel de mando START: se enciende el led interno de este pulsador y se desplaza la máquina de coser hasta el final de carrera 2.

3. Cuando la máquina de coser llega al final de carrera 2: se para la máquina de coser, se activa el rodillo interno con la velocidad indicada en selector correspondiente del panel de mando y se activa un temporizador de 5 segundos.
4. Pasado este tiempo: se activa la aguja de la máquina de coser, donde el tiempo entre puntadas será el indicado por el selector correspondiente del panel de mando.
5. Para parar la máquina se debe pulsar STOP: se para tanto la aguja de coser como el rodillo y se desplaza la máquina de coser a la posición inicial (final de carrera 1).
6. Cuando la máquina llega a la posición inicial se debe parar. Para volver a iniciar su funcionamiento será necesario volver a pulsar START (paso 2).

Parte Opcional. Implementación de pausa en el sistema:

Si se activa el interruptor de pausa del panel de control, se debe parar el sistema y activar una luz de aviso. Una vez sea desactivado el interruptor de pausa, el proceso debe continuar por donde se quedó y la luz de aviso apagarse.

Parte Opcional. Detección de fallo en el hilado:

En caso de que se detecte un error en la circulación del hilo (error detectado por el dispositivo de control de hilado), se debe parar el proceso y encender una luz de alarma. Cuando el dispositivo de control de hilado informe de que la avería está resuelta, el proceso debe continuar por donde se quedó y la luz de alarma apagarse.

4. Identificación de las entradas y salidas

Entradas		Salidas	
<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>	<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>
I0.0	Final de carrera 1	Q0.0	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento del rodillo
I0.1	Final de carrera 2	Q0.1	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento de la máquina de coser
I0.2	Pulsador START	Q0.2	Habilitar los dos motores paso a paso
I0.3	Pulsador STOP con lógica inversa	Q0.3	Cambio de sentido de giro del motor paso a

Entradas		Salidas	
<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>	<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>
			paso que controla el movimiento de la máquina de coser
I0.4	Pulsador RESET	Q0.5	Habilitar el motor trifásico que controla el movimiento vertical de la aguja
I0.5	Selector de tamaño de puntada	Q0.7	Activación de la luz de alarma derecha (detección de fallo en el hilado)
I0.6	Detección de fallo en la circulación del hilo	Q1.0	Habilitar funcionamiento del mando. Mediante lógica inversa, apagada habilita el mando.
I0.7	Interruptor de Pausa	Q1.1	Luz interior del pulsador START
I1.1 - I1.4	Entradas conectadas al selector de velocidad del rodillo interno	-	-

Tabla 1: Identificación de las entradas y salidas del autómata.

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 7:

**Guión de prácticas
funcionamiento complejo**

GUIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

1. Objetivo: Automatizar la Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL con un autómata Siemens S7-200. Realizar la programación en KOP que permita el funcionamiento normal de la máquina y su parada. Previamente se deben diseñar la Guía GEMMA y y los GRAFCETs del funcionamiento de la máquina.

2. Descripción de la Máquina H222 EL

La Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H22 EL (Figura 1) es una máquina industrial real que sirve para coser las platabandas perimétricas de colchones, es decir, la banda tapizada que une la tapicería de ambos lados del colchón.

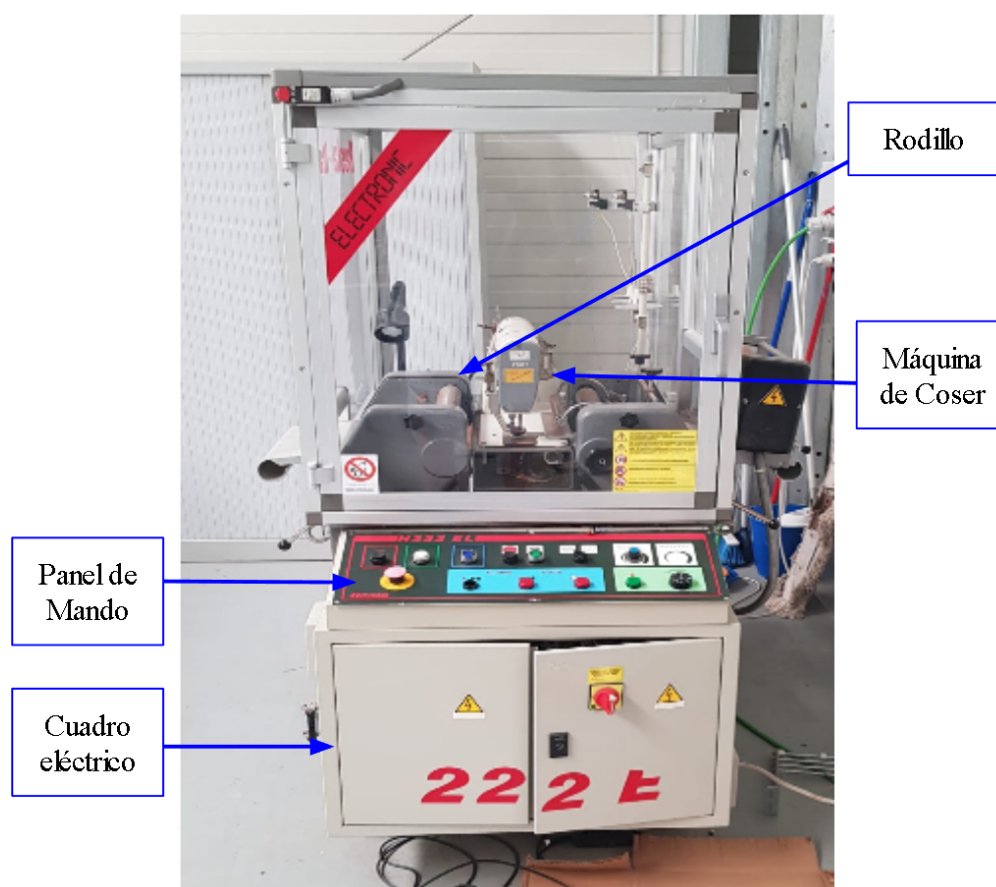


Figura 1: Máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H22 EL.

