



---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Industrial

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

### **Título:**

Automatización de las plantas “Elevador de palés”, “Puente Grúa Biaxial” y “Puente Grúa Triaxial” del laboratorio de Automática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Náutica

**Autor:** Enrique Palmero Ruiz

**Tutores:** Silvia Alayón Miranda  
Rosa María Aguilar China

**Julio 2016**

# Índice

Resumen .....	4
Abstract.....	4
1. Introducción .....	5
2. Estado del arte .....	7
3. Descripción de las plantas .....	12
3.1. Introducción .....	12
3.2. Elevador de palés .....	13
3.3. Puente Grúa Biaxial .....	14
3.4. Puente Grúa Triaxial .....	15
3.5. Conexión con el autómeta.....	16
4. Puesta en marcha.....	18
4.1. Identificación de entradas y salidas .....	18
4.2. Reparación de sensores y actuadores defectuosos .....	20
5. Definición de los ciclos de trabajo de las plantas.....	22
5.1. Elevador de Palés.....	22
5.2. Puente Grúa Biaxial .....	23
5.3. Puente Grúa Triaxial .....	25
6. Herramientas de programación .....	28
6.1. Grafcet .....	28
6.2. La Guía GEMMA .....	31
6.3. El lenguaje de contactos KOP .....	34
6.4. Conversión de Grafcet a KOP .....	35
6.5. Step7-Microwin .....	37
7. Programación de las plantas.....	38
7.1. Guía GEMMA y diagramas GRAFCET.....	38

7.2. Programación: Lenguaje de esquema de contactos KOP .....	40
7.3. Resultados .....	41
8. Generación de documentación .....	42
9. Conclusiones y líneas futuras .....	43
10. Conclusions and future work .....	45
Bibliografía.....	47

ANEXO 1: Guiones de Prácticas

ANEXO 2: GRAFCETS

ANEXO 3: KOP planta “Elevador de Palés”

ANEXO 4: KOP planta “Puente Grúa Biaxial (Desplazamientos secuenciales)”

ANEXO 5: KOP planta “Puente Grúa Biaxial (Desplazamientos en paralelo)”

ANEXO 6: KOP planta “Puente Grúa Triaxial (Desplazamientos secuenciales)”

ANEXO 7: KOP planta “Puente Grúa Triaxial (Desplazamientos en paralelo)”

## Índice de Figuras y Tablas

Figura 2.1. Plantas Industriales didácticas Staudinger GmbH .....	8
Figura 2.2. Planta Industrial FESTO Laboratorio de Automatización del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.....	9
Figura 2.3. Planta Industrial didáctica FESTO.....	9
Figura 2.4. Plantas Sidilab similares a las de este proyecto .....	10
Figura 2.5. Plantas Sidilab.....	10
Figura 2.6. Planta del fabricante Arquimed.....	11
Figura 3.1. Planta “Elevador de palés” .....	13
Figura 3.2. Proceso de recogida de palés en la parte baja. ....	13
Figura 3.3. Proceso de recogida de palés en la parte alta. ....	14
Figura 3.4. Planta “Puente grúa biaxial” .....	14
Figura 3.5. Planta “Puente grúa triaxial” .....	15
Figura 3.6. Sensores y actuadores situados en la planta.....	16

Figura 6.1. Elementos del Grafcet .....	28
Figura 6.2. Secuencia lineal en Grafcet .....	29
Figura 6.3. Divergencia en “O” en Grafcet .....	29
Figura 6.4. Divergencia en “Y” en Grafcet .....	30
Figura 6.5. Forzado de Grafcets .....	30
Figura 6.6. Posibles estados de la Guía GEMMA.....	31
Figura 6.7. Contactos en serie (arriba) y en paralelo (abajo) .....	34
Figura 6.8. Contactos en serie asociados a bobinas.....	35
Figura 6.9. Ejemplo de paso de Grafcet a KOP.....	36
Figura 6.10. Entorno Step7-Microwin en programación KOP.....	37
Figura 7.1. Estados de la Guía GEMMA para la planta “Elevador de palés” .....	39
Figura 7.2. Estados de la Guía GEMMA de “Puente Grúa Biaxial” y “Puente Grúa Triaxial” .....	40
Figura 9.1. Maqueta virtual de la planta “Elevador de palés” .....	44
Figure 10.1. Virtual model of the elevator plant .....	46
Tabla 3.1. Entradas del autómata y conexión con el adaptador .....	17
Tabla 3.2. Salidas del autómata y conexión con el adaptador.....	17
Tabla 4.1. Sensores y entradas del autómata conectados del “Elevador” .....	18
Tabla 4.2. Actuadores y salidas del autómata conectados del “Elevador” .....	18
Tabla 4.3. Sensores y entradas del autómata conectados del “Puente grúa biaxial” .....	19
Tabla 4.4. Actuadores y salidas del autómata conectados del “Puente grúa biaxial” ....	19
Tabla 4.5. Entradas y salidas del autómata conectados del “Puente grúa triaxial” .....	19
Tabla 4.6. Actuadores y salidas del autómata conectados del “Puente grúa triaxial” ....	20

## Resumen

En el presente Trabajo de Fin de Grado se realiza el estudio y la puesta en marcha de tres plantas didácticas de procesos industriales encontradas en el laboratorio de Automatización de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Náutica de la Universidad de La Laguna. El objetivo es tenerlas operativas y disponibles para que puedan ser utilizadas como complemento didáctico por los alumnos del grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática y del grado de Ingeniería Náutica en clases prácticas de laboratorio.

Para ello, conectando las plantas a un autómatas, y utilizando un conjunto de herramientas de programación para la automatización industrial como son los diagramas funcionales GRAFCET, la aplicación de la Guía GEMMA y el lenguaje de programación KOP, se han automatizado los procesos que cada una de las plantas ha de realizar para comprobar su correcto funcionamiento.

## Abstract

In this Final Undergraduate Degree Project the study and start-up of three new didactic industrial plants has been carried out. These plants have been found in the Automation laboratory of the Marine Engineering School at the University of La Laguna. The objective is to prepare them for being operative and available for the students of the degrees of Automatic and Industrial Electronic Engineering and Marine Engineering in their laboratory practical sessions.

Each plant has been connected to a PLC (Programmable Logic Controller) and some automation tools, such as GRAFCET functional diagrams, the GEMMA Guide and the KOP programming language, have been used for programming them and testing their operation.

## 1. Introducción

El presente Trabajo de Fin de Grado ha sido realizado con el objetivo de aprovechar las maquetas de tres plantas industriales que se encontraban en desuso en el laboratorio de Automatización de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Náutica de la Universidad de La Laguna, para que puedan ser utilizadas en un futuro como complemento didáctico por los alumnos del grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática y del grado de Ingeniería Náutica.

La primera de estas maquetas de plantas industriales es una plataforma elevadora con cintas transportadoras cuyo objetivo es transportar objetos (“palés”) de un punto a otro de mayor altura. A esta planta se le llamará “Elevador de palés”. La segunda de ellas es un puente grúa que se desplaza en los ejes x e y, el cual se denotará como “Puente Grúa Biaxial”. Por último, la tercera de las plantas es otro puente grúa, que se llamará “Puente Grúa Triaxial”, ya que es capaz de realizar también movimientos en el eje z.

Con la utilización de estas plantas, las clases prácticas de laboratorio de asignaturas relacionadas con la automatización se podrán organizar dividiendo a los alumnos en tres grupos, uno para cada planta. Cada grupo podrá implementar los códigos para la automatización de la maqueta que le ha tocado, además de observar el funcionamiento de los sensores y actuadores utilizados en la misma. Con ello se conseguirá que las clases prácticas se desarrollen en un entorno en el que los alumnos interactúen con una aplicación real de la automática.

Otro de los aspectos derivados de este proyecto es la creación de nuevos puestos en el laboratorio con el fin de que se puedan impartir las sesiones prácticas a un mayor número de alumnos simultáneamente. De esta manera, con la utilización de estas plantas se conseguirá que las clases prácticas sean de mayor calidad y duración.

La metodología seguida durante el desarrollo de este TFG ha sido la siguiente:

- 1) Estudio de las plantas y de la documentación técnica encontrada.
- 2) Estudio del correcto funcionamiento de cada maqueta.
- 3) Arreglo de fallos y puesta en marcha.
- 4) Identificación de entradas y salidas en la conexión de cada planta con el autómeta.

- 5) Definición de los ciclos de trabajo de cada planta.
- 6) Programación de las plantas siguiendo los criterios establecidos por la Guía GEMMA.
- 7) Validación de los programas implementados.
- 8) Preparación de guiones para experiencias educativas.

## 2. Estado del arte

Dentro del entorno educativo habitualmente es necesario realizar prácticas, y los laboratorios de las diferentes instituciones pueden o no tener la infraestructura necesaria para desarrollarlas. Dichas prácticas, además, deben ser las adecuadas para el aprendizaje de las diferentes asignaturas. Con este fin, se han implementado entornos virtuales pedagógicos, utilizados para el desarrollo de actividades dentro del área académica. Cada uno de ellos se realiza bajo la concepción de supuestos fenómenos físicos ideales, los cuales muy rara vez se cumplen en situaciones reales.

En el caso de la enseñanza de la Automatización Industrial, este aspecto es de vital importancia. Por este motivo surgen las plantas didácticas que se asemejan a procesos reales, con instrumentación real, y en las que se pueden encontrar los fenómenos físicos y no físicos a los cuales se puede enfrentar el futuro egresado en el ámbito laboral. Las plantas didácticas de tipo industrial permiten que los estudiantes adquieran una concepción más real de cómo controlar un proceso industrial [1].

Asimismo, el hecho de trabajar con sistemas reales en las carreras técnicas hace que las clases prácticas de laboratorio sean más dinámicas y participativas. Además, los estudiantes se encuentran más motivados ya que pueden aplicar los conocimientos teóricos aprendidos en sistemas reales.

Como los procesos industriales son innumerables y se basan en diferentes especialidades, en el mercado se encuentran plantas didácticas de todo tipo. Algunas empresas como FESTO [2], Siemens [3] o Staudinger GmbH [4], entre otras, fabrican plantas educativas para el área de la automatización.



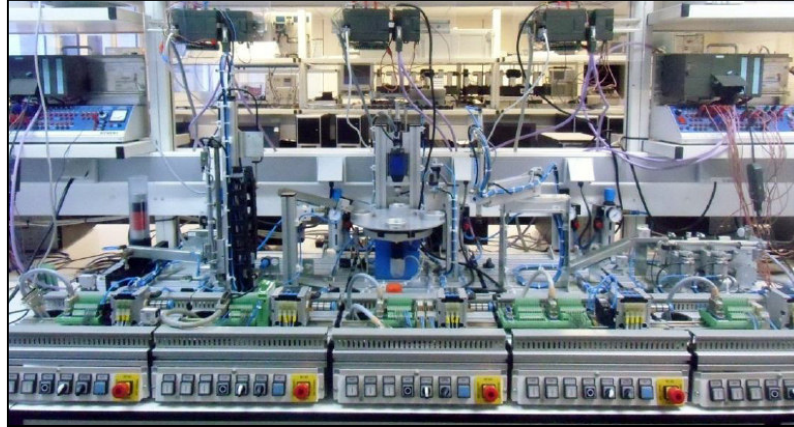


*Figura 2.1. Plantas Industriales didácticas Staudinger GmbH*

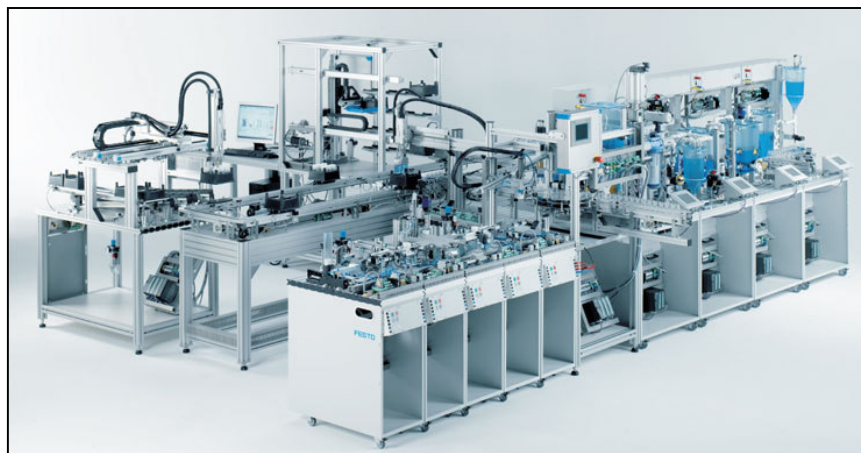
Un ejemplo de este tipo de plantas educativas se encuentra en el Laboratorio de Automatización del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Se trata de un conjunto de estaciones de procesos industriales que forman la planta completa FESTO, la cual tiene como objetivo final la clasificación de piezas según diferentes fases. Existen 5 estaciones que se muestran en la figura 2.2 y se enumeran a continuación:

1. La estación de distribución.
2. La estación de medición de longitud de piezas.
3. La estación de procesado de piezas.
4. La estación con brazo manipulador.
5. La estación de clasificación de piezas.

Cada una de las estaciones está controlada por un autómata programable o PLC (Programmable Logic Controller) de SIEMENS que puede ser el S7-200 o bien el S7-300.

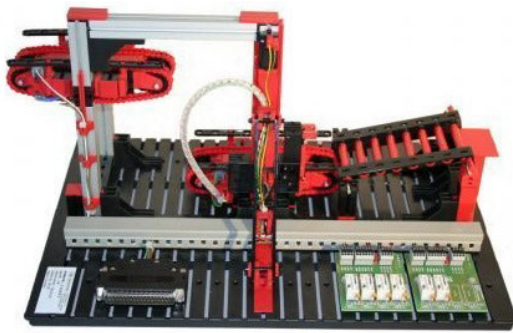


*Figura 2.2. Planta Industrial FESTO Laboratorio de Automatización del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática*



*Figura 2.3. Planta Industrial didáctica FESTO*

Otra empresa que fabrica plantas industriales didácticas es Sidilab, que cuenta con un amplio número de maquetas de procesos industriales en el ámbito de la automatización [5]. En la figura 2.4 se muestran dos maquetas Sidilab muy similares a las que se estudian en este proyecto, y en la figura 2.5 se muestran algunas otras plantas de Sidilab.

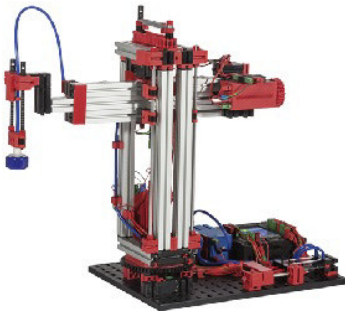


Mesa elevadora 24V

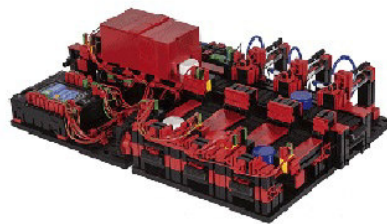


Portal de 3 ejes 24V

Figura 2.4. Plantas Sidilab similares a las de este proyecto



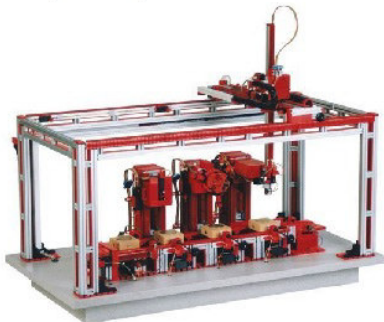
Manipulador aspiración de vacío 24V



Cinta clasificación reconocimiento color 24V



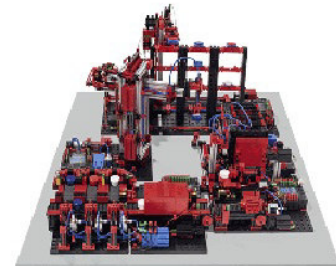
Prensa excéntrica 24V



Línea flexible producción grúa 3 ejes 24V



Transportador manipulador succión 24V



Simulación de fábrica 24V

Figura 2.5. Plantas Sidilab

Otro fabricante de este tipo de plantas es Arquimed [6], que ha desarrollado entrenadores orientados al aprendizaje del control industrial y automatización mediante el uso de maquetas didácticas de procesos de manejo de líquidos (figura 2.6).



*Figura 2.6. Planta del fabricante Arquimed*

Por otra parte, numerosas Escuelas Técnicas de Universidades de todo el mundo han comenzado a implementar plantas didácticas en la enseñanza de asignaturas de automatización, obteniendo resultados muy satisfactorios en la formación de sus estudiantes [7].

Así, con este tipo de plantas los estudiantes pueden realizar un amplio número de tareas, desde programar autómatas en distintos lenguajes (KOP, FUP, AWL, etc.) hasta comprobar el funcionamiento real de la planta y observar el comportamiento de sensores y actuadores reales. Además, pueden experimentar con distintas implementaciones sobre la misma planta y analizar su funcionamiento, teniendo la posibilidad de programar paradas de emergencia, comprobación de errores y marchas especiales en el caso de fallos.



### 3. Descripción de las plantas

#### 3.1. Introducción

En primer lugar, cabe mencionar que el laboratorio de Automatización de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Náutica no estaba siendo utilizado hasta que el Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas se encargó del mismo este año. Se encontró bastante material docente que no estaba siendo utilizado, entre el cual estaban las tres maquetas de las plantas industriales que se estudian en este proyecto y un autómatas S7-200.

La primera de estas maquetas de plantas industriales es una plataforma elevadora con cintas transportadoras cuyo objetivo es transportar objetos (“palés”) de un punto a otro de mayor altura. A esta planta se le llamará “Elevador de palés”. La segunda de ellas es un puente grúa que se desplaza en los ejes x e y, el cual se denotará como “Puente Grúa Biaxial”. Por último, la tercera de las plantas es otro puente grúa, que se llamará “Puente Grúa Triaxial”, ya que es capaz de realizar también movimientos en el eje z.

Cada planta incorpora un módulo con cuatro pulsadores y dos pilotos LED y un sistema de conexionado con el autómatas. Además, junto con estas maquetas, se encontró documentación que explicaba brevemente en qué consistían dos de las plantas, y los sensores y actuadores que tenían.

Por otro lado, gracias a la documentación encontrada sobre las plantas se buscó información sobre las mismas y se descubrió que actualmente son comercializadas por la empresa Sidilab.

### 3.2. Elevador de palés

El objetivo de esta planta es el control de la subida y bajada de palés entre dos niveles de altura. Para ello existe una plataforma elevadora que sube o baja los palés. En la figura 3.1 se muestra cómo se recoge un palé en la zona baja de la planta y cómo se sube a la zona alta.

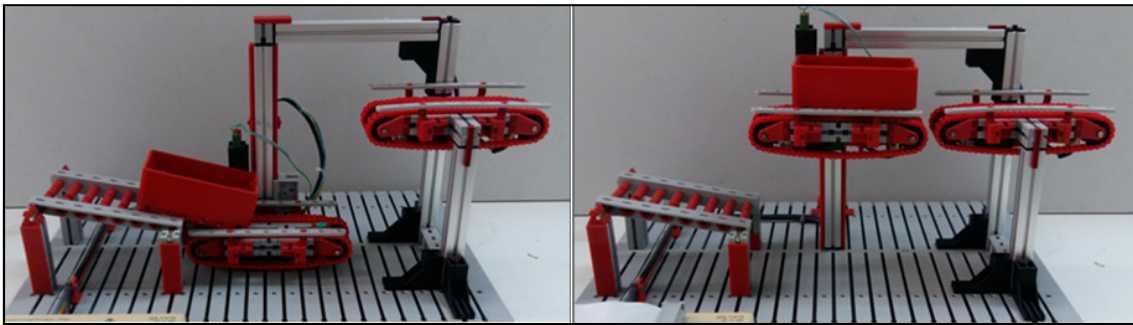


Figura 3.1. Planta "Elevador de palés"

En el nivel más bajo de la planta hay una serie de rodillos por los que los diferentes palés llegarán a la plataforma elevadora. En ella se encuentra la cinta transportadora 1 y el sensor *PP*, que detecta la presencia de un objeto en la plataforma. El sensor final se carrera *FCAb* indica que la plataforma está abajo, y el *FCAr*, que la plataforma está arriba. Esta situación es la mostrada en la figura 3.2.

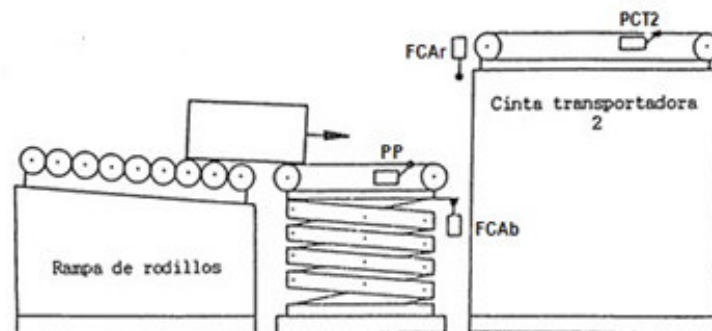


Figura 3.2. Proceso de recogida de palés en la parte baja.

Cuando la plataforma elevadora llega arriba, se encuentra la cinta transportadora 2, que consta de un sensor (*PCT2*) para detectar la presencia de un objeto en ella. Esta situación es la mostrada en la figura 3.3.