En el interior se encuentra una máquina de coser PFAFF. Esta máquina se usa tanto para realizar cosidos transversales y diagonales. Para los cosidos transversales, se desplazará hacia delante y detrás mediante un motor paso a paso con ayuda de sensores de final de carrera para delimitar este movimiento. Para realizar cosidos diagonales, la tela se desplaza perpendicularmente a la máquina por medio de un rodillo interior controlado por otro motor paso a paso. En la Figura 2 se muestra un esquema gráfico del funcionamiento de la máquina, visto desde arriba, en el que se indican los movimientos básicos anteriormente indicados.

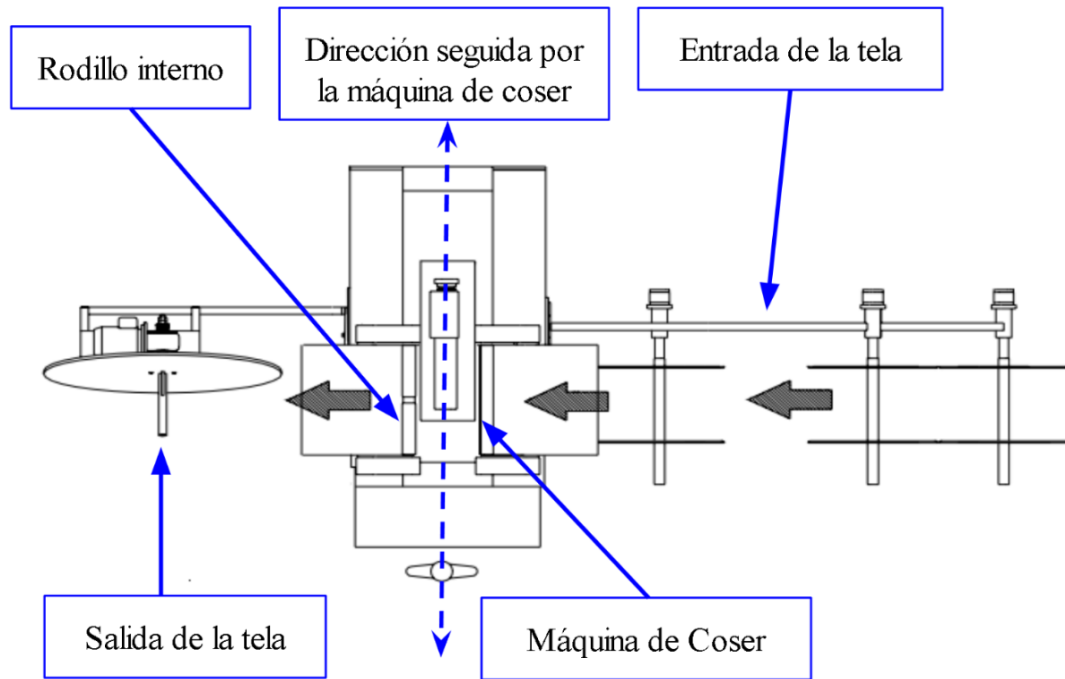


Figura 2: Flujo de trabajo de la máquina.

El sistema de automatización de la máquina acolchadora H222 EL está compuesto por un autómata programable, un cuadro de mando, y varios sensores y actuadores (véase Figura 3).

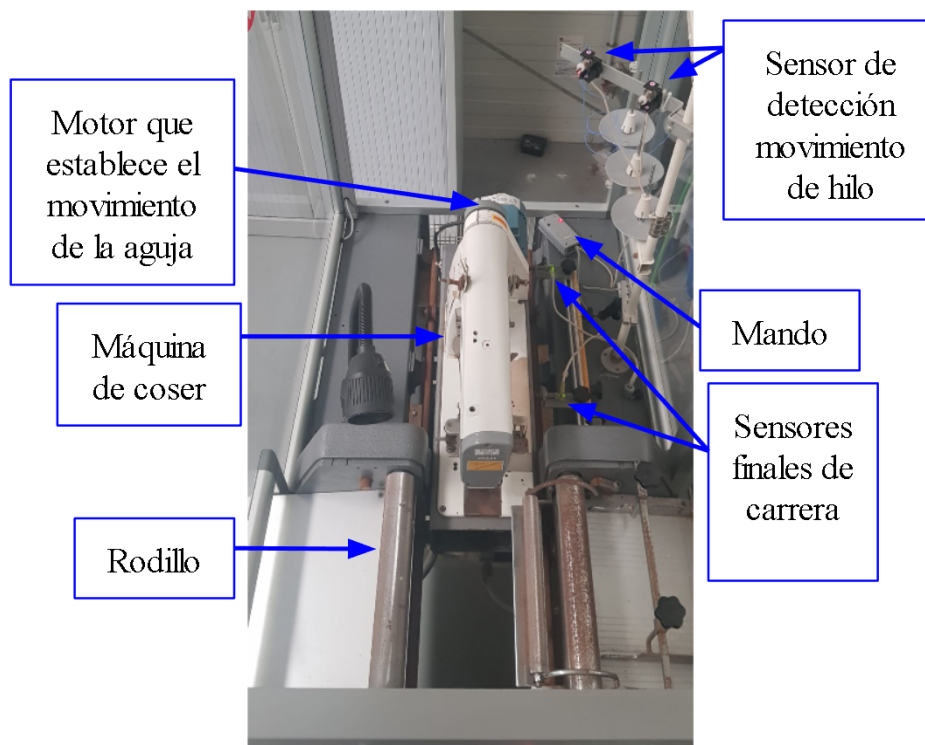


Figura 3: Máquina H222 EL vista desde arriba.