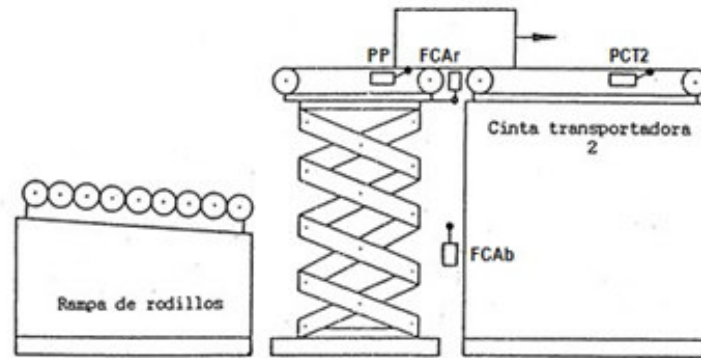


Figura 3.3. Proceso de recogida de palets en la parte alta.

Las cintas transportadoras 1 y 2 son bidireccionales, y por lo tanto, los palets pueden realizar el recorrido inverso (salir de la cinta 2, bajar en la plataforma intermedia y entrar en la rampa de rodillos).

Cabe mencionar que los croquis de las figuras 3.2 y 3.3 han sido extraídos de la documentación encontrada junto con las plantas en la que se explicaba el funcionamiento de las mismas.

### 3.3. Puente Grúa Biaxial

El objetivo de esta planta es el control del movimiento de una grúa que se puede desplazar en dos ejes x-y (figura 1). El objetivo de la grúa es recoger objetos metálicos (por medio de la activación de un electroimán) en el punto A y desplazarse al punto B para soltarlos (desactivando el electroimán). El puente grúa transporta, en un centro de transformación, piezas de acero desde la mesa de taller (origen, posición A) al almacén (destino, posición B).

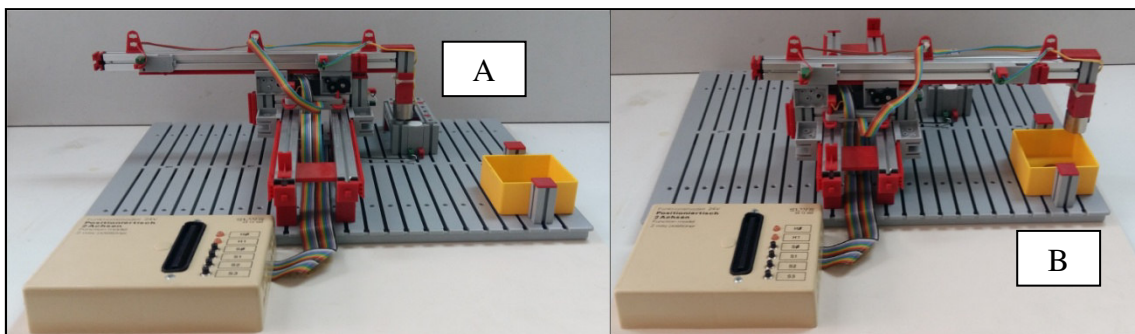


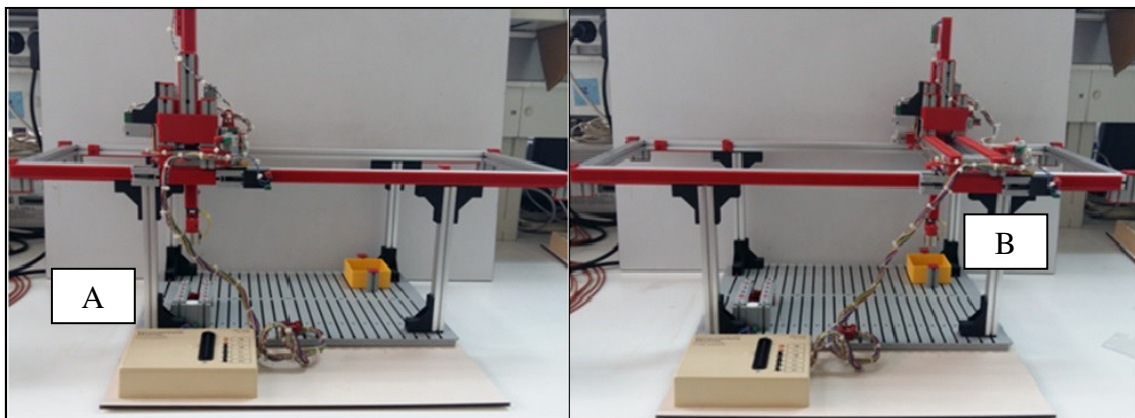
Figura 3.4. Planta "Puente grúa biaxial"

La instalación cuenta con dos motores, cada uno de ellos para desplazarse en los dos ejes diferentes de movimiento del puente grúa, y un electroimán para coger los objetos.

Con respecto a los sensores del sistema, hay cuatro finales de carrera para cada posición límite del puente grúa y un sensor inductivo de posición que indica si hay una pieza metálica en la mesa (PD).

### 3.4. Puente Grúa Triaxial

El objetivo de esta planta es el control del movimiento de una grúa que se puede desplazar en dos ejes x-y (figura 1). El objetivo de la grúa es recoger objetos metálicos (por medio de la activación de un electroimán) en el punto A y desplazarse al punto B para soltarlos (desactivando el electroimán). El puente grúa transporta, en un centro de transformación, piezas de acero desde la mesa de taller (origen, posición A) al almacén (destino, posición B).



*Figura 3.5. Planta “Puente grúa triaxial”*

La instalación cuenta con tres motores, cada uno de ellos para desplazarse en los tres ejes diferentes de movimiento del puente grúa, y un electroimán para coger los objetos.

Con respecto a los sensores del sistema, hay seis finales de carrera para cada posición límite del puente grúa y un sensor inductivo de posición que indica si hay una pieza metálica en el punto origen A (figura 3.6).



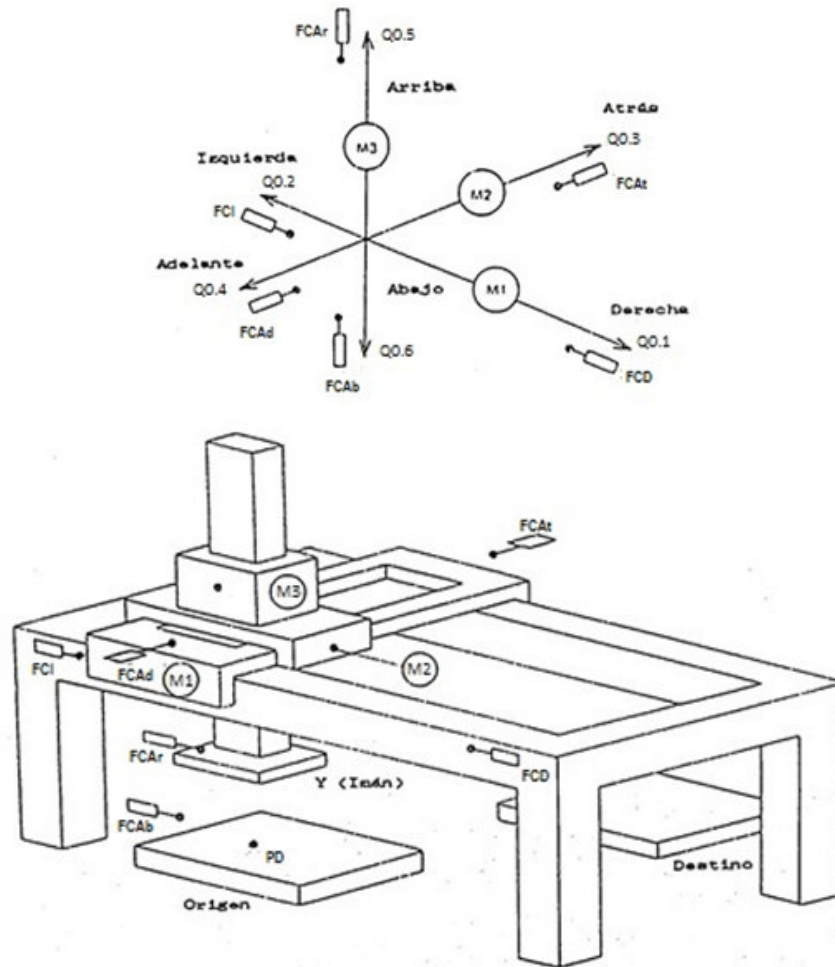


Figura 3.6. Sensores y actuadores situados en la planta.

### 3.5. Conexión con el autómata

Junto con las plantas se encontró también un módulo adaptador (figura 3.7) para conectarlas a las entradas y salidas del PLC. Las tablas 3.1 y 3.2 muestran el conexionado de las entradas y salidas del autómata con el adaptador.

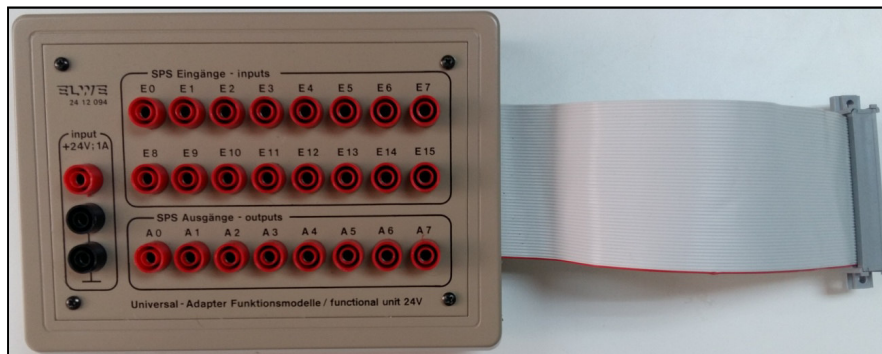


Figura 3.7. Módulo adaptador para la conexión de las plantas con el autómata

ENTRADAS	
Autómata	Adaptador
I0.0	E0
I0.1	E1
I0.2	E2
I0.3	E3
I0.4	E4
I0.5	E5
I0.6	E6
I0.7	E7
I1.0	E8
I1.1	E9
I1.2	E10
I1.3	E11
I1.4	E12
I1.5	E13
I1.6	E14
I1.7	E15

*Tabla 3.1. Entradas del autómata y conexión con el adaptador*

SALIDAS	
Autómata	Adaptador
Q0.0	A0
Q0.1	A1
Q0.2	A2
Q0.3	A3
Q0.4	A4
Q0.5	A5
Q0.6	A6
Q0.7	A7

*Tabla 3.2. Salidas del autómata y conexión con el adaptador*

## 4. Puesta en marcha

### 4.1. Identificación de entradas y salidas

Trasladadas las tres plantas a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Tecnología para su estudio, se procedió a la puesta en marcha de las mismas. Sin embargo, el primer problema que se presentó fue el hecho de desconocer a qué entradas y salidas se correspondían cada uno de los sensores y actuadores de las plantas. Para ello, y siempre trabajando con las plantas por separado, ya que sólo se disponía de un módulo adaptador para conectarlas al autómatas, se programó el PLC para activar direcciones de salida concretas y ver a que actuador de la planta correspondía. Asimismo, según los cambios que sufrían las plantas debidos a esta activación de salidas, se estudiaban las direcciones de entrada activas en ese momento. Así, poco a poco se fueron conociendo las direcciones tanto de entrada como de salida asociadas al PLC de cada maqueta.

#### 4.1.1. Elevador de palés

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	Arriba	I0.1
	S2	Abajo	I0.2
Sensores	PP	Palé en plataforma	I0.7
	FCAb	Final de carrera plataforma abajo	I0.4
	FCAr	Final de carrera plataforma arriba	I0.5
	PCT2	Palé en final de cinta transportadora 2	I0.6

*Tabla 4.1. Sensores y entradas del autómatas conectados del "Elevador"*

SALIDAS			
Luz	H0	Indicador instalación en marcha	Q0.0
Motor 1	CT1D	Cinta transportadora 1 a la derecha	Q0.1
	CT1I	Cinta transportadora 1 a la izquierda	Q0.2
Motor 2	EAr	Elevador arriba	Q0.3
	EAb	Elevador abajo	Q0.4
Motor 3	CT2D	Cinta transportadora 2 a la derecha	Q0.5
	CT2I	Cinta transportadora 2 a la izquierda	Q0.6

*Tabla 4.2. Actuadores y salidas del autómatas conectados del "Elevador"*

#### 4.1.2. Puente Grúa Biaxial

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	ON	I0.1
	S2	OFF	I0.2
Sensores	PD	Pieza disponible en mesa	I1.2
	FCD	Final de carrera derecha	I0.4
	FCI	Final de carrera izquierda	I0.5
	FCA <sub>t</sub>	Final de carrera atrás	I0.6
	FCA <sub>d</sub>	Final de carrera adelante	I0.7

*Tabla 4.3. Sensores y entradas del autómatas conectados del "Puente grúa biaxial"*

SALIDAS			
Piloto	H0	Indicador instalación en marcha	Q0.0
Motor 1	D	Brazo a derecha	Q0.1
	I	Brazo a izquierda	Q0.2
Motor 2	At	Brazo atrás	Q0.3
	Ad	Brazo adelante	Q0.4
Imán	Y	Imán de carga	Q0.5

*Tabla 4.4. Actuadores y salidas del autómatas conectados del "Puente grúa biaxial"*

#### 4.1.3. Puente Grúa Triaxial

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	ON	I0.1
	S2	REINICIO	I0.2
Sensores	PD	Pieza disponible en mesa	I1.2
	FCI	Final de carrera izquierda	I0.4
	FCD	Final de carrera derecha	I0.5
	FCA <sub>t</sub>	Final de carrera atrás	I0.6
	FCA <sub>d</sub>	Final de carrera adelante	I0.7
	FCA <sub>r</sub>	Final de carrera arriba	I1.0
	FCA <sub>b</sub>	Final de carrera abajo	I1.1

*Tabla 4.5. Entradas y salidas del autómatas conectados del "Puente grúa triaxial"*

SALIDAS			
Piloto	H0	Indicador instalación en marcha	Q0.0
Motor 1	D	Brazo a derecha	Q0.1
	I	Brazo a izquierda	Q0.2
Motor 2	At	Brazo atrás	Q0.3
	Ad	Brazo adelante	Q0.4
Motor 3	Ar	Brazo arriba	Q0.5
	Ab	Brazo abajo	Q0.6
Imán	Y	Imán de carga	Q0.7

Tabla 4.6. Actuadores y salidas del autómata conectados del “Puente grúa triaxial”

Con respecto al software utilizado para la programación del PLC, se utilizó el programa *STEP7-MicroWIN*. El lenguaje de programación elegido fue el KOP (esquema de contactos).

#### 4.2. Reparación de sensores y actuadores defectuosos

Una vez registradas las direcciones de entrada y salida asociadas a cada sensor y actuador de las plantas, se detectaron fallos en ciertos motores y finales de carrera. Algunos de estos problemas se solventaron rápidamente, pues eran debidos a la mala conexión de los conectores. Sin embargo, otros fueron más costosos de corregir, ya que fue necesario desmontar ciertas partes de las plantas y sustituir componentes.

Con respecto al “Elevador de palés”, se tuvo problemas con el motor 2, correspondiente al ascenso y descenso de la plataforma elevadora, ya que no conseguía subir. Al principio se pensó que la planta necesitaría una fuente de alimentación externa porque con la que le proporcionaba el autómata no sería suficiente, por lo que se utilizó una de 24V externa, pero el problema persistió. Finalmente, se detectó que el eje del motor no estaba actuando sobre los engranajes que transmitían el movimiento a la plataforma, por lo que una vez se acoplaron correctamente ambos elementos, se logró solventar el fallo.

En la planta del “Puente grúa triaxial” también hubo complicaciones, esta vez con uno de los finales de carrera, el de la posición límite del brazo arriba. Esta vez el problema fue la mala conexión del sensor, por lo que se sustituyó el cable correspondiente y se verificó que el nuevo hiciera contacto.

Por último, en el “Puente grúa biaxial” se tuvo problemas con el sensor inductivo de presencia de un objeto metálico (sensor *PD*) y con los finales de carrera de la izquierda y de adelante. Estos fallos se arreglaron sustituyendo algunos cables que se encontraban en mal estado y, como en el caso anterior, verificando que los nuevos hicieran contacto.

## 5. Definición de los ciclos de trabajo de las plantas

Una vez cumplido el objetivo de dejar las plantas operativas (tras la identificación de las direcciones de entrada y salida de los sensores y actuadores de las plantas, la reparación de los componentes defectuosos o en mal estado, y la realización del conexionado entre las plantas y el PLC mediante el módulo adaptador), se continúa con la definición de los procesos que se deben controlar en las mismas.

### 5.1. Elevador de Palés

Básicamente, el objetivo de esta planta es que elevador lleve los palés a una plataforma de carga de mayor altura.

Inicialmente, el elevador se encuentra abajo y los motores de las cintas transportadoras no están en marcha. Además, el piloto *H0* se encuentra apagado.

Al activar el pulsador *S1* (pulsador arriba), se pone en marcha la cinta transportadora 1 del elevador de palés. El palé rueda por la rampa de rodillos hacia la cinta transportadora 1. En ella, cuando el sensor *PP* se activa, la cinta se detiene y se inicia la subida de la plataforma elevadora. Esta pulsa el final de carrera *FCAr*, que detiene la subida y se ponen en marcha las cintas transportadoras 1 y 2. Cuando el palé activa el sensor *PCT2*, ambas cintas se detienen y se inicia el descenso de la plataforma. Cuando esta alcanza la posición inferior, el final de carrera *FCAb* detiene el descenso.

La instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor *S0* de parada de emergencia. El interruptor *S1* la pone de nuevo en marcha y continúa la acción anteriormente iniciada, debiendo primero regresar a la situación inicial (plataforma abajo y cintas paradas).

Mientras la instalación no está en la posición inicial (plataforma abajo y cinta transportadora 1 parada), el piloto *H0* está encendido.

Además de este proceso, los palés vacíos se transportan en sentido inverso.

Si hay un palé en la cinta 2 (sensor *PCT2* activado) y se activa el pulsador *S2*, se pone en marcha el ascenso de la plataforma elevadora. Cuando la plataforma activa el final de carrera *FCAr*, ambas cintas se ponen en marcha (giro a la izquierda). Si el palé activa el

sensor *PP* y de nuevo lo desactiva, se detienen ambas cintas. Cuando la plataforma alcanza la posición inferior, el final de carrera *FCAb* detiene el movimiento descendente.

La instalación se puede detener en cualquier momento por medio del pulsador *S0* de parada de emergencia. Pulsando *S1* o *S2*, el transporte de palés iniciado anteriormente se continúa, en uno u otro sentido, habiendo previamente llevado la instalación a la posición inicial.

## 5.2. Puente Grúa Biaxial

El ciclo de trabajo de esta planta presenta dos configuraciones diferentes: desplazamientos del puente grúa secuenciales o en paralelo.

La instalación se pone en marcha con el interruptor *S1* “on”. Si el brazo no está en la posición inicial (brazo en posición de recogida de objetos), se va a ella automáticamente.

El transporte se inicia cuando, estando el brazo en la posición inicial, hay una pieza en la mesa que activa al sensor *PD*. Si al volver el brazo a la posición inicial hay otra pieza en la mesa, el proceso se repite automáticamente. En caso contrario, el brazo permanece en posición de espera.

Si durante el transporte se pulsa el interruptor *S0* “stop”, se interrumpe inmediatamente, pero el imán de carga sigue activado. Pulsando de nuevo *S1* “on” se continúa el proceso. Si se desea desactivar también el electroimán, se deberá pulsar *S3*.

Al pulsar el interruptor *S2* “off”, se concluye el transporte y la instalación se para cuando el brazo llega a la posición inicial.

Mientras la instalación está en marcha o el brazo no está en la posición inicial, permanece encendido el piloto *H1*.



### Desplazamientos secuenciales

1. El brazo no se encuentra en la posición inicial y se va automáticamente a ella. Los movimientos necesarios son sucesivos:
  - 1.1. El motor 2 mueve el brazo hacia atrás, hasta alcanzar FCAt.
  - 1.2. El motor 1 mueve el brazo hacia la izquierda, hasta alcanzar FCI.
  
2. El brazo está en la posición inicial y hay una pieza en la mesa, por lo que se inicia el transporte:
  - 2.1. Se activan el imán de carga y el temporizador TR1.
  - 2.2. Transcurridos 2 segundos, el motor 1 mueve el brazo hacia la derecha, hasta alcanzar FCD.
  - 2.3. El motor 2 mueve el brazo hacia adelante, hasta alcanzar FCAd.
  - 2.4. Al pulsar FCAd, se desactiva el imán de carga y se activa el temporizador TR2.
  - 2.5. Transcurridos 2 segundos, el brazo vuelve a la posición inicial siguiendo los pasos 1.1 y 1.2.

Si al volver el brazo a la posición inicial hay una pieza en la mesa, el proceso se inicia de nuevo automáticamente. De lo contrario, el brazo permanece en la posición inicial.

### Desplazamientos en paralelo

1. El brazo no se encuentra en la posición inicial y se va automáticamente a ella.
  - 1.1. El motor 1 mueve el brazo hacia la izquierda, hasta alcanzar FCI.
  - 1.2. El motor 2 mueve el brazo hacia atrás, hasta alcanzar FCAt.
  
2. El brazo se encuentra en la posición inicial y hay una pieza en la mesa, por lo que se inicia el transporte.
  - 2.1. Se activan el imán de carga y el temporizador TR1.
  - 2.2. Transcurridos 2 segundos, se ponen en marcha simultáneamente los motores 1 (“derecha”) y 2 (“adelante”).
  - 2.3. El motor 1 se para al pulsar FCD y el 2 se para al pulsar FCAd.
  - 2.4. Al alcanzar la posición final (FCD y FCAd pulsados), se desactiva el imán de carga y se activa el temporizador TR2.

2.5. Transcurridos 2 segundos, el brazo alcanza la posición inicial según el proceso 1.

Si al volver el brazo a la posición inicial se encuentra una pieza en la mesa, el transporte se reinicia automáticamente. En otro caso, el brazo permanece en la posición inicial.