El cuadro de mando está ubicado en la parte frontal de la Acolchadora sobre el cuadro eléctrico, y permite al usuario interactuar con la máquina por medio de los diversos botones que la componen. Como vemos en la Figura 4, se compone de diversos pulsadores, una seta de emergencia, varios selectores y varias luces de señalización.

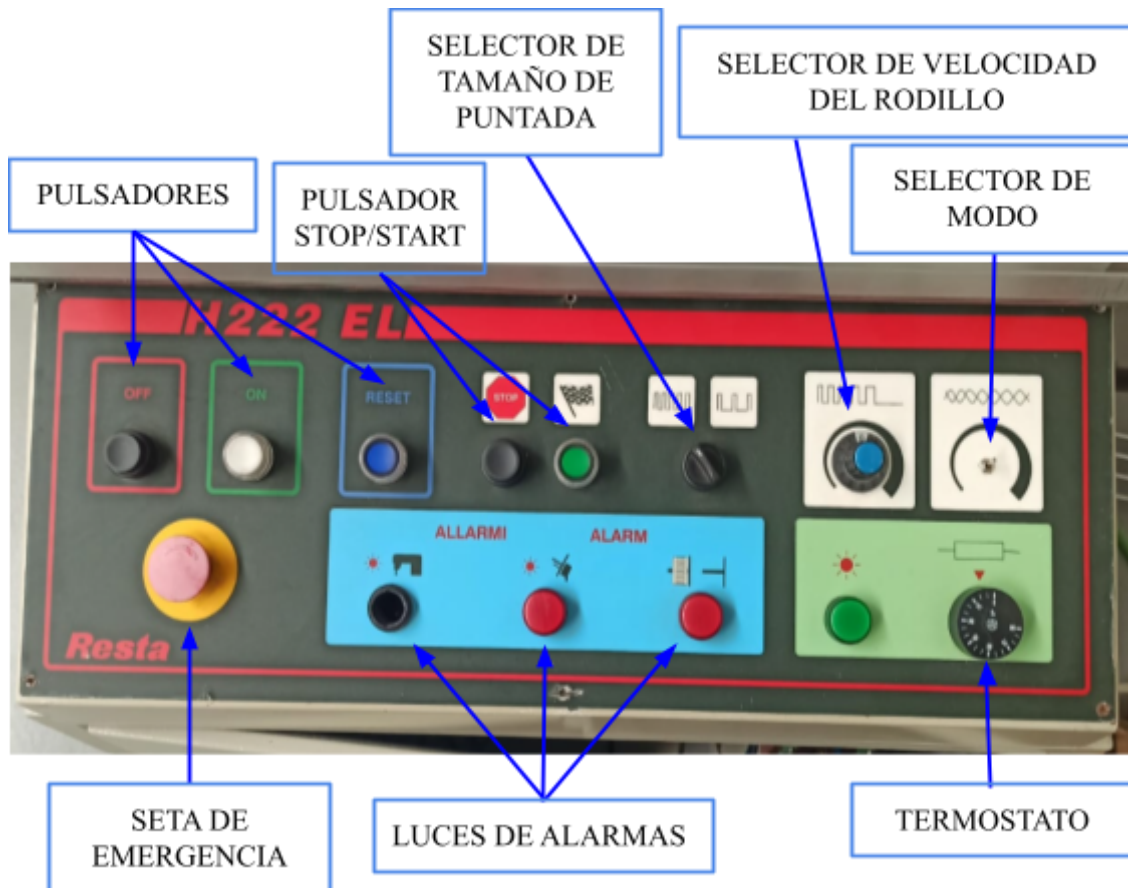


Figura 4: Cuadro de mando de la Máquina H222 EL.

3. Funcionamiento de la máquina

Se contemplan dos modos de funcionamiento: modo continuo y modo cíclico. Para seleccionarlos, se hará uso de un interruptor del panel de mando.

PASO PREVIO: Para trabajar con esta máquina es necesario pulsar el pulsador ON del panel de mando, para alimentar al autómeta, y seleccionar el modo deseado de funcionamiento con el interruptor correspondiente.

3.1. Modo de funcionamiento continuo:

El funcionamiento continuo de la máquina es el siguiente:

1. Pulsar en el panel de mando RESET: se habilitan los motores paso a paso y, si la máquina de coser no se está en el final de carrera 1, se debe desplazar a esta posición de partida.
2. Pulsar en el panel de mando START: se enciende el led interno de este pulsador y se desplaza la máquina de coser hasta el final de carrera 2.
3. Cuando la máquina de coser llega al final de carrera 2: se para la máquina de coser, se activa el rodillo interno con la velocidad indicada en selector correspondiente del panel de mando y se activa un temporizador de 5 segundos.
4. Pasado este tiempo: se activa la aguja de la máquina de coser, donde el tiempo entre puntadas será el indicado por el selector correspondiente del panel de mando.
5. Para parar la máquina se debe pulsar STOP: se para tanto la aguja de coser como el rodillo y se desplaza la máquina de coser a la posición inicial (final de carrera 1).
6. Cuando la máquina llega a la posición inicial se debe parar. Para volver a iniciar su funcionamiento será necesario volver a pulsar START (paso 2).