### 5.3. Puente Grúa Triaxial

El ciclo de trabajo de esta planta presenta dos configuraciones diferentes: desplazamientos del puente grúa secuenciales o en paralelo.

La instalación se pone en marcha con el interruptor S1 “on”. Si el brazo elevador no está en la posición inicial, se va a ella automáticamente.

El transporte se inicia cuando, estando el brazo en la posición inicial, hay una pieza en la mesa que activa al sensor PD. Si al volver el brazo a la posición inicial hay otra pieza en la mesa, el proceso se repite automáticamente. En caso contrario, el brazo permanece en posición de espera.

Si durante el transporte se pulsa el interruptor S0 “stop”, se interrumpe inmediatamente, pero el imán de carga sigue activado. Pulsando de nuevo S1 “on” se continúa el proceso. Si se desea desactivar también el electroimán, se deberá pulsar S3.

Al pulsar el interruptor S2 “off”, se concluye el transporte y la instalación se para cuando el brazo llega a la posición inicial.

Mientras la instalación está en marcha o el brazo no está en la posición inicial, permanece encendido el piloto H1.

#### Desplazamientos secuenciales

1. El brazo no se encuentra en la posición inicial y se va automáticamente a ella. Los movimientos necesarios son sucesivos.
  - 1.1. El motor 3 mueve el brazo hacia arriba, hasta alcanzar el FCAr.
  - 1.2. El motor 2 mueve el brazo hacia adelante, hasta alcanzar FCAd.
  - 1.3. El motor 1 mueve el brazo hacia la izquierda, hasta alcanzar FCI.

2. El brazo está en la posición inicial y hay una pieza en la mesa, por lo que se inicia el transporte.
  - 2.1. El motor 3 mueve el brazo hacia abajo, hasta alcanzar FCAb.
  - 2.2. Se activan el imán de carga y el temporizador TR1.
  - 2.3. Transcurridos 2 segundos, el motor 3 mueve el brazo hacia arriba, hasta alcanzar FCAr.
  - 2.4. El motor 1 mueve el brazo hacia la derecha, hasta alcanzar FCD.
  - 2.5. El motor 2 mueve el brazo hacia atrás, hasta alcanzar FCAAt.
  - 2.6. El motor 3 mueve el brazo hacia abajo, hasta alcanzar FCAb.
  - 2.7. Al pulsar FCAb, se desactiva el imán de carga y se activa el temporizador TR2.
  - 2.8. Transcurridos 2 segundos, el brazo vuelve a la posición inicial siguiendo los pasos 1.1, 1.2 y 1.3.

Si al volver el brazo a la posición inicial hay una pieza en la mesa, el proceso se inicia de nuevo automáticamente. De lo contrario, el brazo permanece en la posición inicial.

#### Desplazamientos en paralelo

3. El brazo no se encuentra en la posición inicial y se va automáticamente a ella.
  - 3.1. El motor 1 mueve el brazo hacia la izquierda, hasta alcanzar FCI.
  - 3.2. El motor 2 mueve el brazo hacia adelante, hasta alcanzar FCAd.
  - 3.3. El motor 3 mueve el brazo hacia arriba, hasta alcanzar FCAr.
  
4. El brazo se encuentra en la posición inicial y hay una pieza en la mesa, por lo que se inicia el transporte.
  - 4.1. El motor 3 mueve el brazo hacia abajo, hasta pulsar FCAb.
  - 4.2. Se activan el imán de carga y el temporizador TR1.
  - 4.3. Transcurridos 2 segundos, se ponen en marcha simultáneamente los motores 1 (“derecha”), 2 (“atrás”) y 3 (“arriba”).
  - 4.4. El motor 1 se para al pulsar FCD.  
El motor 2 se para al pulsar FCAAt.  
El motor 3 se para al pulsar FCAr.
  - 4.5. Al alcanzar la posición final (FCD, FCAAt y FCAr pulsados), el motor 3 mueve el brazo hacia abajo hasta pulsar FCAb.
  - 4.6. Al pulsar FCAb se desactiva el imán de carga y se activa el temporizador TR2.

4.7. Transcurridos 2 segundos, el brazo alcanza la posición inicial según el proceso 1.

Si al volver el brazo a la posición inicial se encuentra una pieza en la mesa, el transporte se reinicia automáticamente. En otro caso, el brazo permanece en la posición inicial.

## 6. Herramientas de programación

Para programar las plantas se han realizado los Grafjets de cada una siguiendo las indicaciones de la guía GEMMA. Posteriormente, se pasaron estos diagramas al lenguaje de programación KOP. A continuación se describirán las herramientas utilizadas en el proceso de programación.

### 6.1. Grafjet

El Grafjet es un diagrama funcional normalizado que permite hacer un modelo de un proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones [8].

La creación del Grafjet fue necesaria, entre otros motivos, por las dificultades que comportaba la descripción de automatismos con varias etapas simultáneas utilizando un lenguaje normal. Dificultades similares aparecen al intentar hacer esta descripción con diagramas de flujo o usando lenguajes informáticos habituales [9]. Actualmente, este método de representación es aceptado en Europa y homologado por países como Francia (norma NFC-03-190) y Alemania (estándar DIN) [8].

El Grafjet se compone de:

- Etapas o estados, a los que van asociados acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y viceversa.

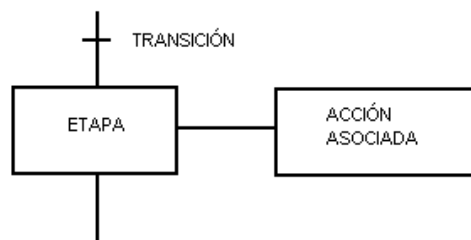
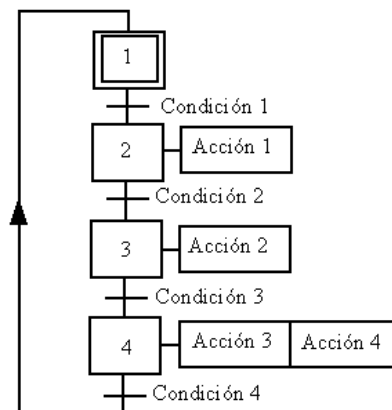


Figura 6.1. Elementos del Grafjet

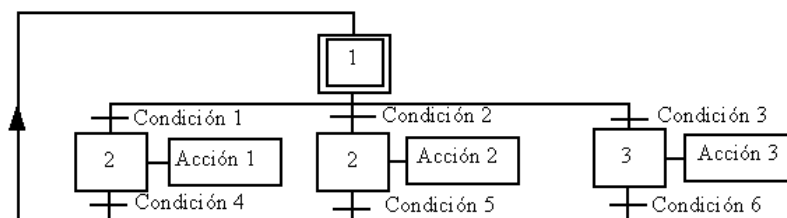
Para realizar el programa correspondiente a un ciclo de trabajo en lenguaje Grafset, se deberán tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- Se descompone el proceso en etapas que serán activadas una tras otra.
- A cada etapa se le asocia una o varias acciones que sólo serán efectivas cuando la etapa esté activa.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición y está activa la etapa anterior.
- El cumplimiento de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa precedente.
- Nunca puede haber dos etapas o condiciones consecutivas, siempre deben ir colocadas de forma alterna.

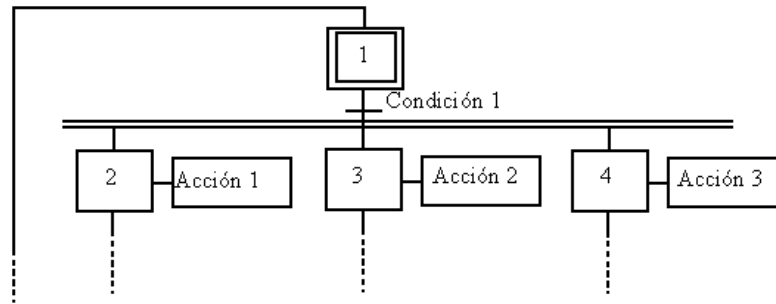
Las secuencias pueden ser lineales, con direccionamientos o alternativa (divergencia en “O”) y simultáneas (divergencia en “Y”) [10].



*Figura 6.2. Secuencia lineal en Grafset*



*Figura 6.3. Divergencia en “O” en Grafset*



*Figura 6.4. Divergencia en “Y” en Grafcet*

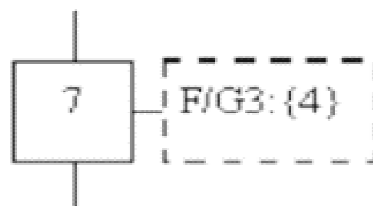
Además, un sistema de automatización puede representarse por más de un Grafcet conexo (aquel en el que toda etapa está unida con otro del mismo grafo) mediante Grafcets parciales. Cada grafo parcial se representa por una letra G seguida de un nombre o número (GProdnormal o G1).

Se debe tener en cuenta que en un mismo sistema no puede haber dos etapas ni dos transiciones con el mismo número (aunque sean grafos parciales diferentes).

En un sistema con varios Grafcets parciales, puede darse que un grafo fuerce el estado de otro. Existen unas reglas de forzado de grafos [11]:

- Si un grafo puede forzar a otro, éste no puede forzar al primero.
- Un grafo solo puede ser forzado por otro grafo.
- Los dos puntos anteriores establecen la Jerarquía: “un grafo parcial solo puede ser forzado por su superior inmediato”
- Las reglas de evolución del GRAFCET no se aplican en los grafos forzados, que empezarán su evolución cuando se desactiva la etapa en la que se invoca el forzado.

El forzado es una orden interna, resultado de una activación. Los grafos forzados deben pasar inmediatamente a la situación forzada. La acción de forzar se expresa como se muestra en la figura 6.5.



*Figura 6.5. Forzado de Grafcets*

En esta figura, al activarse la etapa 7 el grafo G3 pasa a tener activada la etapa 4 (y solo la etapa 4) y se mantendrá en esta situación hasta que se desactive la etapa 7.

## 6.2. La 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 es usado como estándar en la actualidad en el ámbito de la automatización industrial [12].

Es una metodología para estudiar todas las posibles situaciones de marcha y paro en la parte operativa de un proceso (figura 6.6). Conserva el modelado de GRAFCET pero teniendo en cuenta un diseño estructurado en el que existirán GRAFCET parciales, los cuales hay que relacionar y jerarquizar de forma adecuada. Estos se corresponden con los Graficets de Seguridad, Conducción y Funcionamiento. Cabe destacar que se realizará una coordinación mediante forzado de los grafos de seguridad a los de marcha y producción y existirá una coordinación horizontal entre los grafos parciales del módulo de marcha y producción.

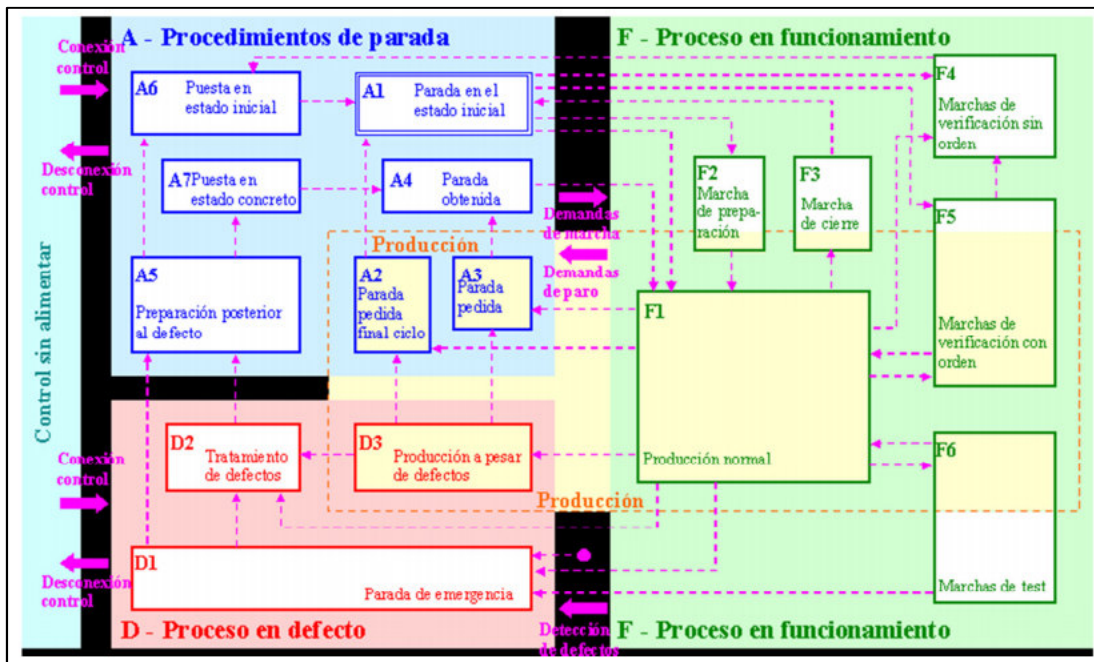


Figura 6.6. Posibles estados de la Guía GEMMA



Los posibles estados de la Guía GEMMA ilustrados en la figura 6.6 se describen a continuación [13].

- **Grupo F: Procedimientos de funcionamiento**

Este grupo contiene todos los modos de funcionamiento necesarios para la obtención de la producción; es decir los de funcionamiento normal (F1 a F3) y los de prueba y verificación (F4 a F6).

**F1: Producción normal.** Es el estado en el que la máquina produce normalmente, es decir hace la tarea para la que ha sido concebida. Al funcionamiento dentro de este estado se le puede asociar un GRAFCET que llamaremos GRAFCET de base. Este estado no tiene porque corresponder a un funcionamiento automático.

**F2: Marcha de preparación.** Corresponde a la preparación de la máquina para el funcionamiento (precalentamiento, preparación de componentes, etc.).

**F3: Marcha de cierre.** Corresponde a la fase de vaciado y/o limpieza que muchas máquinas han de realizar antes de parar o de cambiar algunas características del producto.

**F4: Marchas de verificación sin orden.** En este caso la máquina, normalmente por orden del operador, puede realizar cualquier movimiento (o unos determinados movimientos preestablecidos). Se usa para tareas de mantenimiento y verificación.

**F5: Marchas de verificación en orden.** En este caso la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se usa para tareas de mantenimiento y verificación. En este estado existe la posibilidad de que la máquina produzca.

**F6: Marchas de prueba.** Permiten realizar las operaciones de ajuste y de mantenimiento preventivo.

- **Grupo A: Procedimientos de parada**

Este grupo contiene todos los modos en los que el sistema está parado (A1 y A4), los que llevan a la parada del sistema (A2 y A3) y los que permiten pasar el sistema de un estado de defecto a un estado de parada (A5 a A7). Corresponden a todas las paradas por causas externas al proceso.

**A1: Parada en el estado inicial.** Es el estado normal de reposo de la máquina. Se representa con un rectángulo doble. La máquina normalmente se representa en este estado (planos, esquema eléctrico, esquema neumático, etc.) que se corresponde, habitualmente, con la etapa inicial de un GRAFCET.

**A2: Parada pedida a final de ciclo.** Es un estado transitorio en el que la máquina, que hasta aquel momento estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta acabar el ciclo actual y pasar a estar parada en el estado inicial.

**A3: Parada pedida en un estado determinado.** Es un estado transitorio en el que la máquina, que hasta aquel momento estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta llegar a un punto del ciclo diferente del estado inicial.

**A4: Parada obtenida.** Es un estado de reposo de la máquina diferente del estado inicial.

**A5: Preparación para la puesta en marcha después del defecto.** Corresponde a la fase de vaciado, limpieza o puesta en orden que en muchos casos se ha de hacer después de un defecto.

**A6: Puesta del sistema en el estado inicial.** El sistema es llevado hasta la situación inicial (normalmente situación de reposo); una vez realizado, la máquina pasa a estar parada en el estado inicial.

**A7: Puesta del sistema en un estado determinado.** El sistema es llevado hasta una situación concreta diferente de la inicial; una vez realizado, la máquina pasa a estar parada.

- **Grupo D: Procedimientos de defecto**

Este grupo contiene todos los modos en los que el sistema está en defecto tanto si está produciendo (D3), está parado (D1) o está en fase de diagnóstico o tratamiento del defecto (D2). Corresponden a todas las paradas por causas internas al proceso.

**D1: Parada de emergencia.** No tan solo contiene la simple parada de emergencia sino también todas aquellas acciones necesarias para llevar el sistema a una situación de parada segura.

**D2: Diagnóstico y/o tratamiento de los defectos.** Permite, con o sin ayuda del operador, determinar las causas del defecto y eliminar-las.

**D3: Producción a pesar de los defectos.** Corresponde a aquellos casos en los que se debe continuar produciendo a pesar de que el sistema no trabaja correctamente. Incluye los casos en los que, por ejemplo, se produce para agotar un reactivo no almacenable o aquellos otros en los que no se sigue el ciclo normal dado que el operador sustituye a la máquina en una determinada tarea a causa de una avería.

### 6.3. El lenguaje de contactos KOP

El lenguaje de contactos KOP (esquema de contactos) es una representación similar a la de los esquemas de circuitos. Los elementos de un esquema de circuitos, tales como los contactos normalmente cerrados y abiertos, se agrupan en segmentos. Uno o varios segmentos constituyen el área de instrucciones de un bloque lógico [14].

Para crear programas se dispone de los siguientes elementos:

- **Contactos:** Representan un interruptor por el que la corriente puede circular. La corriente circula por un contacto normalmente abierto sólo cuando el contacto está cerrado (es decir, cuando su valor lógico es "1"). De forma similar, la corriente circula por un contacto normalmente cerrado o negado (NOT) sólo cuando dicho contacto está abierto (es decir, cuando su valor lógico es "0").

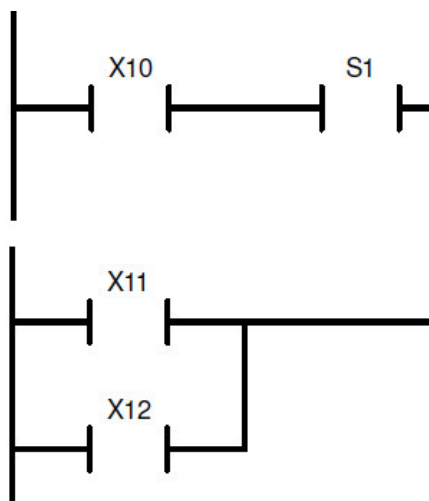


Figura 6.7. Contactos en serie (arriba) y en paralelo (abajo)

- Bobinas: Representan un relé o una salida excitada por la corriente.

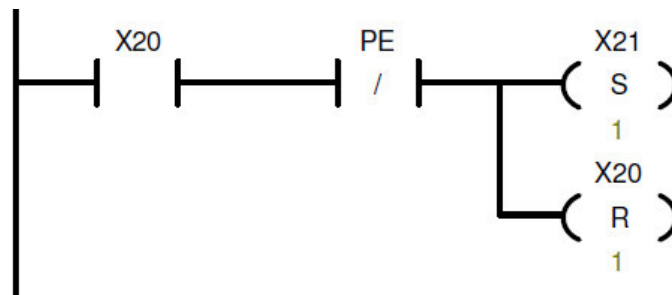


Figura 6.8. Contactos en serie asociados a bobinas

En el ejemplo de la figura 6.7, cuando X20 y PE estén activas, la salida X21 se pondrá a “1” y la X20 a “0”.

- Cuadros: Representan una función (por ejemplo, un temporizador, un contador o una operación aritmética) que se ejecuta cuando la corriente llega al cuadro.

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, 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 [15]:

- 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.

Por otra parte, se tienen marcas de memoria especiales de solo lectura. Una de ellas es la SM0.1, muy utilizada porque es la marca de primer ciclo (a ‘1’ en el primer ciclo y después se pone a ‘0’).

#### 6.4. Conversión de Graficet a KOP

Para convertir un GRAFCET en lenguaje KOP se debe asignar una marca a cada etapa y si esta está activa, la marca correspondiente a la etapa valdrá 1 y de lo contrario, 0. Así, se seguirá el procedimiento que se indica a continuación [14]:

1° Inicializar el GRAFCET con la marca de primer ciclo (SM0.1) activando solo las etapas iniciales y desactivando las demás.

2° Evaluar las transiciones colocando en cada segmento la ecuación de sus receptividades, asignando un contacto abierto a cada variable sin negar y un contacto cerrado a cada variable negada.

3° Desactivar las etapas anteriores a cada transición franqueable haciendo RESET a sus respectivas marcas.

4° Activar las etapas posteriores a cada transición franqueable haciendo SET a sus respectivas marcas.

5° Realizar el tratamiento de las acciones activando/desactivando los actuadores según se activen/desactiven las etapas.

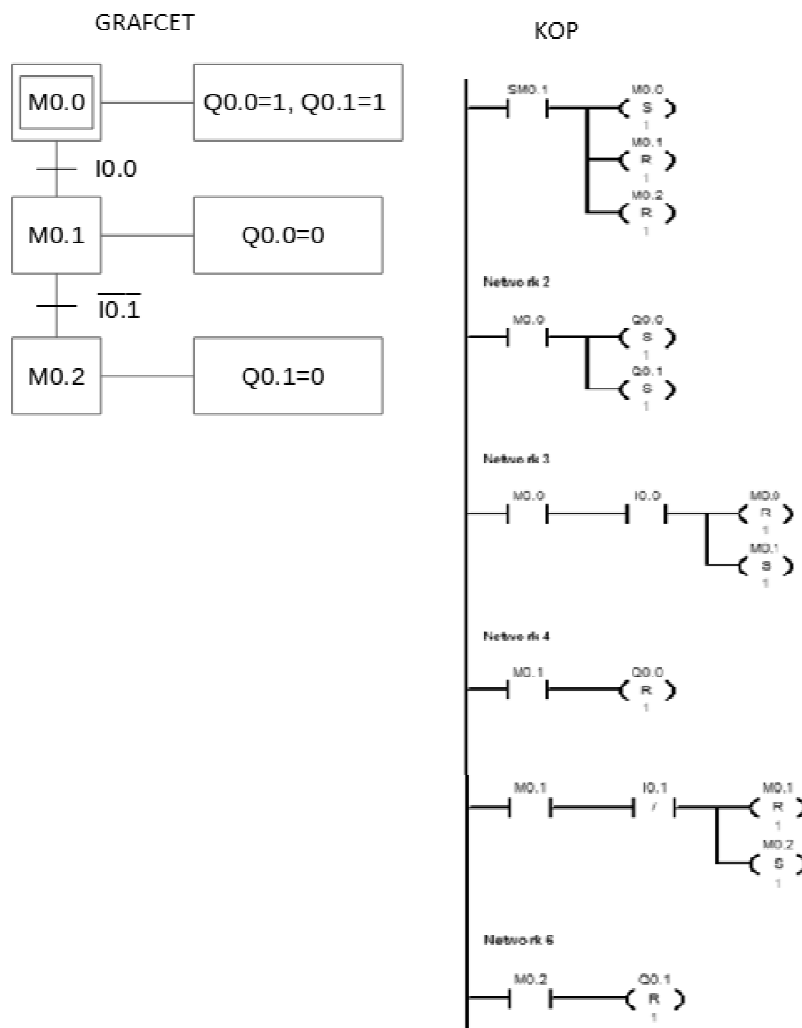


Figura 6.9. Ejemplo de paso de Grafcet a KOP

## 6.5. Step7-Microwin

Step7-MICROWIN es un programa de Siemens Energy & Automation que permite programar los autómatas de la familia S7. Este software permite la programación del S7 de dos maneras: mediante programación en KOP o en AWL [15].

Este software permite, además, cargar los códigos de programación en el PLC. Para la realización de los bloques de programa, permite la creación y acceso de marcas, temporizadores, contadores, etc., así como tablas de símbolos para las diferentes variables de entrada y salida utilizadas. Por último, cabe destacar que Step7-Microwin incluye la opción de seguimiento del estado del programa una vez ha sido cargado este en el autómata, para así analizar en todo momento el estado de las diferentes variables del sistema.

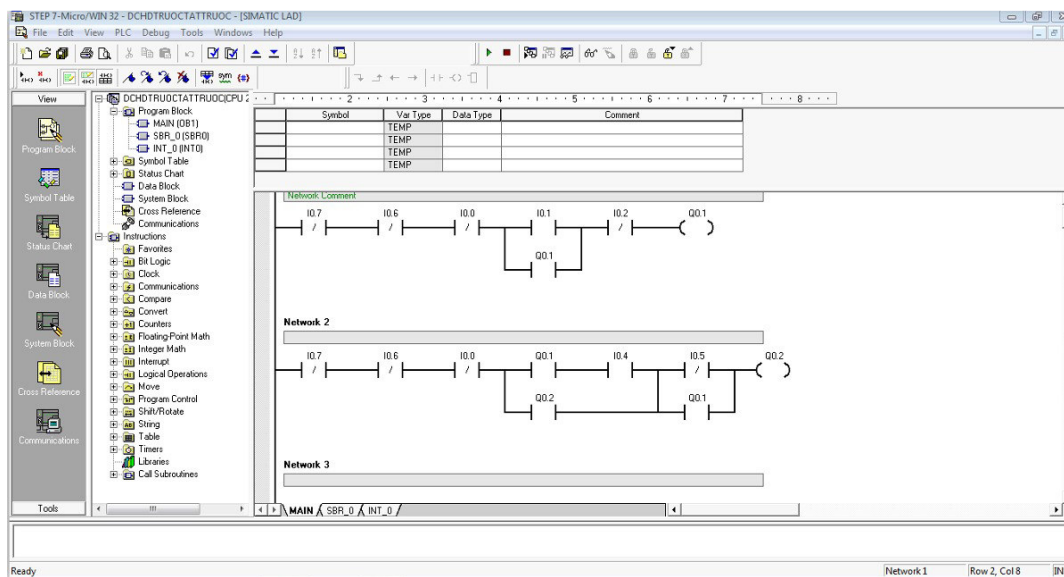


Figura 6.10. Entorno Step7-Microwin en programación KOP

## 7. Programación de las plantas

Establecidos los procesos que debían seguir cada una de las plantas, se realizó la guía GEMMA (Guía de estudio para los modos de marcha y paro) de cada una de ellas, desarrollándose los diagramas funcionales Grafcet y distinguiendo entre Grafcets de Seguridad, de Conducción y de Funcionamiento. Posteriormente, se pasaron estos diagramas al lenguaje de programación KOP para poder ser cargados en el autómata.

Es importante mencionar que en las tres plantas todos los finales de carrera y el pulsador de emergencia presentan lógica negativa, lo cual se habrá que tener en cuenta a la hora de realizar los códigos de programación.

### 7.1. Guía GEMMA y diagramas GRAFCET

Se presentan en los siguientes apartados los estados de la guía GEMMA necesarios para cada una de las plantas. Por otra parte, los diagramas funcionales GRAFCET de Seguridad, Conducción y Funcionamiento de cada una de las plantas se adjuntan en el Anexo 2.

#### 7.1.1. Elevador de palés

Los estados de la Guía GEMMA utilizados en la planta “Elevador de palés” (figura 7.1) han sido el F1 (Producción normal), el A1 (Parada en el estado inicial), el A2 (Parada pedida final de ciclo) y el D1 (Parada de emergencia).

El estado F1 de producción normal se corresponde con el ciclo de trabajo de la planta, es decir, el transporte de palés de un nivel de altura a otro. Este proceso finaliza automáticamente, y es por ello por lo que se ha integrado el estado A2 de parada pedida en final de ciclo de la Guía GEMMA, siendo un estado transitorio hacia A1. La parada de emergencia (D1) permite que en todo momento se pueda parar toda la instalación al pulsar *PE*. Cuando se activan de nuevo los pulsadores S1 o S2 para salir de este estado de emergencia, la planta ha de regresar a su estado inicial (A1), antes de comenzar de nuevo el ascenso o descenso de palés.

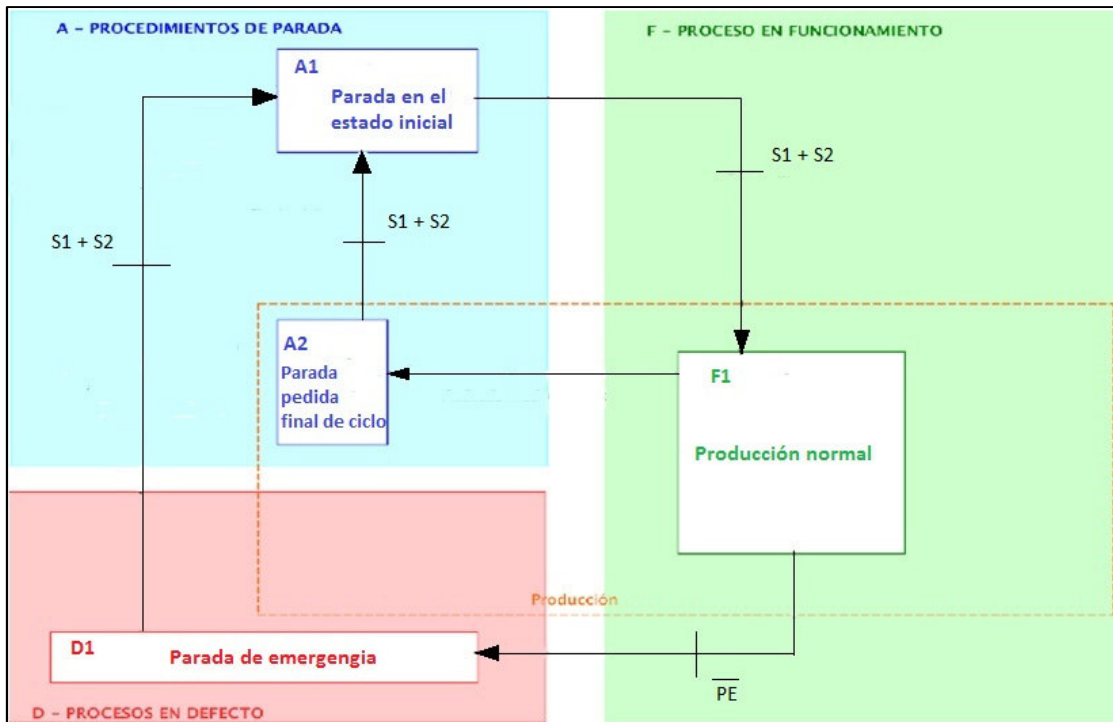


Figura 7.1. Estados de la Guía GEMMA para la planta "Elevador de palés"

Un estado que se podría haber integrado es el F2 (Marcha de preparación), que incluye las etapas previas a la producción normal (F1), para alcanzar el estado inicial (A1). Sin embargo, los movimientos para derivar en este estado inicial se han considerado parte del proceso de producción normal.

### 7.1.2. Puentes Grúa Biaxial y Triaxial

Al ser similares las plantas y el ciclo de trabajo a realizar, los estados de la guía GEMMA utilizados son los mismos para el puente grúa biaxial y triaxial (figura 7.2). Al igual que antes, los estados utilizados en ambas plantas de los puentes han sido el F1 (Producción normal), el A1 (Parada en el estado inicial), el A2 (Parada pedida final de ciclo) y el D1 (Parada de emergencia).

El estado F1 de producción normal se corresponde con el ciclo de trabajo de la planta. Este proceso finaliza cuando se pulsa S2, y es por ello por lo que se ha integrado el estado A2 de parada pedida en final de ciclo de la Guía GEMMA, siendo un estado transitorio hacia A1. La parada de emergencia (D1) permite que en todo momento se pueda parar toda la instalación al pulsar PE. Cuando se pulsa de nuevo S1 para salir de este estado de emergencia, la planta ha de regresar a su estado inicial (A1) antes de comenzar de nuevo el ciclo de trabajo.



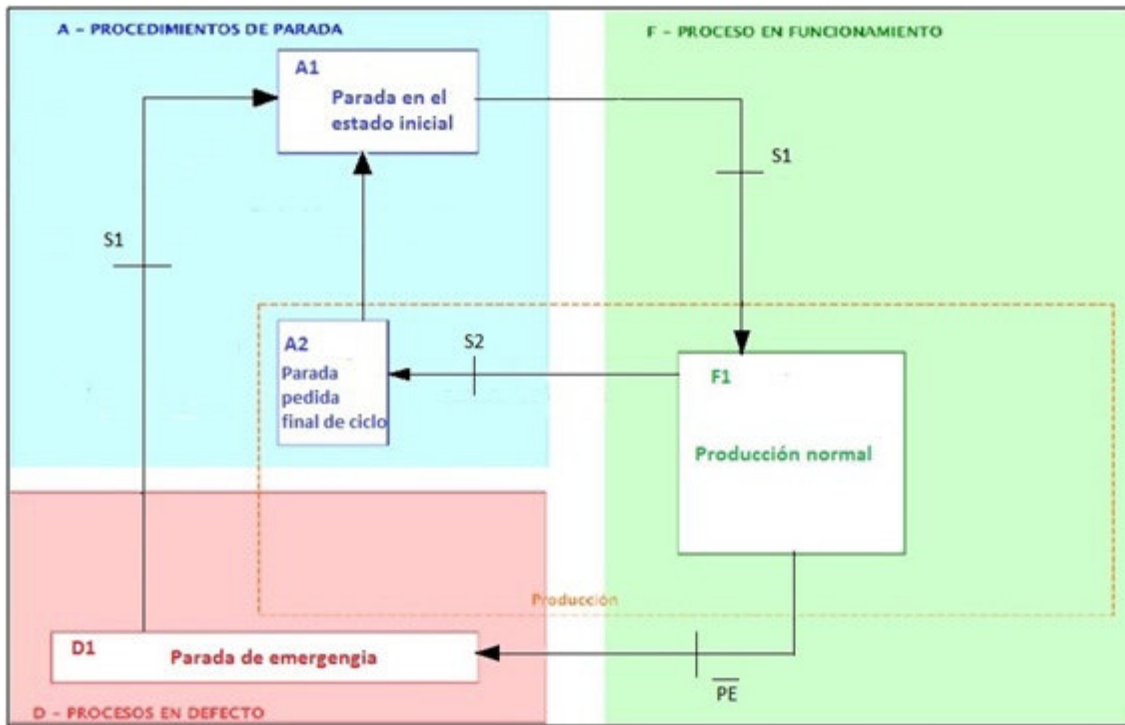


Figura 7.2. Estados de la Guía GEMMA de “Puente Grúa Biaxial” y “Puente Grúa Triaxial”

Cabe mencionar que no ha sido necesario integrar ningún estado de funcionamiento especial, como el F2 (Marcha de preparación) para alcanzar el estado inicial (A1) ya que los movimientos para derivar en este estado inicial se han considerado parte del proceso de producción normal.

## 7.2. Programación: Lenguaje de esquema de contactos KOP

A partir de los diagramas funcionales del anexo 2, se llevó a cabo el paso de estos Graficets al lenguaje de programación de esquema de contactos (KOP). Estos códigos de programación se adjuntan en los Anexos 3, 4, 5, 6 y 7.

### 7.3.Resultados

Los programas realizados con el software *Step7 Microwin* en el lenguaje KOP de programación fueron cargados en el autómatas en cada una de las plantas satisfactoriamente. Se comprobó el correcto funcionamiento de cada planta, mostrándose estos resultados finales en los vídeos se exponen a continuación, subidos a la plataforma *Google Drive*.

[Elevador de palés](#)

[Puente grúa biaxial con desplazamientos secuenciales](#)

[Puente grúa biaxial con desplazamientos en paralelo](#)

[Puente grúa triaxial con desplazamientos secuenciales](#)

[Puente grúa triaxial con desplazamientos en paralelo](#)

## 8. Generación de documentación

Para que estas tres maquetas de plantas industriales puedan ser utilizadas didácticamente en clases prácticas de laboratorio, se hace necesario generar una documentación que explique el ciclo de trabajo que ha de seguir cada planta, así como lo que se espera que realice el alumno con la utilización de las mismas. Para ello, se han redactado cinco guiones de prácticas: uno para la automatización del ciclo de trabajo del “Elevador de palés”, dos para el “Puente grúa biaxial” y otros dos para el “Puente grúa triaxial”. Estos guiones se adjuntan en el Anexo 1 del presente proyecto.

Cabe mencionar que los ciclos de trabajo expuestos en estos guiones de prácticas no se corresponden exactamente con los descritos en el apartado 5, ya que los de dichos guiones son una versión más académica y evaluable de los procesos de las plantas. Estos se muestran en el anexo 1 del presente proyecto.

## 9. Conclusiones y líneas futuras

En este Trabajo de Fin de Grado se ha realizado el estudio y la puesta en marcha de las maquetas de tres plantas industriales que se encontraban inutilizadas en el laboratorio de Automatización de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Náutica de la Universidad de La Laguna. Se ha conseguido tenerlas operativas, y ya están disponibles para ser utilizadas en las clases prácticas de laboratorio de los alumnos del grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática (en el primer cuatrimestre) y del grado de Ingeniería Náutica (en el segundo cuatrimestre).

Las tres plantas de procesos industriales con las que se ha trabajado en este proyecto serán un buen complemento educativo para el desarrollo de las clases prácticas de laboratorio de asignaturas relacionadas con la automatización. Sin embargo, el uso de estas maquetas debe estar controlado en todo momento ya que ciertos elementos de las plantas son muy sensibles y propensos a dañarse.

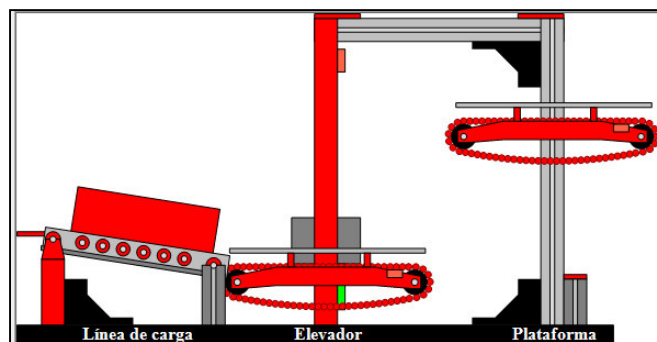
Cabe mencionar que la utilización de estas plantas, y los guiones realizados para el desarrollo de clases prácticas con las mismas, están enfocados a las asignaturas relacionadas con la automatización de los primeros cursos del grado de ingenierías. A pesar de ello, se podría adaptar el uso de las plantas a cursos superiores aplicando, por ejemplo, la guía GEMMA y los Grafquets, que son conceptos más avanzados de la automatización industrial.

Para la realización de este proyecto se han requerido conocimientos de varias asignaturas cursadas en el grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, principalmente la de Automatización Industrial, para la automatización de los ciclos de trabajo de las plantas. En menor medida, materias como la Instrumentación Electrónica, para entender el acondicionamiento de señales de los diferentes sensores, y Ampliación de Ingeniería Eléctrica, para el análisis de los fallos de los motores de las plantas, han resultado también de gran ayuda.

Además de consolidar y aplicar en un entorno real y práctico los conocimientos de automatización ya aprendidos, como son la programación en KOP y los diagramas funcionales Grafquet, se han abordado nuevos temas, como la aplicación de los estados de la Guía GEMMA y la utilización de Grafquets parciales relacionados entre sí.

Por último, ha sido fuente de motivación el hecho de que este TFG y sus resultados sirvan de ayuda a la Escuela y a sus futuros estudiantes. El trabajo realizado en este proyecto permitirá mejorar el desarrollo de clases prácticas imprescindibles para su formación académica, incentivando el estudio de la automatización industrial.

Como futura línea de desarrollo, se podrían implementar simuladores virtuales de las plantas, como el mostrado en la figura 6.1, que conseguirían paliar el problema de la limitación de puestos en el laboratorio para programar los mismos procesos industriales. En numerosas universidades se está apostando por el uso de este tipo de entornos virtuales ya que, además, presentan un menor coste que el que supondría la adquisición y mantenimiento de maquetas reales. Cabe destacar que los precios aproximados de las plantas estudiadas en este proyecto oscilan entre los 1000€ (planta “Elevador de palés”) y poco más de 2000€ (planta “Puente Grúa Triaxial”) [5].



*Figura 9.1. Maqueta virtual de la planta “Elevador de palés”*

## 10. Conclusions and future work

In this Final Undergraduate Degree Project the study and start-up of three new didactic industrial plants has been carried out. These plants have been found in the Automation laboratory of the Marine Engineering School at the University of La Laguna. We have been able to prepare them for being operative and available for the students of the degrees of Automatic and Industrial Electronic Engineering (first semester) and Marine Engineering (second semester) in their laboratory practical sessions.

The three plants tackled in this project will be a good educational complement to the practical sessions of the subjects related to the Industrial Automation. However, the use of these models must be controlled due to the fact that some plants' elements are considerably sensitive and prone to be damaged.

It is worth mentioning that the use of these models and the practical experiences' guides designed for them are focused on the automation subjects of the engineering-degree's first years. Nonetheless, the plants could be adapted to more advanced students, applying, for example, the GEMMA Guide and the GRAFCET diagrams, which are more advance industrial automation contents.

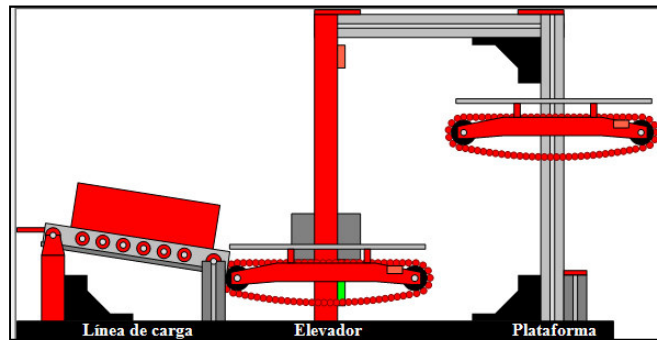
In this project, acquired knowledge from several subjects of the grade has been useful: "Industrial Automation", for implementing the automation of the plants, "Electronic Instrumentation", for understanding the sensors' signal conditioning, and "Expansion of Electric Engineering", for analysing the failures in the plants' motors.

In addition to strengthen some already-known knowledge to a real and practical environment, this project has allowed to learn new contents, such as the GEMMA Guide states and the use of the partial Grafcet diagrams.

Finally, it has been a motivation source the fact that this project and its results will help the School and its future students. The developed work in this project will improve the practical sessions, and therefore, their academic training in the Automation field.

As future work, it could be possible to implement virtual simulators of the plants (see figure 6.1), avoiding the problem of the limited space in the laboratory. Many

Universities are currently using these virtual environments because, besides other aspects, they are cheaper than the physical models. The approximate prices of the plants tackled in this project range from 1000€ (the elevator plant) to just over 2000€ (the 3-axis bridge crane plant) [5].



*Figure 10.1. Virtual model of the elevator plant*





[12] Modos de marcha y parada. La Guía GEMMA. Disponible en:

<http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/GemmaTelemecanique.PDF>

[13] Descripción de la Guía GEMMA. Disponible en:

<http://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/gemma/descrip.html>

[14] 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](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Step/step7/Proyecto%20step7/paginas/contenido/step7/7/2.9.1.2.htm)

[15] Procedimiento para escribir un programa KOP a partir de un Grafcet de nivel 2.

Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/239835057/Convertir-GR AFCET-a-KOP-docx>

[16] Autómatas programables. Disponible en:

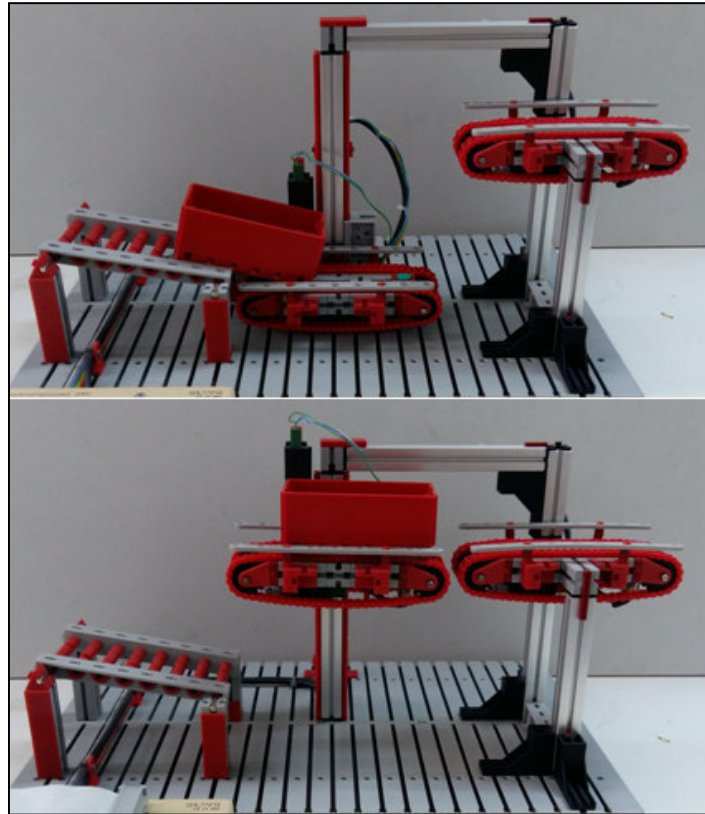
<http://electronica.ugr.es/~amroldan/asignaturas/curso01-02/automa/cursos/ejemplos/automata.pdf>

# ANEXO 1: Guiones de Prácticas

## PRÁCTICA: Automatización de la planta “Elevador de Palés”

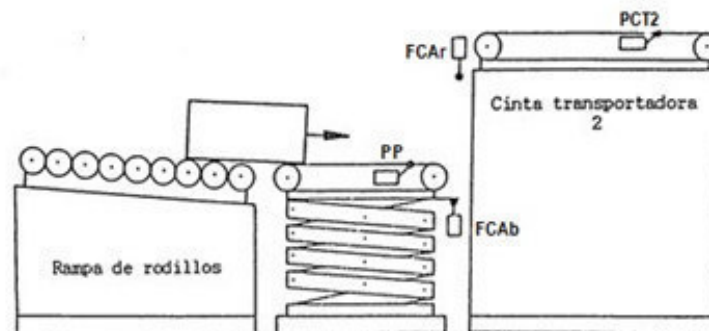
### Descripción de la planta

El objetivo de esta planta es el control de la subida y bajada de palés entre dos niveles de altura. Para ello existe una plataforma elevadora que sube o baja los palés. En la figura 1 se muestra cómo se recoge un palé en la zona baja de la planta y cómo se sube a la zona alta.



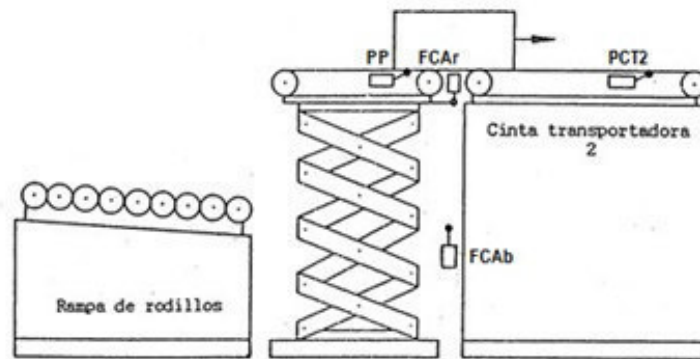
*Figura 1. Planta “Elevador de palés”*

En el nivel más bajo de la planta hay una serie de rodillos por los que los diferentes palés llegarán a la plataforma elevadora. En ella se encuentra la cinta transportadora 1 y el sensor *PP*, que detecta la presencia de un objeto en la plataforma. El sensor final se carrera *FCAb* indica que la plataforma está abajo, y el *FCAr*, que la plataforma está arriba. Esta situación es la mostrada en la figura 2.



*Figura 2. Proceso de recogida de palés en la parte baja.*

Cuando la plataforma elevadora llega arriba, se encuentra la cinta transportadora 2, que consta de un sensor (*PCT2*) para detectar la presencia de un objeto en ella. Esta situación es la mostrada en la figura 3.



**Figura 3. Proceso de recogida de palés en la parte alta.**

Las cintas transportadoras 1 y 2 son bidireccionales, y por lo tanto, los palés pueden realizar el recorrido inverso (salir de la cinta 2, bajar en la plataforma intermedia y entrar en la rampa de rodillos).

### Señales de control: entradas y salidas del autómat

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	Arriba	I0.1
	S2	Abajo	I0.2
Sensores	PP	Palé en plataforma	I0.7
	FCAb	Final de carrera plataforma abajo	I0.4
	FCAr	Final de carrera plataforma arriba	I0.5
	PCT2	Palé en final de cinta transportadora 2	I0.6

**Tabla 1. Sensores y entradas del autómat a las que están conectados.**

SALIDAS			
Luz	H1	Indicador instalación en marcha	Q0.7
Motor 1	CT1D	Cinta transportadora 1 a la derecha	Q0.1
	CT1I	Cinta transportadora 1 a la izquierda	Q0.2
Motor 2	EAr	Elevador arriba	Q0.3
	EAb	Elevador abajo	Q0.4
Motor 3	CT2D	Cinta transportadora 2 a la derecha	Q0.5
	CT2I	Cinta transportadora 2 a la izquierda	Q0.6

**Tabla 2. Actuadores y salidas del autómat a las que están conectados.**

### NOTA IMPORTANTE:

Todos los finales de carrera tienen lógica negativa, es decir, cuando se activan se ponen a '0'. Así, por ejemplo, el sensor *FCAr* (final de carrera plataforma arriba) se encuentra en todo momento a '1' y solo se pondrá a '0' cuando la plataforma elevadora alcance su posición final de arriba. Además, el pulsador *S0* (Parada de Emergencia) también tiene lógica negativa (en todo momento se encuentra a '1' y cuando se pulsa se pone a '0').

## Descripción del ciclo de trabajo básico

SITUACIÓN INICIAL: el elevador debe estar abajo y los motores de las cintas transportadoras paradas. Además, la luz *H1* debe estar apagada.

CICLO DE SUBIDA: el funcionamiento normal de la planta realiza el siguiente ciclo de trabajo:

1. Al activar el pulsador *S1* (pulsador arriba), se pone en marcha la cinta transportadora 1 del elevador de palés hacia la derecha y se enciende la luz *H1*. El palé rueda por la rampa de rodillos hacia la cinta transportadora 1.
2. Cuando el sensor *PP* se activa, la cinta se detiene y se inicia la subida de la plataforma elevadora.
3. Al llegar al final de carrera *FCAr*, se detiene la subida y se ponen en marcha las cintas transportadoras 1 y 2 hacia la derecha.
4. Cuando el palé activa el sensor *PCT2*, ambas cintas se detienen y se inicia el descenso de la plataforma.
5. Cuando ésta alcanza la posición inferior, detectada por el final de carrera *FCAb*, se detiene el descenso y se apaga la luz *H1*.
6. Para iniciar de nuevo el ciclo de subida será necesario volver a pulsar *S1*.

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor *S0* de parada de emergencia. Con el interruptor *S1* se pone de nuevo en marcha, debiendo primero regresar a la situación inicial (plataforma abajo y cintas paradas).

## Parte opcional: ciclo de trabajo avanzado

SITUACIÓN INICIAL: el elevador debe estar abajo y los motores de las cintas transportadoras paradas. Además, la luz *H1* debe estar apagada.

CICLO DE BAJADA: consideraremos que los palés también se pueden transportar en sentido inverso (hacia abajo). Para ello se realiza el siguiente ciclo de trabajo:

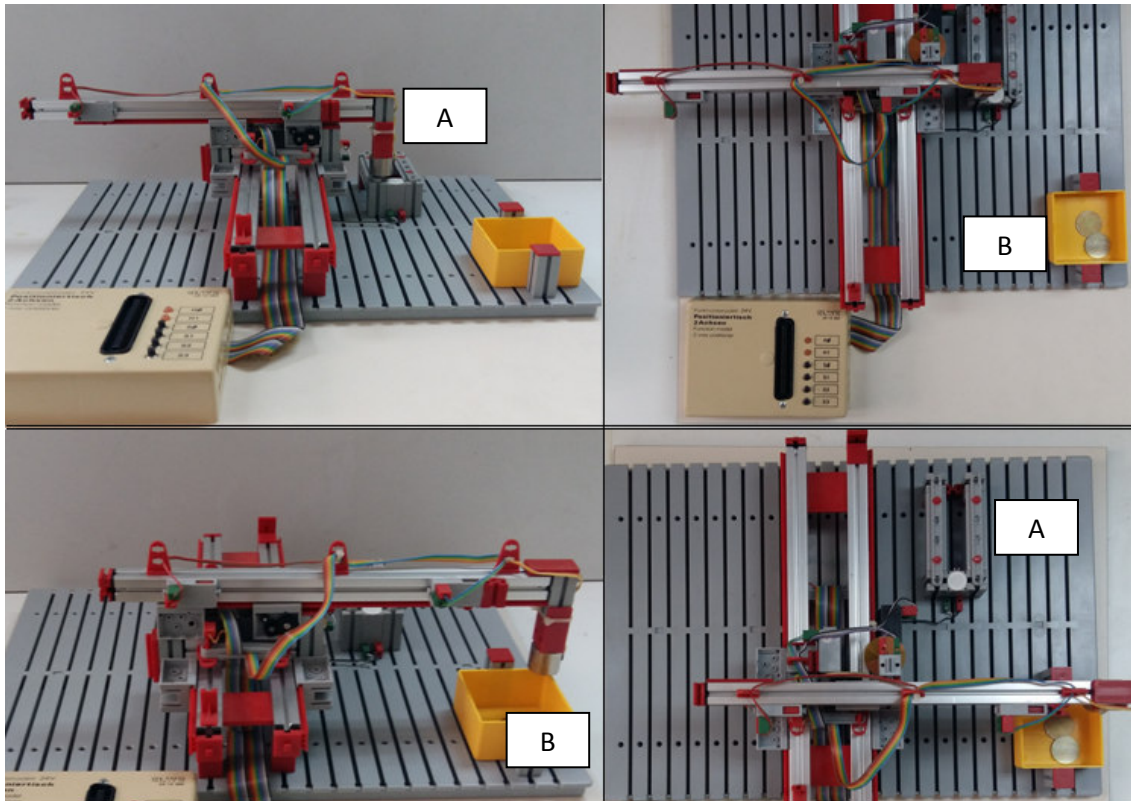
1. Si hay un palé en la cinta 2 (detectado con el sensor *PCT2*) y se activa el pulsador *S2*, se pone en marcha el ascenso de la plataforma elevadora y se enciende la luz *H1*.
2. Cuando la plataforma llega al final de carrera *FCAr*, las cintas transportadoras 1 y 2 se ponen en marcha hacia la izquierda.
3. Cuando el sensor *PP* se desactiva se garantiza que el palé ha entrado en la plataforma intermedia. En este momento se detienen ambas cintas y se baja la plataforma.
4. Cuando la plataforma alcanza la posición inferior, se detiene la plataforma y se apaga la luz *H1*.
5. Para iniciar de nuevo el ciclo de bajada será necesario que haya un palé en la cinta 2 y que se vuelva a pulsar *S2*.

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor *S0* de parada de emergencia. Con el interruptor *S2* se pone de nuevo en marcha, debiendo primero regresar a la situación inicial (plataforma abajo y cintas paradas).

## **PRÁCTICA: Automatización de la planta “Puente Grúa Biaxial” con desplazamiento secuencial**

### **Descripción de la planta**

El objetivo de esta planta es el control del movimiento de una grúa que se puede desplazar en dos ejes x-y (figura 1). El objetivo de la grúa es recoger objetos metálicos (por medio de la activación de un electroimán) en el punto A y desplazarse al punto B para soltarlos (desactivando el electroimán). El puente grúa transporta, en un centro de transformación, en un centro de transformación, piezas de acero desde la mesa de taller (origen, posición A) al almacén (destino, posición B).



**Figura 1. Planta “Puente grúa biaxial”**

La instalación cuenta con dos motores, cada uno de ellos para desplazarse en los dos ejes diferentes de movimiento, un electroimán para coger los objetos y un piloto luminoso. Con respecto a los sensores del sistema, hay cuatro finales de carrera, dos para cada posición límite del puente grúa en cada dirección, y un sensor de posición que indica si hay una pieza en la mesa (PD).

**Señales de control: entradas y salidas del autómat**

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	ON	I0.1
	S2	REINICIO	I0.2
Sensores	PD	Pieza disponible en mesa	I1.2
	FCD	Final de carrera derecha	I0.4
	FCI	Final de carrera izquierda	I0.5
	FCA <sub>t</sub>	Final de carrera atrás	I0.6
	FCA <sub>d</sub>	Final de carrera adelante	I0.7

**Tabla 1. Sensores y entradas del autómat a las que están conectados.**

SALIDAS			
Piloto	H1	Indicador instalación en marcha	Q0.1
Motor 1	D	Brazo a derecha	Q0.1
	I	Brazo a izquierda	Q0.2
Motor 2	At	Brazo atrás	Q0.3
	Ad	Brazo adelante	Q0.4
Imán	Y	Imán de carga	Q0.5

**Tabla 2. Actuadores y salidas del autómat a las que están conectados.**

**NOTA IMPORTANTE:**

Todos los finales de carrera tienen lógica negativa, es decir, cuando se activan se ponen a '0'. Así, por ejemplo, el sensor *FCD* (final de carrera derecha) se encuentra en todo momento a '1' y solo se pondrá a '0' cuando el puente grúa alcance su posición final de la derecha. Además, el pulsador *S0* (Parada de Emergencia) también tiene lógica negativa (en todo momento se encuentra a '1' y cuando se pulsa se pone a '0').

**Descripción del ciclo de trabajo básico: desplazamiento secuencial de la grúa**

**SITUACIÓN INICIAL:** la grúa debe estar colocada sobre la posición de origen A. Tras terminar su colocación, se deben parar todos los motores. El piloto luminoso H1 debe estar apagado.

**CICLO DE TRABAJO:**

1. Al activar el pulsador *S1* (pulsador ON), si la grúa está correctamente colocada en su posición de inicio, y hay una pieza en la posición de origen A (sensor PD), se enciende la luz H1.
2. Se activa el electroimán durante dos segundos para asegurarnos de que se coge la pieza correctamente.
3. Transcurridos 2 segundos, el motor 1 mueve el brazo hacia la derecha, hasta alcanzar FCD.
4. El motor 2 mueve el brazo hacia adelante, hasta alcanzar FCA<sub>d</sub>.
5. Al llegar a FCA<sub>d</sub>, se desactiva el imán y se activa un temporizador durante dos segundos, para dar tiempo de depositar la pieza.
6. Transcurridos 2 segundos, el brazo vuelve a la posición inicial siguiendo los pasos anteriormente descritos, secuencialmente en orden inverso.
7. Cuando se llega a la posición inicial, si no hay pieza, se apaga la luz H1 y la grúa se para, permaneciendo a la espera.

8. Si al volver la grúa a la posición inicial hay una pieza en la mesa, el proceso se inicia de nuevo automáticamente. De lo contrario, permanece en la posición inicial.

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor S0 de parada de emergencia, parando todos los motores y el electroimán. Con el interruptor S2 (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, debiendo primero regresar a la situación inicial.

**Parte opcional: parada de emergencia con memoria**

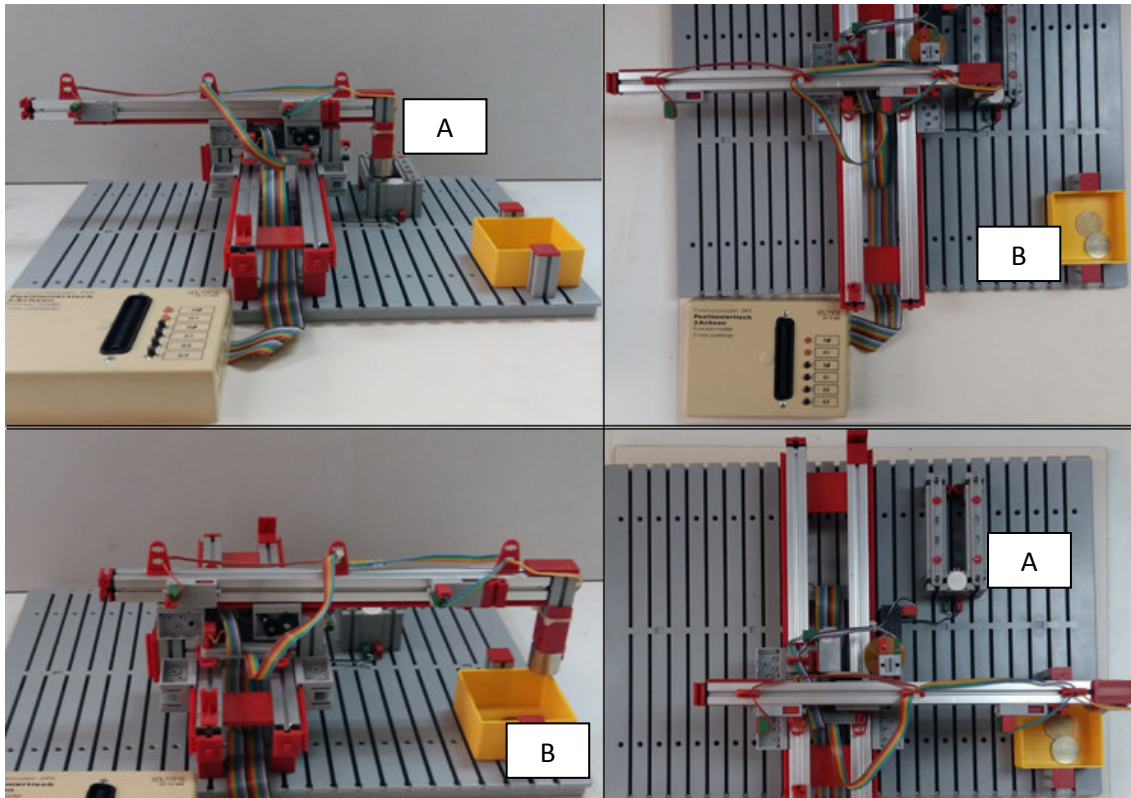
PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor S0 de parada de emergencia, parando todos los motores, pero no el electroimán. Con el interruptor S2 (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, continuando el movimiento por donde estaba antes de la parada.



## **PRÁCTICA: Automatización de la planta “Puente Grúa Biaxial” con desplazamiento paralelo**

### **Descripción de la planta**

El objetivo de esta planta es el control del movimiento de una grúa que se puede desplazar en dos ejes x-y (figura 1). El objetivo de la grúa es recoger objetos metálicos (por medio de la activación de un electroimán) en el punto A y desplazarse al punto B para soltarlos (desactivando el electroimán). El puente grúa transporta, en un centro de transformación, piezas de acero desde la mesa de taller (origen, posición A) al almacén (destino, posición B).



**Figura 1. Planta “Puente grúa biaxial”**

La instalación cuenta con dos motores, cada uno de ellos para desplazarse en los dos ejes diferentes de movimiento, un electroimán para coger los objetos y un piloto luminoso. Con respecto a los sensores del sistema, hay cuatro finales de carrera, dos para cada posición límite del puente grúa en cada dirección, y un sensor de posición que indica si hay una pieza en la mesa (PD).

## Señales de control: entradas y salidas del autómat

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	ON	I0.1
	S2	REINICIO	I0.2
Sensores	PD	Pieza disponible en mesa	I1.2
	FCD	Final de carrera derecha	I0.4
	FCI	Final de carrera izquierda	I0.5
	FCA <sub>t</sub>	Final de carrera atrás	I0.6
	FCA <sub>d</sub>	Final de carrera adelante	I0.7

*Tabla 1. Sensores y entradas del autómat a las que están conectados.*

SALIDAS			
Piloto	H1	Indicador instalación en marcha	Q0.1
Motor 1	D	Brazo a derecha	Q0.1
	I	Brazo a izquierda	Q0.2
Motor 2	At	Brazo atrás	Q0.3
	Ad	Brazo adelante	Q0.4
Imán	Y	Imán de carga	Q0.5

*Tabla 2. Actuadores y salidas del autómat a las que están conectados.*

### NOTA IMPORTANTE:

Todos los finales de carrera tienen lógica negativa, es decir, cuando se activan se ponen a '0'. Así, por ejemplo, el sensor *FCD* (final de carrera derecha) se encuentra en todo momento a '1' y solo se pondrá a '0' cuando el puente grúa alcance su posición final de la derecha. Además, el pulsador *S0* (Parada de Emergencia) también tiene lógica negativa (en todo momento se encuentra a '1' y cuando se pulsa se pone a '0').

### **Descripción del ciclo de trabajo básico: desplazamiento paralelo de la grúa**

SITUACIÓN INICIAL: la grúa debe estar colocada sobre la posición de origen A. Tras terminar su colocación, se deben parar todos los motores. El piloto luminoso H1 debe estar apagado.