3.1. Modo de funcionamiento cíclico:

El funcionamiento cíclico de la máquina es el siguiente:

1. Pulsar en el panel de mando RESET: se habilitan los motores paso a paso y, si la máquina de coser no se está en el final de carrera 1, se debe desplazar a esta posición de partida.
2. Pulsar en el panel de mando START: se enciende el led interno de este pulsador y se desplaza la máquina de coser hasta el final de carrera 2.
3. Cuando la máquina de coser llega al final de carrera 2: se para la máquina de coser, se activa el rodillo interno con la velocidad indicada en selector correspondiente del panel de mando y se activa un temporizador de 5 segundos.
4. Pasados los 5 segundos: se activa la aguja de la máquina de coser, donde el tiempo entre puntadas será el indicado por el selector correspondiente del panel de mando. Además, se activa un temporizador 30 segundos.
5. Pasados los 30 segundos: la máquina se desplaza hasta el final de carrera 1.
6. Cuando la máquina de coser llega al final de carrera 1: se activa un temporizador de 5 segundos.

7. Cuando pasan los 5 segundos: se desplaza la máquina al final de carrera 2 y se repiten los pasos 3-7. Este proceso se realiza tres veces.
8. Ejecutado el proceso un total de tres veces: se para la aguja de coser y el rodillo, y se desplaza la máquina de coser a la posición inicial (final de carrera 1).
9. Cuando la máquina llega a la posición inicial se debe parar, apagándose todos los motores. Para volver a iniciar su funcionamiento será necesario volver a pulsar RESET (paso 1).

Parada de la máquina antes de terminar los tres ciclos: para parar la máquina en cualquier momento se debe pulsar STOP. Con esto se debe parar la aguja de coser y el rodillo, y desplazar la máquina de coser a la posición inicial (final de carrera 1). Además, se reinicia la cuenta de los ciclos realizados hasta el momento. Para volver a ejecutar el proceso, será necesario pulsar RESET nuevamente.

Parte Opcional. Detección de fallo en el hilado: en caso de que se detecte un error en la circulación del hilo (error detectado por el dispositivo de control de hilado) en cualquier modo de funcionamiento, se debe parar el proceso y encender una luz de alarma. Cuando el dispositivo de control de hilado informe de que la avería está resuelta, el proceso debe continuar por donde se quedó y la luz de alarma apagarse.

4.1. Identificación de las entradas y salidas

Entradas		Salidas	
<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>	<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>
I0.0	Final de carrera 1	Q0.0	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento del rodillo
I0.1	Final de carrera 2	Q0.1	“Generar paso”, para el motor paso a paso que controla el movimiento de la máquina de coser
I0.2	Pulsador START	Q0.2	Habilitar los dos motores paso a paso
I0.3	Pulsador STOP con lógica inversa	Q0.3	Cambio de sentido de giro del motor paso a paso que controla el

Entradas		Salidas	
<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>	<i>Dirección S7-200</i>	<i>Descripción</i>
			movimiento de la máquina de coser
I0.4	Pulsador RESET	Q0.5	Habilitar el motor trifásico que controla el movimiento vertical de la aguja
I0.5	Selector de tamaño de puntada	Q0.7	Activación de la luz de alarma derecha (detección de fallo en el hilado)
I0.6	Detección de fallo en la circulación del hilo	Q1.0	Habilitar funcionamiento del mando. Mediante lógica inversa, apagada habilita el mando.
I0.7	Selector del modo de funcionamiento	Q1.1	Luz interior del pulsador START
I1.1 - I1.4	Entradas conectadas al selector de velocidad del rodillo interno	-	-

Tabla 1: Identificación de las entradas y salidas del autómata.

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

ANEXO 8:

**Material complementario
para la docencia**

MATERIAL COMPLEMENTARIO PARA LA DOCENCIA

Es importante que el profesor responsable de la supervisión de la práctica explique al alumnado cómo controlar los motores paso a paso de la máquina acolchadora y el funcionamiento de la aguja de la máquina de coser antes de asistir al laboratorio.

1. Funcionamiento Motores Paso a Paso:

En primer lugar, los controladores de los dos motores paso a paso presentes en la acolchadora deben ser habilitados con la salida Q0.2 del autómat. Cuando se quiera activar el motor paso a paso que mueve la máquina de coser entre los dos finales de carrera, será necesario generar pulsos con la salida Q0.1 del autómat. De manera análoga, para activar el motor paso a paso del rodillo interno de la máquina, se debe generar pulsos con la salida Q0.0. En el caso de la máquina de coser, como puede moverse hacia delante y detrás, es necesario especificar el sentido del movimiento con la Q0.3.

Las salidas Q0.0 y Q0.1 del S7-224 están especialmente preparadas para la generación de pulsos. Para esto es necesario utilizar bloques y zonas de memoria del autómat específicas.

Los bloques necesarios son los siguientes:

- 1) Bloque PLS (Figura 1): generador de pulsos por la salida especificada en la línea “Q0X” (0: Q0.0, 1:Q0.1)

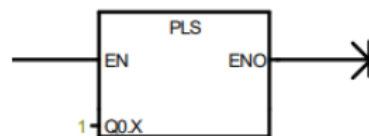


Figura 1: Bloque PLS con la salida Q0.1 especificada.

- 2) Bloque de transferencia MOV para mover un valor de entrada (IN) a un espacio determinado de memoria (OUT) sin cambiar el valor original. En el caso que nos ocupa será necesario usar cuatro bloques MOV por cada salida generadora de pulsos (Q0.0 o Q0.1), porque hay cuatro zonas diferentes en la memoria del autómat implicadas en la generación de pulsos para cada salida (Figura 2).