### CICLO DE TRABAJO:

1. Al activar el pulsador *S1* (pulsador ON), si la grúa está correctamente colocada en su posición de inicio, y hay una pieza en la posición de origen A (sensor PD), se enciende la luz H1.
2. Se activa el electroimán durante dos segundos para asegurarnos de que se coge la pieza correctamente.
3. Transcurridos 2 segundos, el motor 1 mueve el brazo hacia la derecha, hasta alcanzar FCD y el motor 2 mueve el brazo hacia adelante, hasta alcanzar FCA<sub>d</sub>. Los dos movimientos se realizan en paralelo, es decir, simultáneamente.
4. Cuando las dos posiciones se han alcanzado (FCD y FCA<sub>d</sub>), se desactiva el imán y se activa un temporizador durante dos segundos, para dar tiempo de depositar la pieza.
5. Transcurridos 2 segundos, el brazo vuelve a la posición inicial siguiendo los pasos anteriormente descritos en orden inverso, todos a la vez.

6. Cuando se llega a la posición inicial, si no hay pieza, se apaga la luz H1 y la grúa se para, permaneciendo a la espera.
7. Si al volver la grúa a la posición inicial hay una pieza en la mesa, el proceso se inicia de nuevo automáticamente. De lo contrario, permanece en la posición inicial.

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor S0 de parada de emergencia, parando todos los motores y el electroimán. Con el interruptor S2 (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, debiendo primero regresar a la situación inicial.

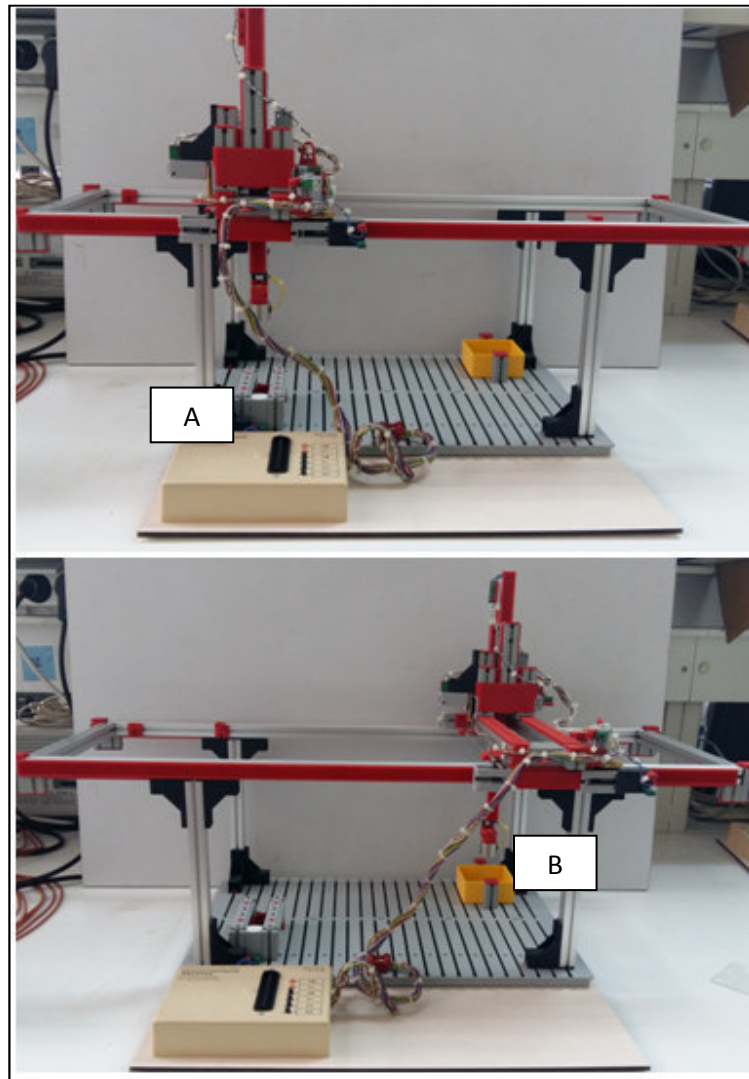
**Parte opcional: parada de emergencia con memoria**

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor S0 de parada de emergencia, parando todos los motores, pero no el electroimán. Con el interruptor S2 (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, continuando el movimiento por donde estaba antes de la parada.

## **PRÁCTICA: Automatización de la planta “Puente Grúa Triaxial” con desplazamiento secuencial**

### **Descripción de la planta**

El objetivo de esta planta es el control del movimiento de una grúa que se puede desplazar en los tres ejes x-y-z (figura 1). El objetivo de la grúa es recoger objetos metálicos (por medio de la activación de un electroimán) en el punto A y desplazarse al punto B para soltarlos (desactivando el electroimán). El puente grúa transporta, en un centro de transformación, piezas de acero desde la mesa de taller (origen, posición A) al almacén (destino, posición B).



**Figura 1. Planta “Puente grúa triaxial”**

La instalación cuenta con tres motores, cada uno de ellos para desplazarse en los tres ejes diferentes de movimiento, un electroimán para coger los objetos y un piloto luminoso.

Con respecto a los sensores del sistema, hay seis finales de carrera, dos para las posiciones finales del puente grúa en cada dirección, y un sensor de posición que indica si hay una pieza en el punto origen A (figura 2).

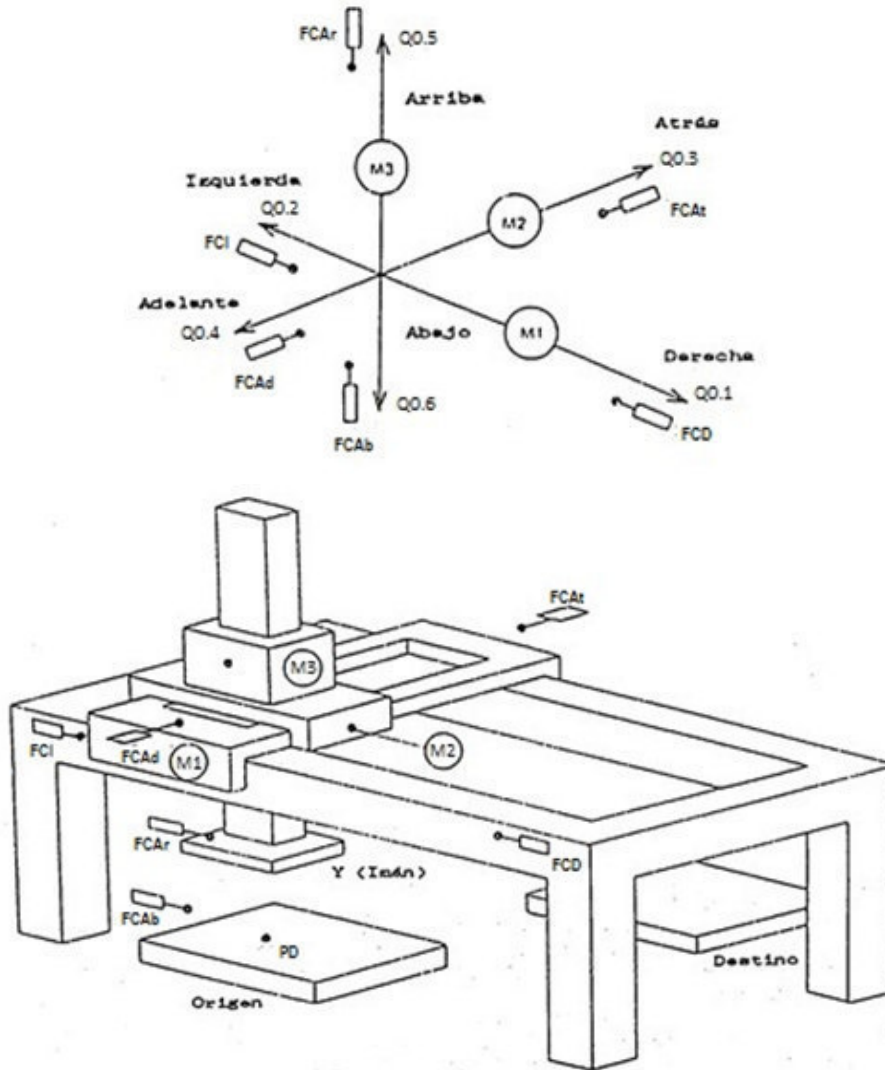


Figura 2. Sensores y actuadores situados en la planta.

### Señales de control: entradas y salidas del autómata

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	ON	I0.1
	S2	REINICIO	I0.2
Sensores	PD	Pieza disponible en mesa	I1.2
	FCI	Final de carrera izquierda	I0.4
	FCD	Final de carrera derecha	I0.5
	FCAAt	Final de carrera atrás	I0.6
	FCAAd	Final de carrera adelante	I0.7
	FCAr	Final de carrera arriba	I1.0
	FCAb	Final de carrera abajo	I1.1

Tabla 1. Sensores y entradas del autómata a las que están conectados.

SALIDAS			
Piloto	H1	Indicador instalación en marcha	Q0.0
Motor 1	D	Brazo a derecha	Q0.1
	I	Brazo a izquierda	Q0.2
Motor 2	At	Brazo atrás	Q0.3
	Ad	Brazo adelante	Q0.4
Motor 3	Ar	Brazo arriba	Q0.5
	Ab	Brazo abajo	Q0.6
Imán	Y	Imán de carga	Q0.7

*Tabla 2. Actuadores y salidas del autómatas a las que están conectados.*

#### NOTA IMPORTANTE:

Todos los finales de carrera tienen lógica negativa, es decir, cuando se activan se ponen a '0'. Así, por ejemplo, el sensor *FCD* (final de carrera derecha) se encuentra en todo momento a '1' y solo se pondrá a '0' cuando el puente grúa alcance su posición final de la derecha. Además, el pulsador *S0* (Parada de Emergencia) también tiene lógica negativa (en todo momento se encuentra a '1' y cuando se pulsa se pone a '0').

#### **Descripción del ciclo de trabajo básico: desplazamiento secuencial de la grúa**

SITUACIÓN INICIAL: la grúa debe estar colocada sobre la posición de origen A. Tras terminar su colocación, se deben parar todos los motores. El piloto luminoso H1 debe estar apagado.

#### CICLO DE TRABAJO:

1. Al activar el pulsador *S1* (pulsador ON), si la grúa está correctamente colocada en su posición de inicio, y hay una pieza en la posición de origen A (sensor PD), el motor 3 mueve el brazo hacia abajo, hasta alcanzar FCAb, y se enciende la luz H1.
2. En esta posición se activa el electroimán durante 2 segundos para asegurarnos de que se recoge adecuadamente la pieza metálica.
3. Transcurridos 2 segundos, el motor 3 mueve el brazo hacia arriba, hasta alcanzar FCAr.
4. El motor 1 mueve el brazo hacia la derecha, hasta alcanzar FCD.
5. El motor 2 mueve el brazo hacia atrás, hasta alcanzar FCAI.
6. El motor 3 mueve el brazo hacia abajo, hasta alcanzar FCAb.
7. Al llegar a FCAb, se desactiva el imán y se activa un temporizador durante 2 segundos, para dar tiempo a depositar la pieza en el almacén.
8. Transcurridos los 2 segundos, el brazo vuelve a la posición inicial siguiendo los pasos anteriormente descritos, secuencialmente en orden inverso.
9. Cuando se llega a la posición inicial, si no hay pieza, se apaga la luz H1 y la grúa se para, permaneciendo a la espera.
10. Si al volver la grúa a la posición inicial hay una pieza en la mesa, el proceso se inicia de nuevo automáticamente. De lo contrario, permanece en la posición inicial.

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor *S0* de parada de emergencia, parando todos los motores y el electroimán. Con el interruptor *S2* (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, debiendo primero regresar a la situación inicial.

**Parte opcional: parada de emergencia con memoria**

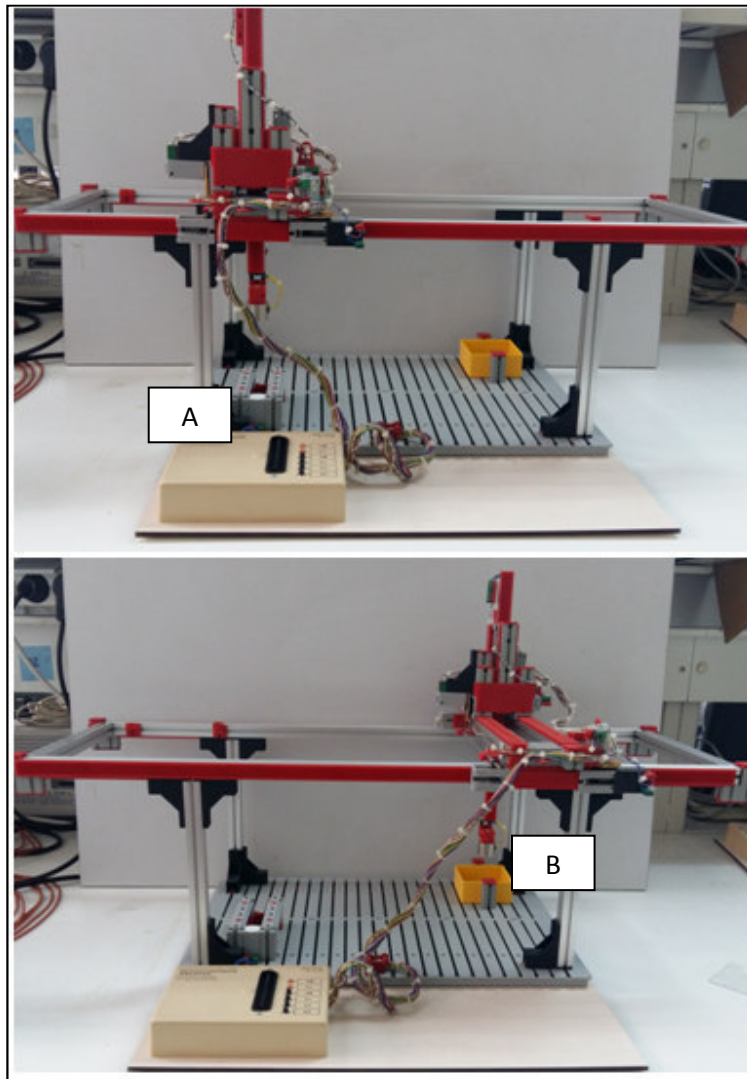
PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor S0 de parada de emergencia, parando todos los motores, pero no el electroimán. Con el interruptor S2 (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, continuando el movimiento por donde estaba antes de la parada.



## **PRÁCTICA: Automatización de la planta “Puente Grúa Triaxial” con desplazamiento paralelo**

### **Descripción de la planta**

El objetivo de esta planta es el control del movimiento de una grúa que se puede desplazar en los tres ejes x-y-z (figura 1). El objetivo de la grúa es recoger objetos metálicos (por medio de la activación de un electroimán) en el punto A y desplazarse al punto B para soltarlos (desactivando el electroimán). El puente grúa transporta, en un centro de transformación, piezas de acero desde la mesa de taller (origen, posición A) al almacén (destino, posición B).



**Figura 1. Planta “Puente grúa triaxial”**

La instalación cuenta con tres motores, cada uno de ellos para desplazarse en los tres ejes diferentes de movimiento, un electroimán para coger los objetos y un piloto luminoso. Con respecto a los sensores del sistema, hay seis finales de carrera, dos para las posiciones finales del puente grúa en cada dirección, y un sensor de posición que indica si hay una pieza en el punto origen A (figura 2).



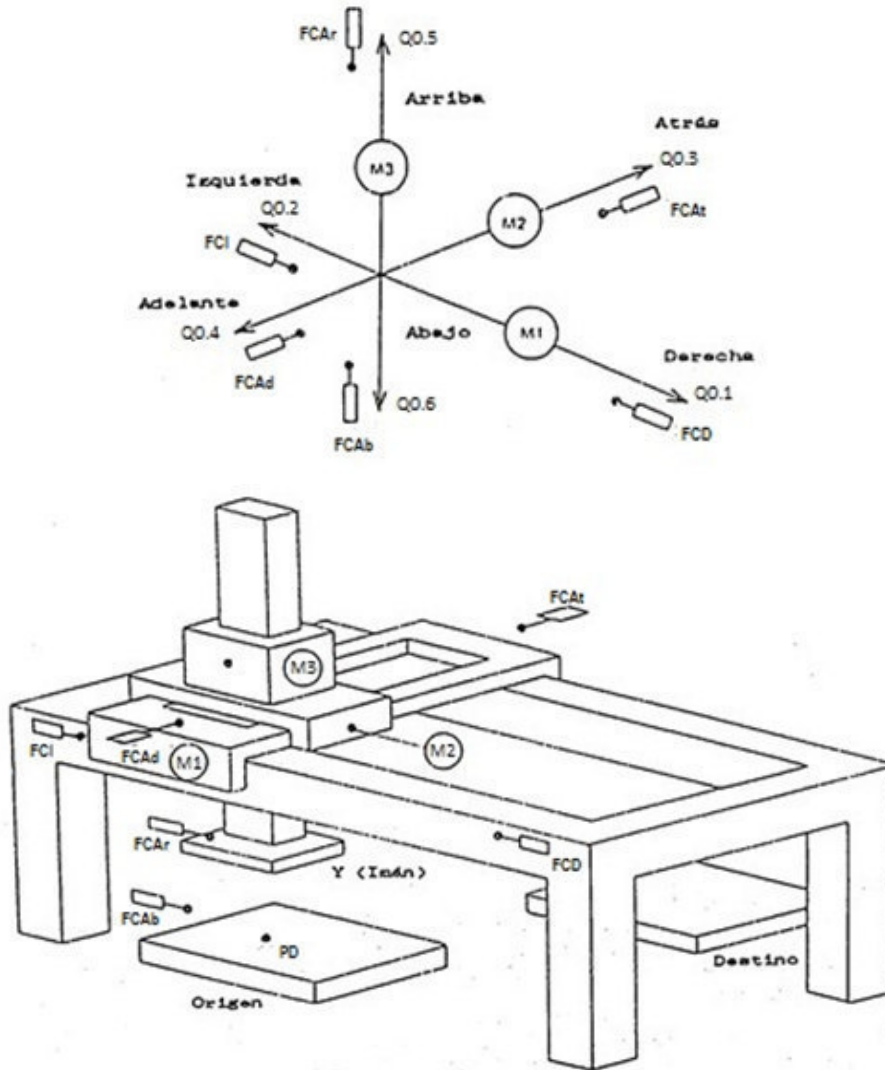


Figura 2. Sensores y actuadores situados en la planta.

**Señales de control: entradas y salidas del autómata**

Las siguientes tablas muestran las entradas y salidas del sistema:

ENTRADAS			
Pulsadores	S0	Parada Emergencia (PE)	I0.0
	S1	ON	I0.1
	S2	REINICIO	I0.2
Sensores	PD	Pieza disponible en mesa	I1.2
	FCI	Final de carrera izquierda	I0.4
	FCD	Final de carrera derecha	I0.5
	FCA <sub>t</sub>	Final de carrera atrás	I0.6
	FCA <sub>d</sub>	Final de carrera adelante	I0.7
	FCA <sub>r</sub>	Final de carrera arriba	I1.0
	FCA <sub>b</sub>	Final de carrera abajo	I1.1

Tabla 1. Sensores y entradas del autómata a las que están conectados.

SALIDAS			
Piloto	H1	Indicador instalación en marcha	Q0.0
Motor 1	D	Brazo a derecha	Q0.1
	I	Brazo a izquierda	Q0.2
Motor 2	At	Brazo atrás	Q0.3
	Ad	Brazo adelante	Q0.4
Motor 3	Ar	Brazo arriba	Q0.5
	Ab	Brazo abajo	Q0.6
Imán	Y	Imán de carga	Q0.7

*Tabla 2. Actuadores y salidas del autómatas a las que están conectados.*

#### NOTA IMPORTANTE:

Todos los finales de carrera tienen lógica negativa, es decir, cuando se activan se ponen a '0'. Así, por ejemplo, el sensor *FCD* (final de carrera derecha) se encuentra en todo momento a '1' y solo se pondrá a '0' cuando el puente grúa alcance su posición final de la derecha. Además, el pulsador *S0* (Parada de Emergencia) también tiene lógica negativa (en todo momento se encuentra a '1' y cuando se pulsa se pone a '0').

#### **Descripción del ciclo de trabajo básico: desplazamiento paralelo de la grúa**

SITUACIÓN INICIAL: la grúa debe estar colocada sobre la posición de origen A. Tras terminar su colocación, se deben parar todos los motores. El piloto luminoso H1 debe estar apagado.

#### CICLO DE TRABAJO:

1. Al activar el pulsador *S1* (pulsador ON), si la grúa está correctamente colocada en su posición de inicio, y hay una pieza en la posición de origen A (sensor PD), el motor 3 mueve el brazo hacia abajo, hasta alcanzar FCAb, y se enciende la luz H1.
2. En esta posición se activa el electroimán durante 2 segundos para asegurarnos de que se recoge adecuadamente la pieza metálica.
3. Transcurridos 2 segundos, el motor 3 mueve el brazo hacia arriba, hasta alcanzar FCAr, el motor 1 mueve el brazo hacia la derecha, hasta alcanzar FCD, y el motor 2 mueve el brazo hacia atrás, hasta alcanzar FCAt. Los tres movimientos se realizan en paralelo.
4. Cuando las tres posiciones se han alcanzado (FCAr, FCD y FCat) el motor 3 mueve el brazo hacia abajo, hasta alcanzar FCAb.
5. Al llegar a FCAb, se desactiva el imán y se activa un temporizador durante 2 segundos, para dar tiempo a depositar la pieza en el almacén.
6. Transcurridos los 2 segundos, el brazo vuelve a la posición inicial siguiendo los pasos anteriormente descritos en orden inverso, todos a la vez.
7. Cuando se llega a la posición inicial, si no hay pieza, se apaga la luz H1.
8. Si al volver el brazo a la posición inicial hay una pieza en la mesa, el proceso se inicia de nuevo automáticamente. De lo contrario, el brazo permanece en la posición inicial.

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor *S0* de parada de emergencia, parando todos los motores y el electroimán. Con el interruptor *S2* (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, debiendo primero regresar a la situación inicial.

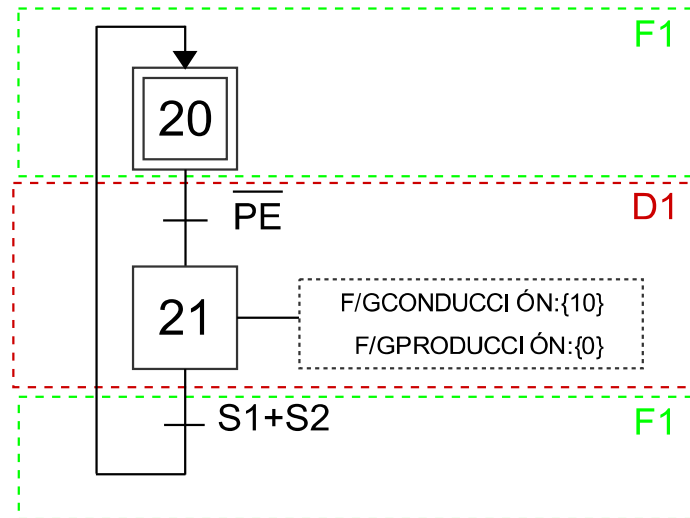
**Parte opcional: parada de emergencia con memoria**

PARADA DE EMERGENCIA: la instalación se puede detener en cualquier momento por medio del interruptor S0 de parada de emergencia, parando todos los motores, pero no el electroimán. Con el interruptor S2 (REINICIO) se pone de nuevo en marcha, continuando el movimiento por donde estaba antes de la parada.

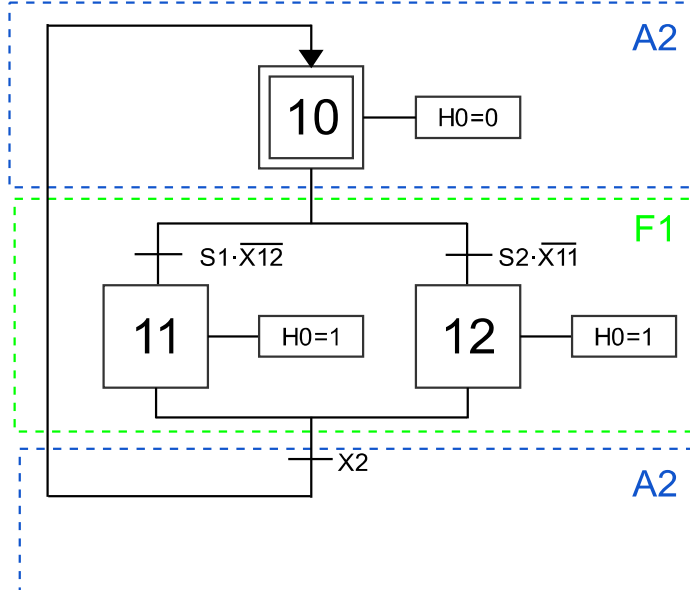
# ANEXO 2: GRAFCETS

# GRAFSET" Elevador de Palés"

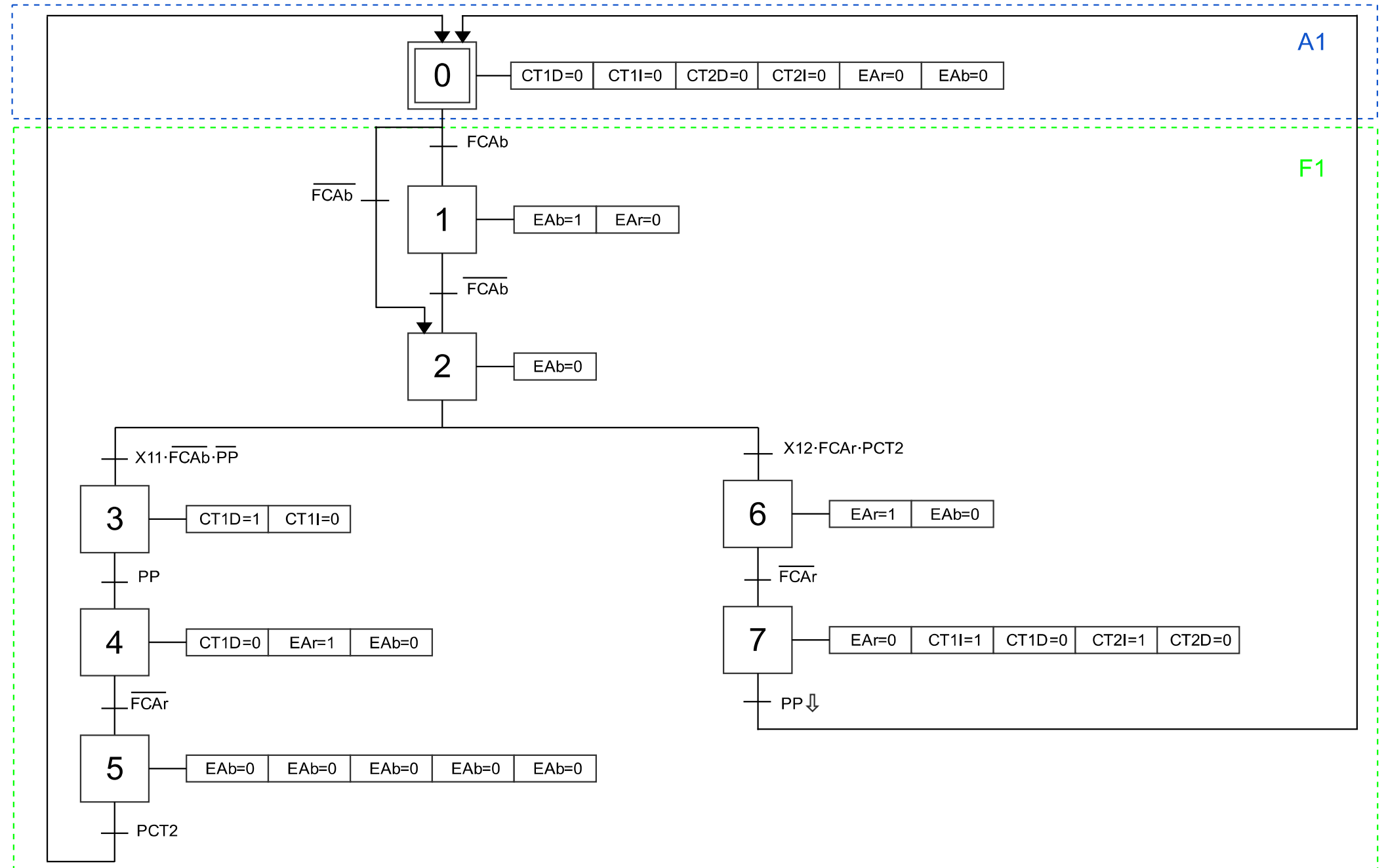
## GSEGURIDAD



## GCONDUCCIÓN

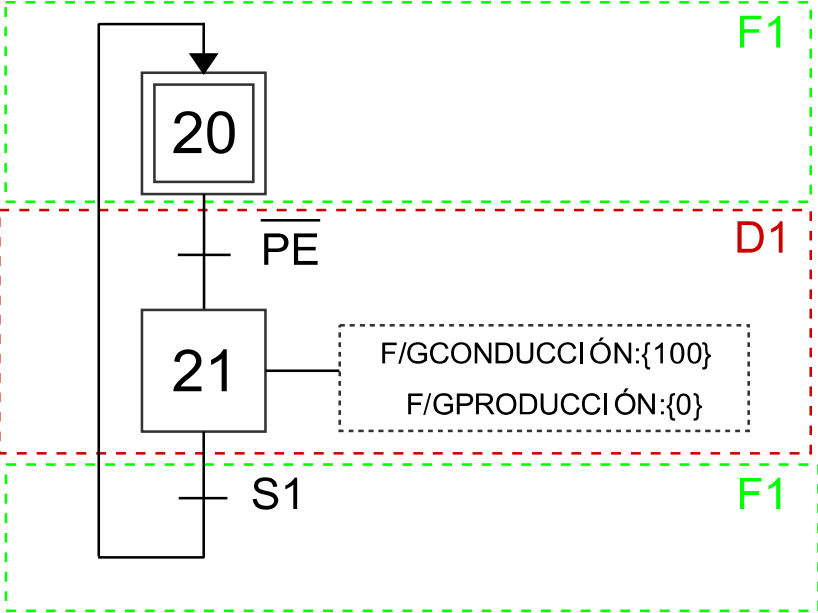


## GPRODUCCIÓN

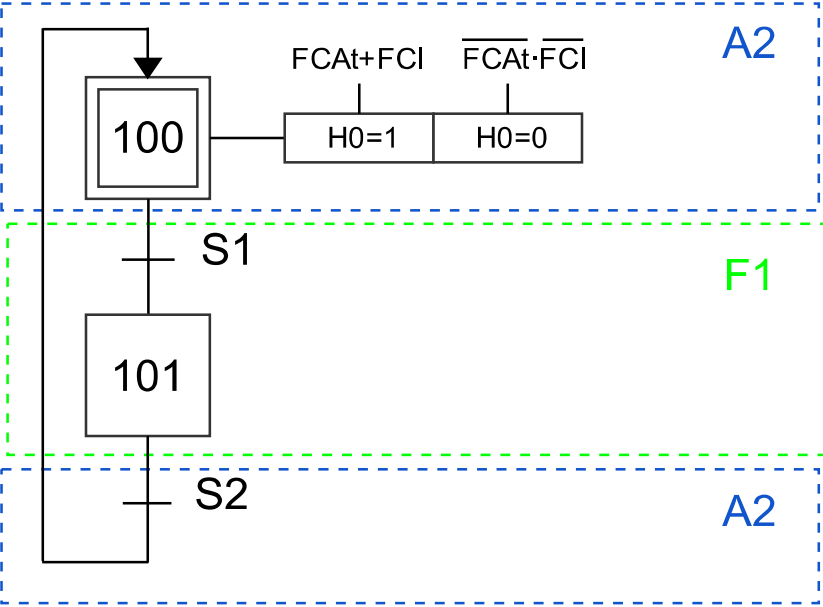


# GRAFSET" Puente Grúa Biaxial con desplazamientos secuenciales"

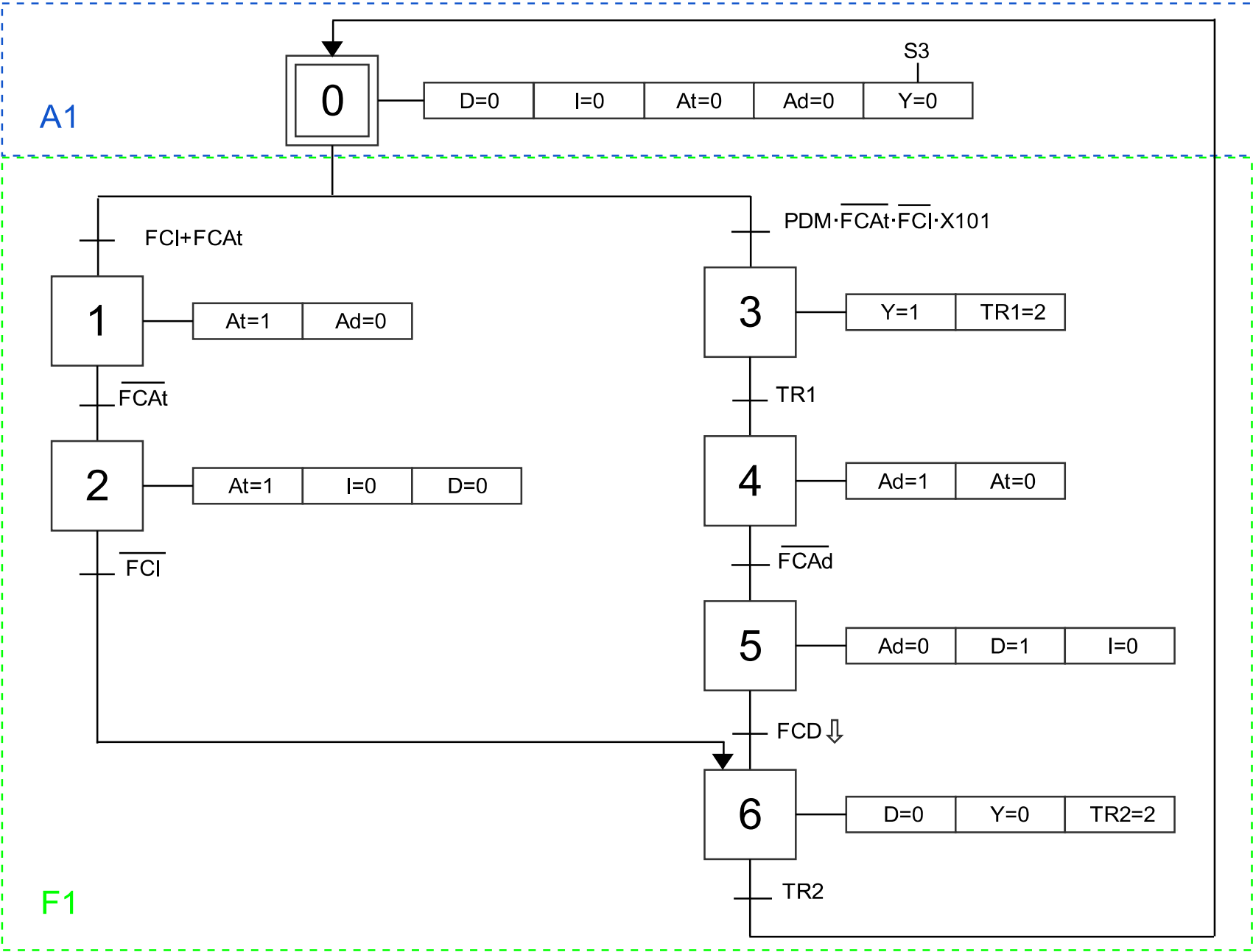
## GSEGURIDAD



## GCONDUCCIÓN



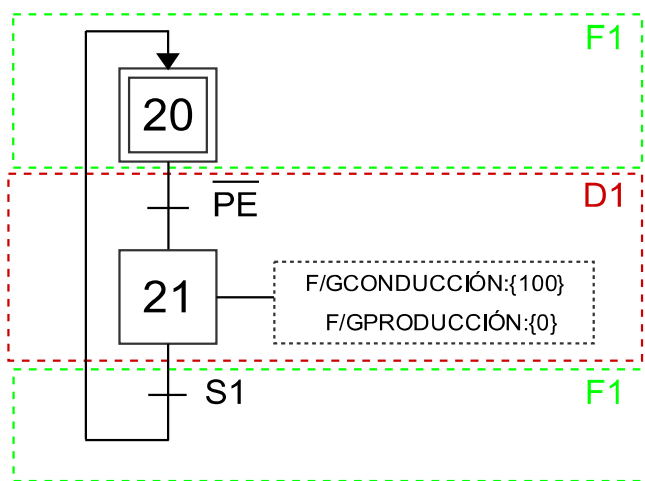
## GPRODUCCIÓN



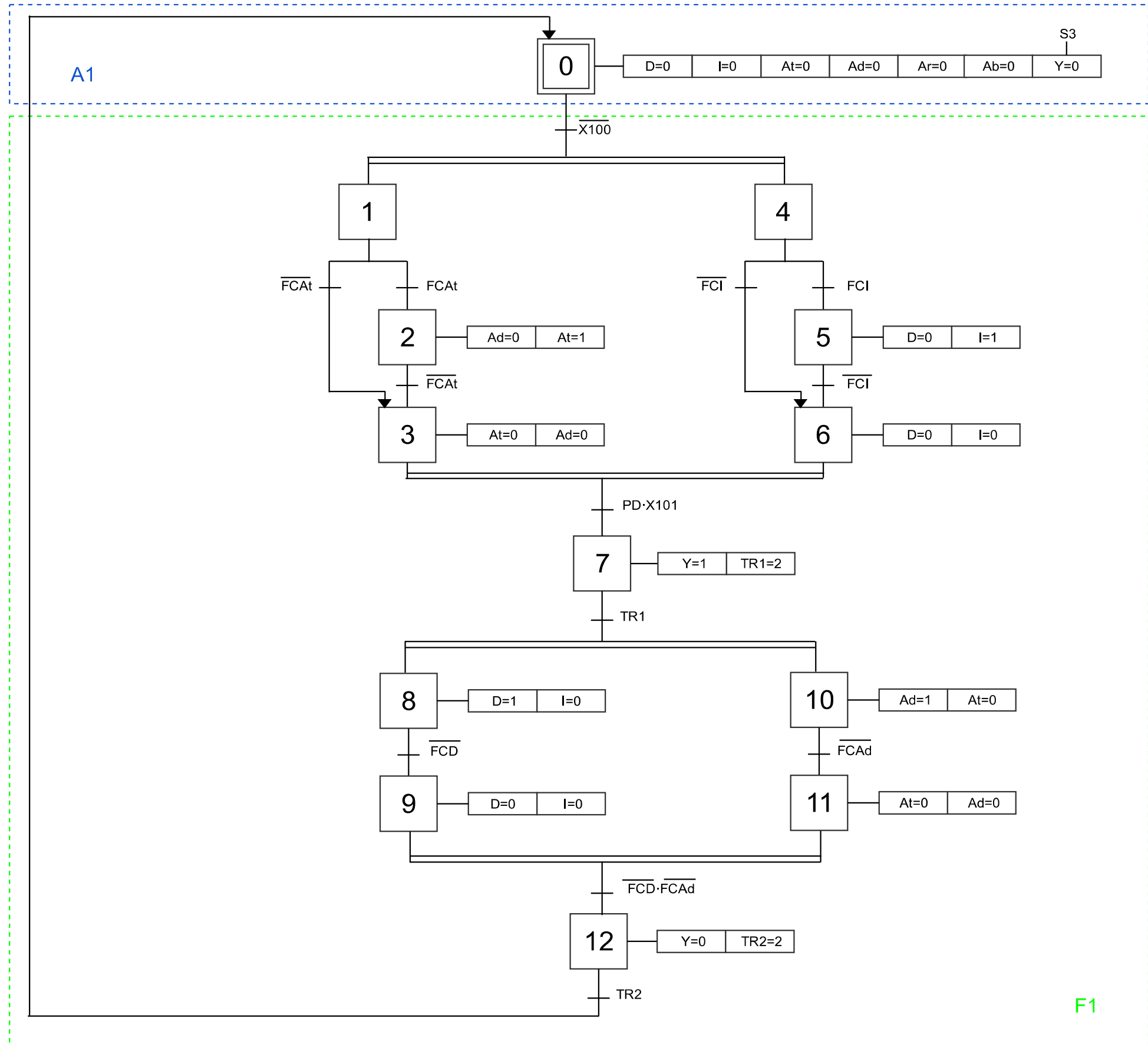
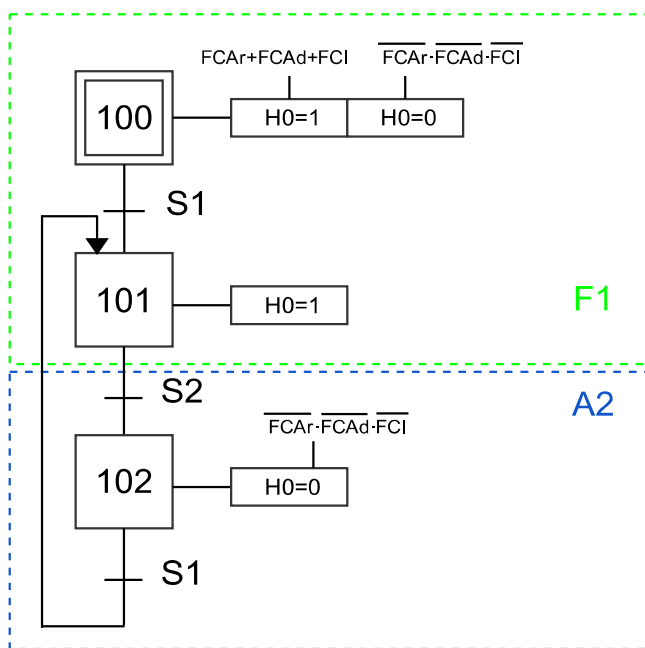
# GRAFSET" Puente Grúa Biaxial con desplazamientos en paralelo"