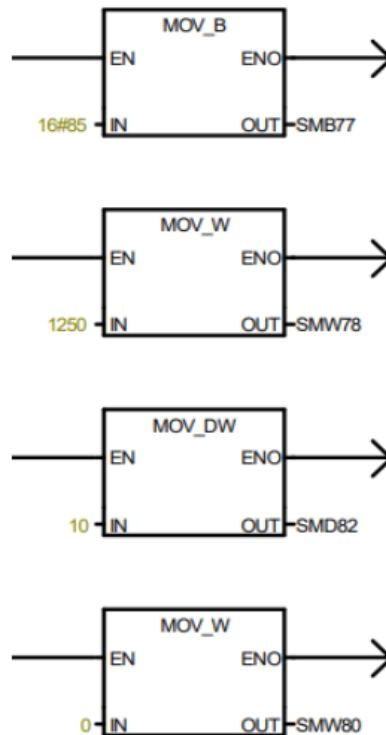


Figura 2: Bloques MOV empleados para activar pulsos por la salida Q0.1.

En la Tabla 1 se detallan las zonas de memoria del autómata que se usan en la generación de pulsos, y qué se guarda en cada una de ellas.

Bloque empleado	Q0.0	Q0.1	Funcionalidad
MOV_B	SMB67	SMB77	Activar la función de salida de impulso.
MOV_W	SMW68	SMW78	Definir el periodo de funcionamiento, donde a mayor magnitud, menor velocidad
MOV_DW	SMD72	SMD82	Asignar la lectura de los impulsos necesarios para que el motor empiece a moverse
MOV_W	SMW70	SMW80	Definir la anchura del impulso

Tabla 1: Zonas de memoria del autómata que se usan en la generación de pulsos para cada una de las salidas (Q0.0 y Q0.1)

1.1. Motor paso a paso - Movimiento máquina de coser:

El motor paso a paso que mueve la máquina de coser entre los finales de carrera 1 y 2 lo hará siempre a la misma velocidad. Recordemos que para este motor los pasos se generan con la salida Q0.1 del autómata. La velocidad se establece con el valor de la frecuencia a la que se generan los pulsos. Hemos fijado un valor de 1250 μ s que con ayuda del bloque “Move Word” moveremos al espacio SMW78 explicado en la Tabla 1.

1.2. Motor paso a paso - Movimiento del rodillo:

El movimiento del rodillo interno está controlado por otro motor paso a paso, pero en este caso, la velocidad varía según la posición seleccionada en un selector existente en el panel de mando para este fin. Para este motor los pasos se generan con la salida Q0.0 del autómata. Para conseguir que la velocidad del motor dependa del selector, se relaciona cada posición del selector con un valor de frecuencia de pulsos diferente, tal y como se muestra en la Tabla 2. Mediante un bloque Move moveremos el valor de la frecuencia seleccionado por el usuario a un espacio de memoria del autómata intermedio (en nuestro caso fue VW100), y de ahí, con otro bloque Move, se traslada ese valor al espacio SMW68 explicado en la Tabla 1. En las figuras 3 y 4 se muestran fragmentos de código correspondientes a esta operación.

Posición seleccionada	Dirección S7-200				Periodo fijado (μ s)
	I1.1	I1.2	I1.3	I1.4	
0	0	0	0	0	500
1	1	0	0	0	1500
2	0	1	0	0	2500
3	1	1	0	0	3500
4	0	0	1	0	4500
5	1	0	1	0	5500
6	0	1	1	0	6500
7	1	1	1	0	7500
8	0	0	0	1	8500
9	1	0	0	1	9500
10	0	1	0	1	10500
11	1	1	0	1	11500

Tabla 2: Entradas activas en el PLC y periodo fijado en función de la posición del selector de velocidad del rodillo interno.

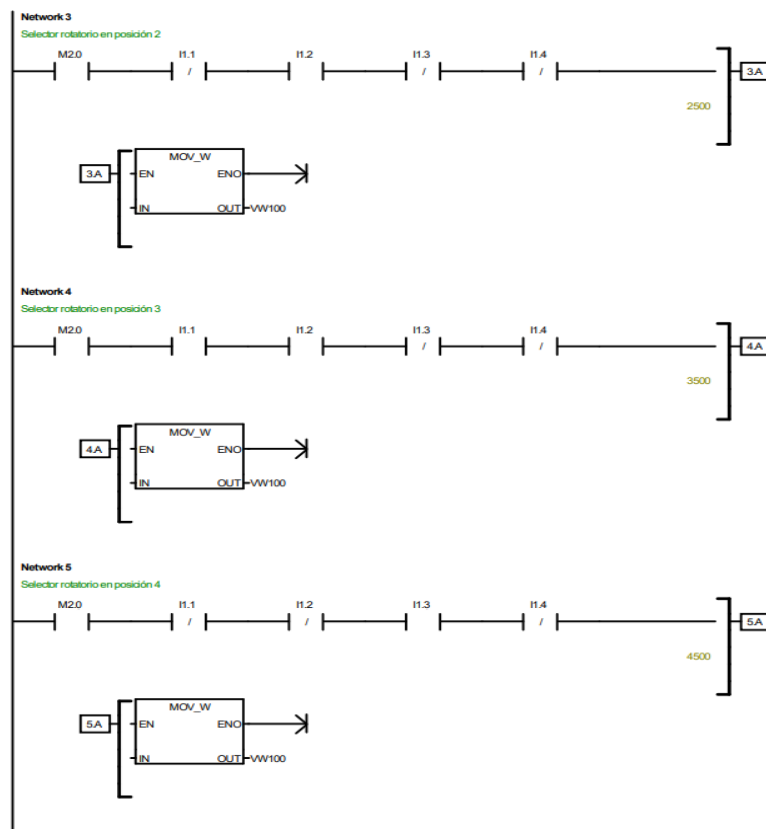


Figura 3: Fragmento de código que guarda un valor de periodo en el espacio de memoria VW100, en función de la posición del potenciómetro.

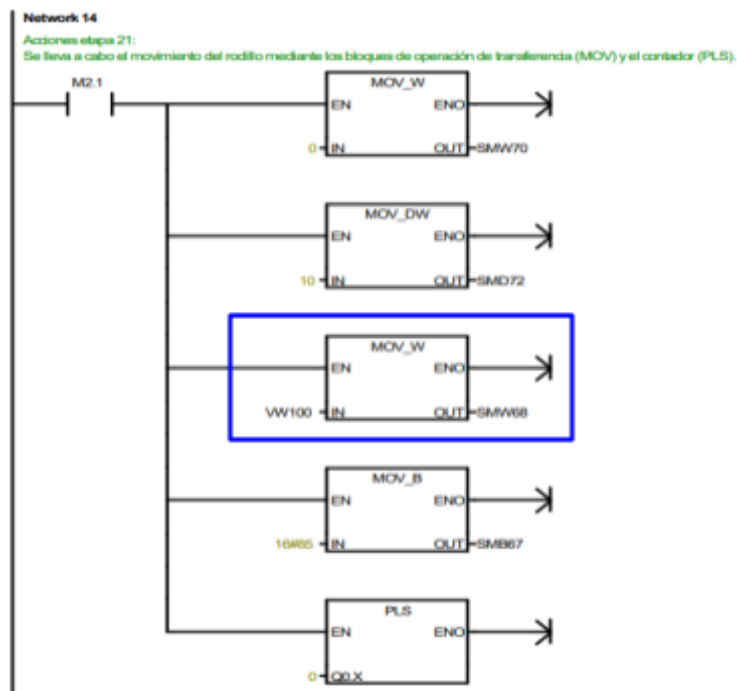


Figura 4: Fragmento de código donde se muestra como el valor almacenado VW100 se traslada al espacio de memoria SMW68.

2. Funcionamiento de la aguja de la Máquina de Coser:

Para accionar las puntadas de la máquina de coser, se activa la señal Q0.5 en función de la señal de un temporizador. Si la posición en la que se encuentra el selector de ancho de pulso (Figura 4) es “paso simple” (posición izquierda), entre puntada y puntada pasará 1 segundo. Mientras que si el selector se sitúa en la otra posición entre puntada y puntada deben pasar 3 segundos.

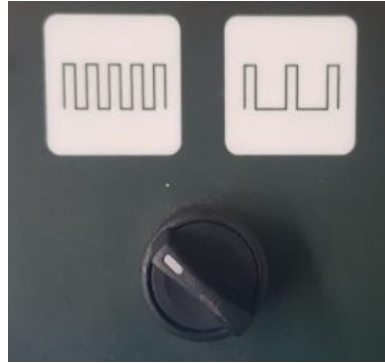


Figura 4: Selector para seleccionar el tamaño de la puntada

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

ANEXO 9:

**Videos de puesta en
marcha**

1. TFG: Prueba de los elementos presentes en el pupitre de control.
https://youtu.be/jBJ_QSNfXiQ
2. TFG: Prueba del movimiento de la máquina de costura y los finales de carrera de la acolchadora.
<https://youtu.be/vp7LncOlgFc>
3. TFG: Prueba del movimiento del rodillo a velocidad fija.
<https://youtu.be/OkunwRkWKos>
4. TFG: Prueba de las variaciones de velocidad del rodillo haciendo uso del selector rotatorio.
<https://youtu.be/arDqO0E7210>
5. TFG: Prueba del movimiento vertical de la aguja y de la variación del espacio entre puntadas.
<https://youtu.be/B19mL-mYAP8>

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

ANEXO 10:

**Vídeos de funcionamiento
automatizado**

1. TFG: Implementación de variaciones de velocidad en el rodillo mediante codificador rotatorio.
<https://youtu.be/UGTuv6LwO7U>
2. TFG: Explicación del funcionamiento de la aguja
<https://youtu.be/VA0Ne2fVIAY>
3. TFG: CÓDIGO SIMPLE.
<https://youtu.be/ZYMe3CyqdBc>
4. TFG: CÓDIGO COMPLEJO.
<https://youtu.be/qrLc4Ch5BAM>
5. TFG: Explicación e implementación en el código del mando y los sensores de hilado
<https://youtu.be/QH9XkoIB9Zc>
6. TFG: Explicación del funcionamiento de las protecciones móviles y seta de emergencia de la máquina
<https://youtu.be/8cmLfHBX1uI>

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

V. PLANOS

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

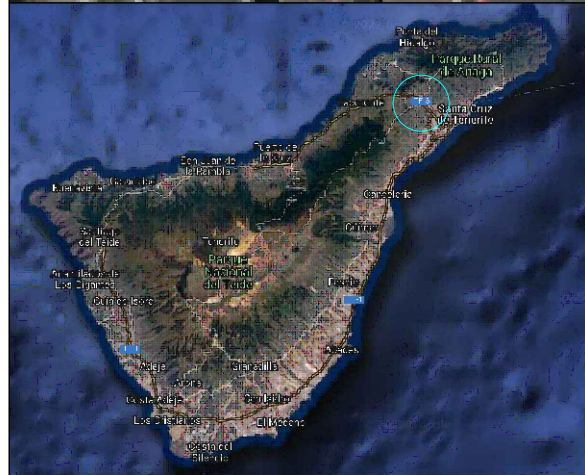
TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

PLANO 1:

Plano de Situación



TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de la Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA:	N/A		
	Plano de situación de la máquina H222 EL	Nom.Arch:	Plano_situacion.dwg

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

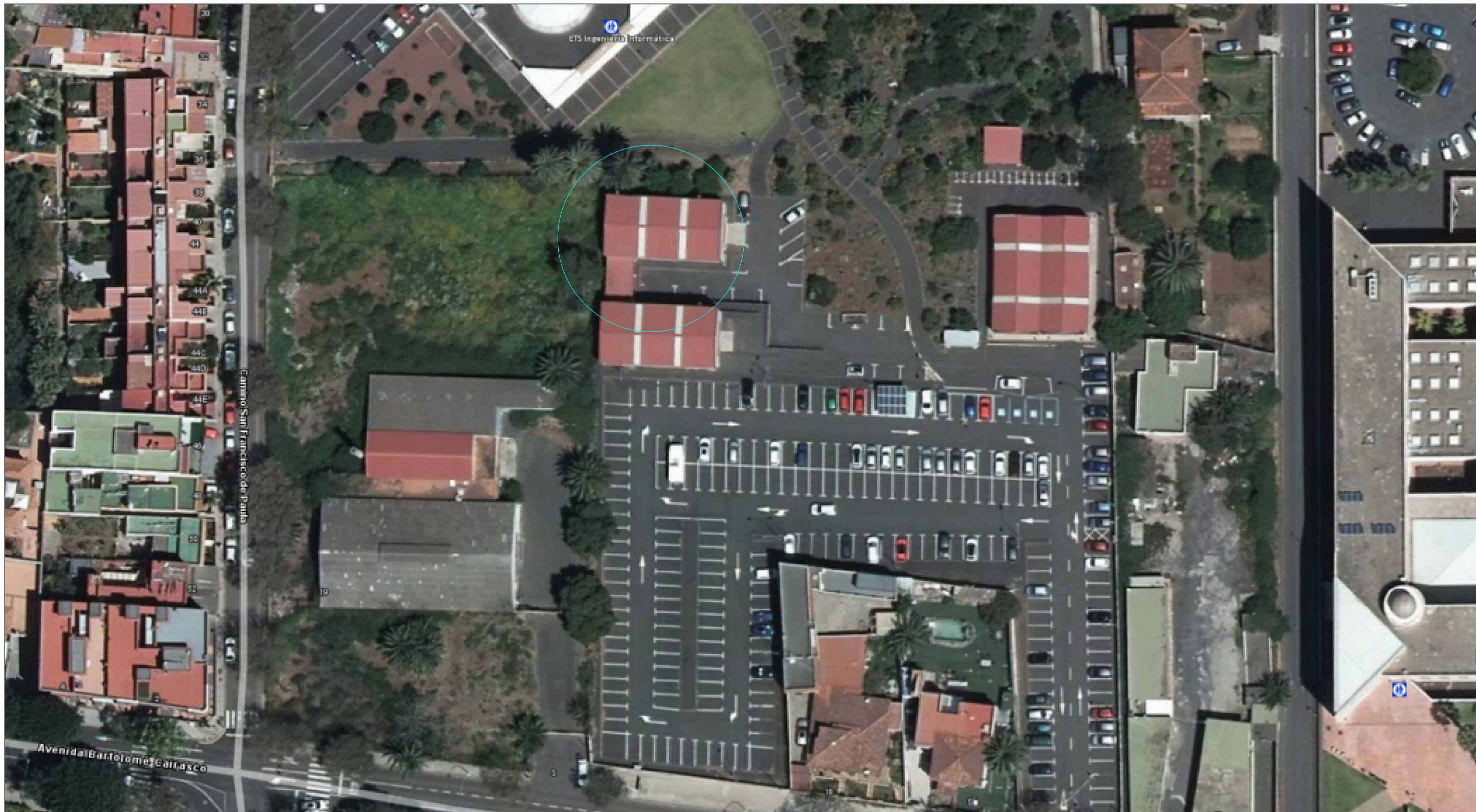
TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

PLANO 2:

Plano de Emplazamiento



TFG - AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL

COORDENADAS
lat: 28°28'56,47" N lon:16°19'20,06" O x: 370571,26 y: 3151349,35 z: 562,94 m.

Autores	Ángel Marcos Trujillo Trujillo	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna (ULL)
	Laura Lourdes Suárez Afonso		
Fecha	JUNIO 2022		
Id. s. norma	UNE - EN - DIN A3		
ESCALA: N/A	Plano de emplazamiento de la máquina H222 EL		Nom.Arch: Plano_emplazamiento.dwg

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Automatización y puesta en marcha de la
Acolchadora Electrónica de Platabandas H222
EL**

Junio 2022

VI. PRESUPUESTO

Presupuesto

Nombre del proyecto

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora
Electrónica de Platabandas H222 EL

Fecha presupuesto

19/05/2022

DESCRIPCIÓN

UD

PRECIO POR HORA

TOTAL DE HORAS

Mano de obra - Ingeniero Técnico Industrial

2

48,00 €

300

Total Bruto

\$28.800,00

I.G.I.C. %

7%

\$2.016,00

Total presupuesto

\$30.816,00

Ingenieros Técnicos Industriales

43386014-X



51168258-C



El promotor

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, Universidad de La Laguna (ULL).

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

VII. CONCLUSIONES Y LÍNEAS ABIERTAS

1. Conclusiones

En este Trabajo Fin de Grado se ha realizado la puesta en marcha y la automatización de la máquina Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL, para el uso de la misma en las sesiones prácticas de las asignaturas de Automatización. Está situada en una de las naves industriales de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de La Laguna. Este TFG es especialmente interesante para la docencia de Automatización de la Escuela debido a la carencia de equipos industriales reales disponibles para la realización de prácticas. Por este motivo, el TFG no sólo ha abordado la reparación y puesta en marcha de la máquina, sino también el estudio de cómo utilizar esta máquina como planta de prácticas y el diseño de material docente para estudiantes de diferentes niveles y para los profesores que supervisen el laboratorio.

La realización del TFG se ha desarrollado en dos etapas bien diferenciadas. En la primera, se ha analizado de manera minuciosa la máquina físicamente y sus funcionalidades. Para esto, hemos estudiado el manual de la Acolchadora, identificado los distintos componentes presentes (botones del panel de control, protecciones fijas y móviles, sensores, ...), reparado las partes que estaban averiadas e introducido algunas mejoras (por ejemplo, un nuevo interruptor al panel de control). Tras ello, se ha procedido a conectar el autómat a un ordenador para extraer e interpretar el código presente en el PLC conectado a la máquina.

En la segunda parte del TFG se ha abordado el control de la máquina. En este caso, hemos diseñado dos posibles ciclos de trabajo de la máquina, jugando con las señales de control disponibles conectadas al autómat y los estados recogidos en la guía GEMMA. Los Graficets resultantes han sido pasados a Kop e introducidos en el PLC de la máquina, para comprobar el correcto funcionamiento de los mismos. Finalmente, toda esta experiencia ha dado lugar a material docente (guiones para estudiantes y material de apoyo al profesorado).

Para realizar este proyecto se han requerido conocimientos de distintas asignaturas cursadas durante el grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, principalmente de la asignatura *Automatización Industrial Avanzada*, debido a la implementación de los GRAFCET y de la guía GEMMA, y de *Ampliación de Ingeniería Eléctrica*, para el entendimiento del modo de trabajo de los motores paso a paso, los motores trifásicos y los transformadores. Además de consolidar y aplicar en un entorno real y práctico los conocimientos de automatización ya aprendidos, como son la programación en KOP, los diagramas funcionales GRAFCET y la aplicación de los estados de la guía GEMMA, se han abordado nuevos temas, como la utilización de GRAFCETS parciales relacionados entre sí y la realización de esquemas eléctricos para representar el conexionado de la Acolchadora.

2. Líneas abiertas

Desde un punto de vista físico, consideramos que la puesta en marcha de la máquina está terminada. Aunque hay que tener en cuenta que la acolchadora completa tiene unos rodillos de entrada y de salida que no están presentes en la máquina cedida a la ULL. Si en algún momento se consiguieran estas piezas, sería necesario analizarlas, montarlas y conectarlas al PLC, cambiando así la asignación de entradas y salidas, y algunas de las acciones a realizar en los ciclos de trabajo.

Desde un punto de vista docente, consideramos necesario validar las experiencias docentes diseñadas, y adaptarlas, si fuera necesario a las necesidades reales del alumnado. Esta validación solo se podrá realizar cuando la máquina acolchadora se empiece a utilizar en las sesiones prácticas de las asignaturas de Automatización. Además, sería interesante hacer un estudio comparativo del proceso de aprendizaje del alumnado, cuando utiliza plantas de prácticas simuladas y cuando maneja esta máquina industrial real.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Automatización y puesta en marcha de la Acolchadora Electrónica de Platabandas H222 EL

Junio 2022

VIII. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

1. Conclusions

In this Final Degree Project (FDP), the start-up and automation of the the H222 EL Electronic Quilting Machine, and its subsequent adaptation for teaching practices, has been developed. It is located in one of the industrial buildings of the School of Engineering and Technology of the University of La Laguna. This FDP is especially interesting for the Automation teaching in the School due to the lack of real industrial equipment for the practical sessions. For this reason, the FDP approaches first, the repairment and commissioning of the machine, and second, the study of how to use this machine as a practices plant, and the design of teaching material for students and teachers.

The realization of the FDP has been developed in two different stages. In the first one, the machine and its functionalities have been studied in detail. For this, we have analyzed the manual of the quilter, identified the different components (control panel buttons, fixed and mobile protections, sensors, ...), repaired the parts that were damaged and introduced some improvements (for example, a new switch in the control panel). After that, we proceeded to connect the Programmable Logic Controller (PLC) of the machine to a computer for extracting and interpreting the code.

In the second part of the FDP, the control of the machine has been approached. In this case, we have designed two possible operation modes, playing with the available control signals connected to the PLC and the states collected in the GEMMA guide. The resulting Graficets have been passed to Kop and introduced into the PLC of the machine. Finally, all this experience has lead to teaching material for students and for teachers.

To carry out this project, knowledge of different subjects studied during the degree in Industrial Electronic and Automatic Engineering has been required, mainly of the subject *Advanced Industrial Automation*, due to the implementation of the GRAFCET and the GEMMA guide, and *Extension of Electrical Engineering*, for understanding the operation of stepper motors, three-phase motors, and transformers. We have consolidated and applied the automation knowledge already learned in a real and practical environment (KOP programming, GRAFCET functional diagrams and GEMMA guide). Furthermore, new topics have been addressed, for example, the use of partial GRAFCETS, and the development of electrical diagrams to represent the connections of the quilter.

2. Future Work

From a physical point of view, we consider that the commissioning of the machine is finished. However, it must be taken into account that the complete quilter has input and output rollers not included in the machine transferred to the ULL. If these parts were received, it would be necessary to analyze, assemble and connect them to the PLC. This fact would change the assignment of inputs and outputs, and some of the actions to be carried out in the operation cycles.

From a teaching point of view, we consider important to validate the designed teaching experiences, and adapt them, if necessary, to the real students' requirements. This validation must wait for the beginning of the practical sessions with the quilting machine. In addition, it would be interesting to make a comparative study of the learning process of the students, with simulated practice plants and this real industrial machine.