## GPRODUCCIÓN

## GSEGURIDAD



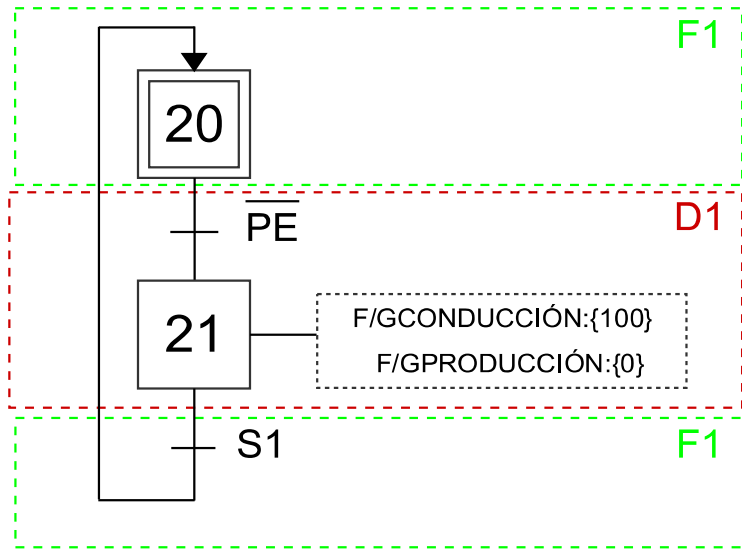
## GCONDUCCIÓN



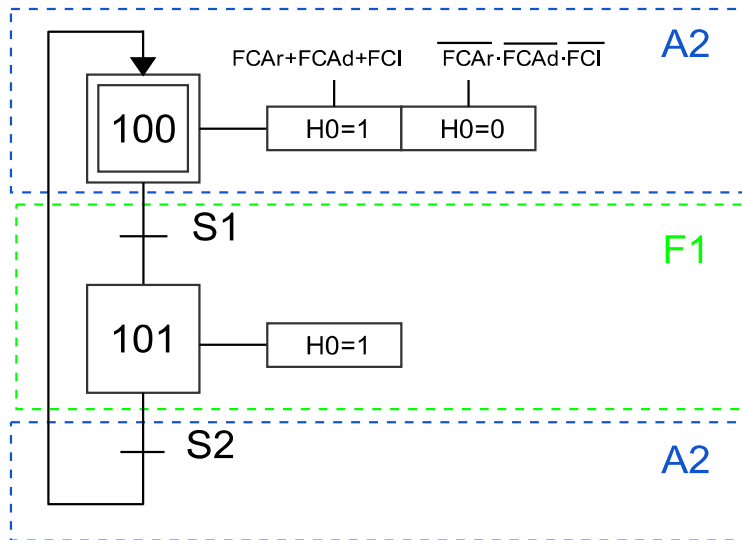
F1

# GRAFSET" Puente Grúa Triaxial con desplazamientos secuenciales"

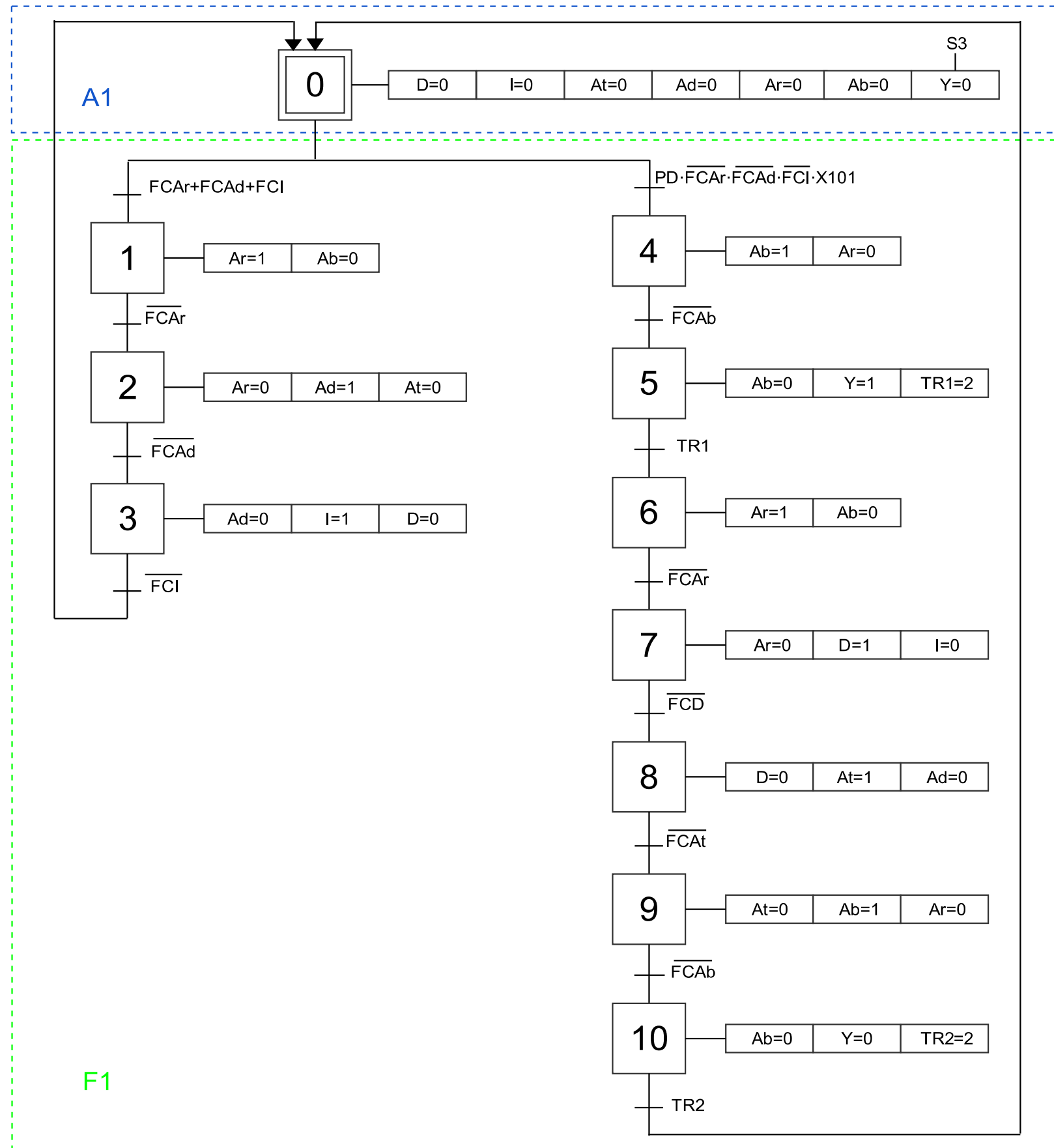
## GSEGURIDAD



## GCONDUCCIÓN



## GPRODUCCIÓN

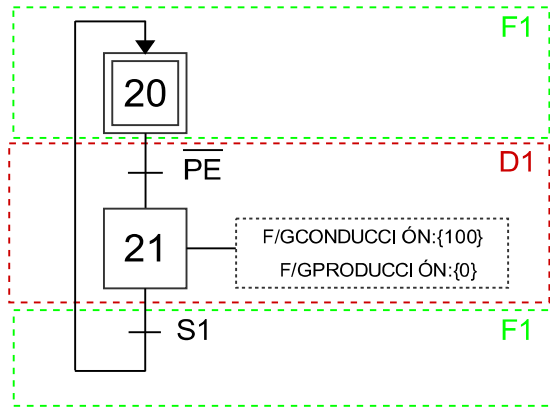




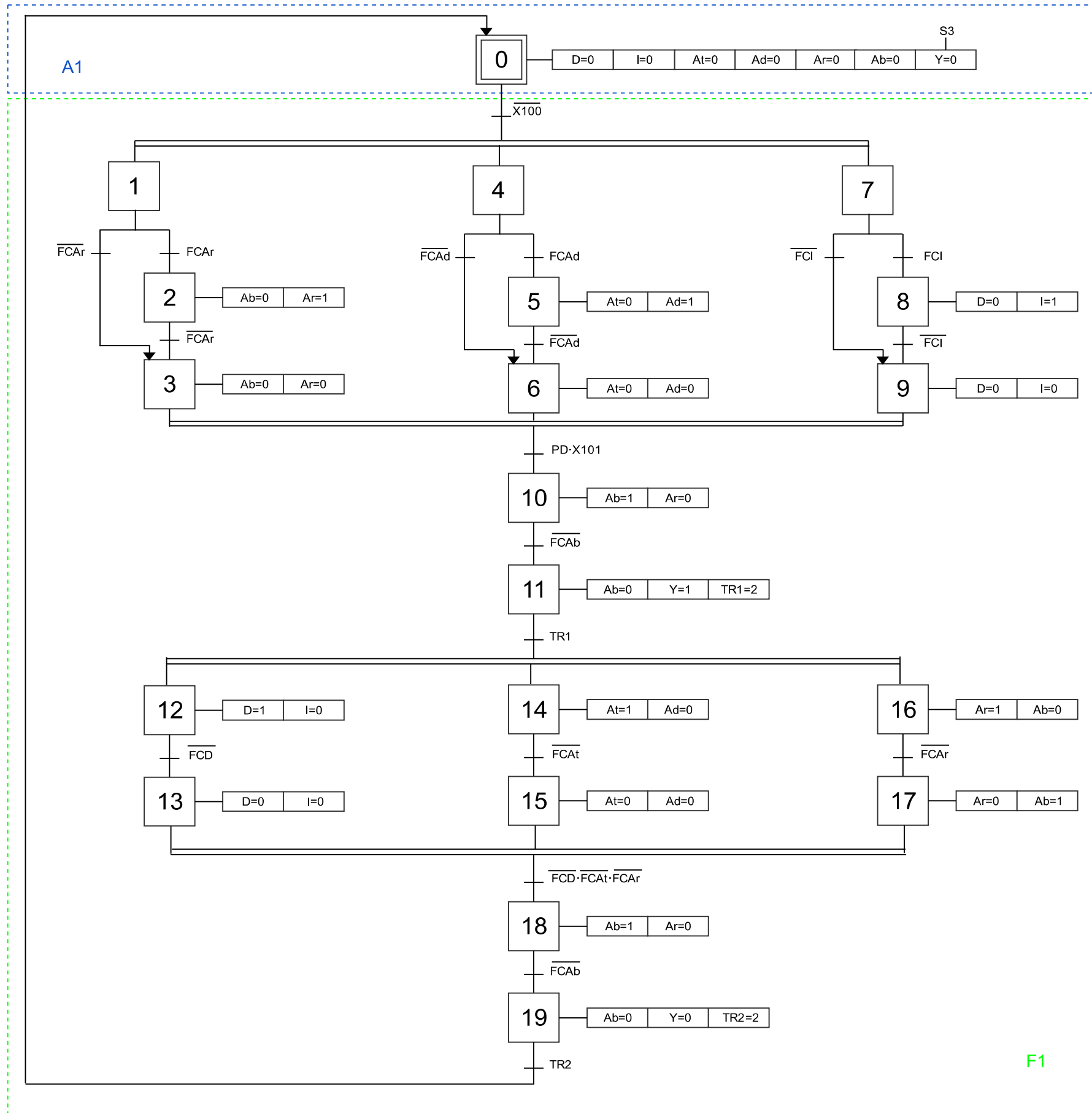
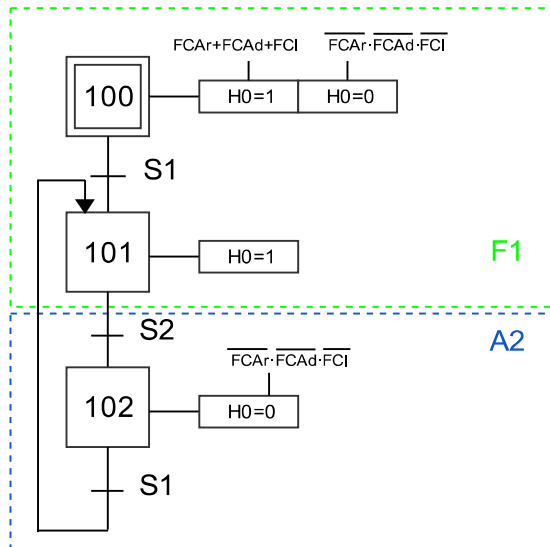
# GRAFSET" Puente Grúa Triaxial con desplazamientos en paralelo"

## GPRODUCCIÓN

### GSEGURIDAD



### GCONDUCCIÓN

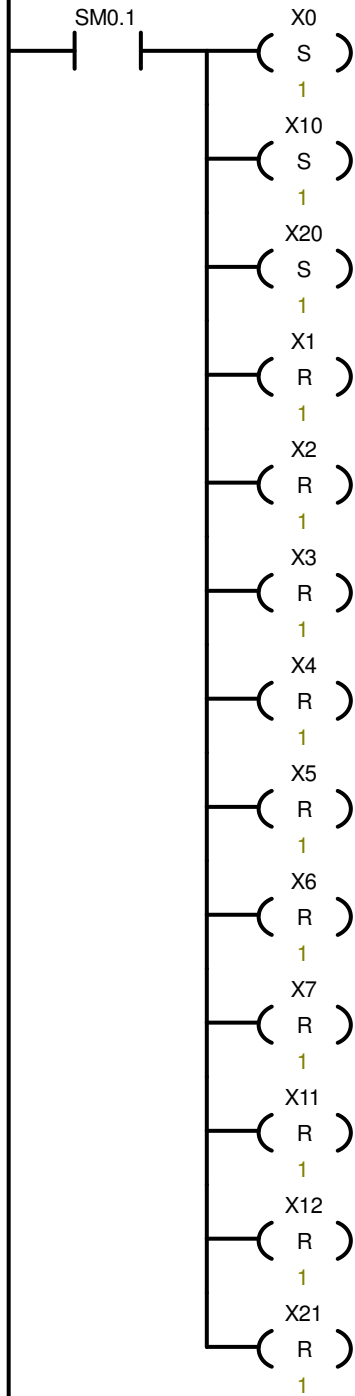


# ANEXO 3: KOP de planta “Elevador de palés”

ELEVADOR

Network 1 Inicialización

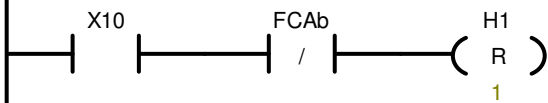
Todos los estados se encuentran desactivados excepto el 0, 10 y 20



Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X10	M10.0	Etapa 10
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4

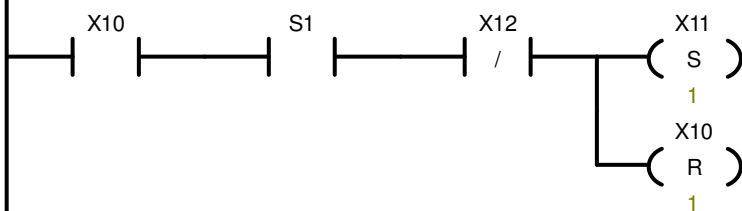
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 2** CONDUCCIÓN



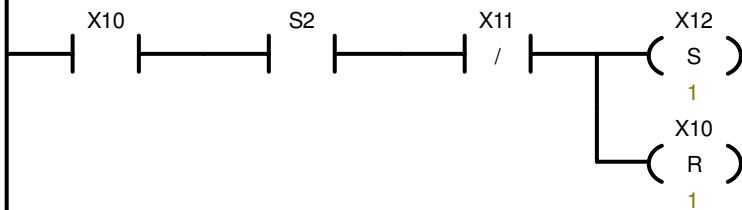
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAb	I0.4	Final de carrera elevador abajo
H1	Q0.7	Piloto
X10	M10.0	Etapa 10

**Network 3** CONDUCCIÓN



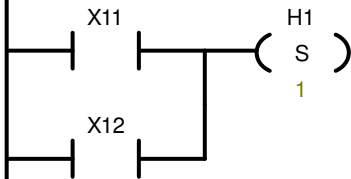
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	Proceso Arriba
X10	M10.0	Etapa 10
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12

**Network 4** CONDUCCIÓN



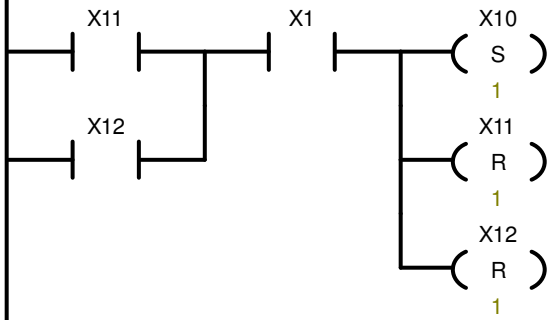
Símbolo	Dirección	Comentario
S2	I0.2	Proceso Abajo
X10	M10.0	Etapa 10
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12

**Network 5** CONDUCCIÓN



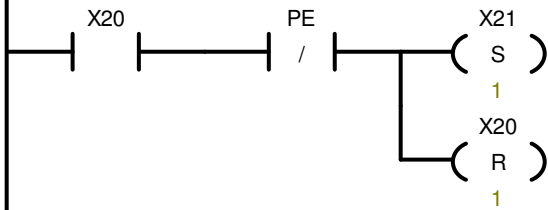
Símbolo	Dirección	Comentario
H1	Q0.7	Piloto
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12

**Network 6** CONDUCCIÓN

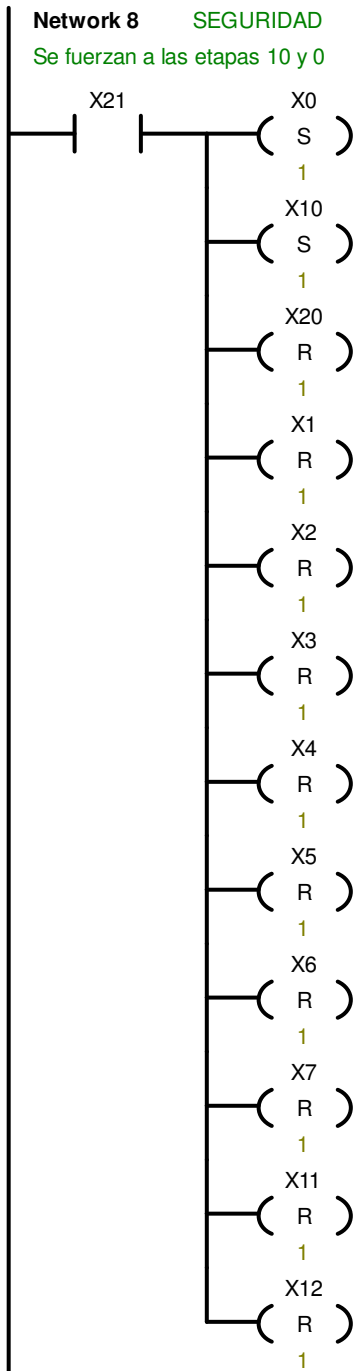


Símbolo	Dirección	Comentario
X1	M1.0	Etapa 1
X10	M10.0	Etapa 10
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12

**Network 7** SEGURIDAD

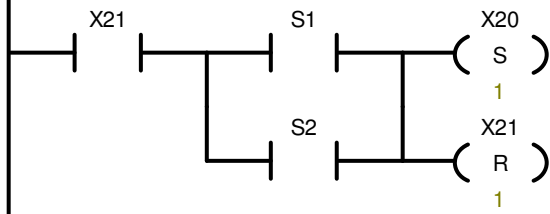


Símbolo	Dirección	Comentario
PE	I0.0	Parada Emergencia
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21



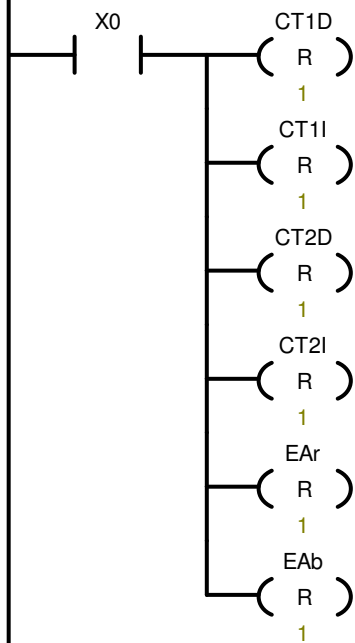
Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X10	M10.0	Etapa 10
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 9** SEGURIDAD



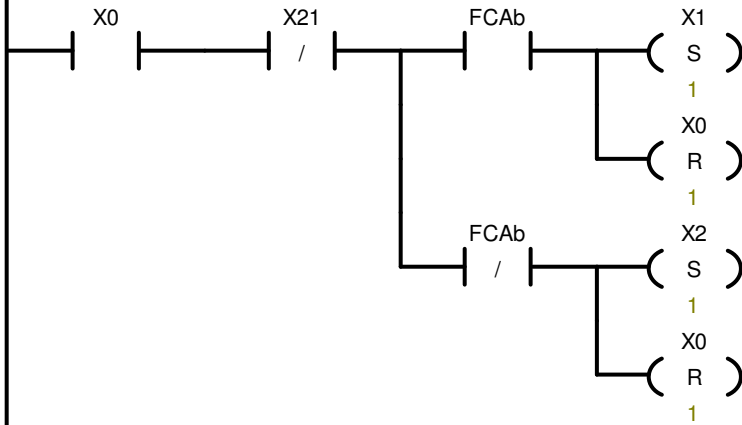
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	Proceso Arriba
S2	I0.2	Proceso Abajo
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21

**Network 10** PRODUCCIÓN



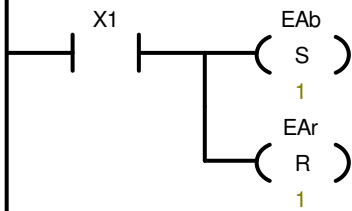
Símbolo	Dirección	Comentario
CT1D	Q0.1	Cinta transportadora 1 giro derecha
CT1I	Q0.2	Cinta transportadora 1 giro izquierda
CT2D	Q0.5	Cinta transportadora 2 giro derecha
CT2I	Q0.6	Cinta transportadora 2 giro izquierda
EAb	Q0.4	Elevador abajo
EAr	Q0.3	Elevador arriba
X0	M0.0	Etapa 0

**Network 11** PRODUCCIÓN



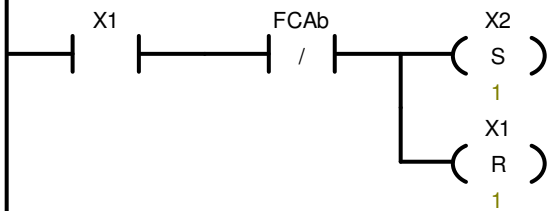
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAb	I0.4	Final de carrera elevador abajo
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X2	M2.0	Etapa 2
X21	M21.0	Etapa 21

**Network 12** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
EAb	Q0.4	Elevador abajo
EAr	Q0.3	Elevador arriba
X1	M1.0	Etapa 1

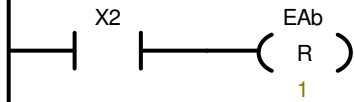
**Network 13** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
FCAb	I0.4	Final de carrera elevador abajo
X1	M1.0	Etapa 1
X2	M2.0	Etapa 2

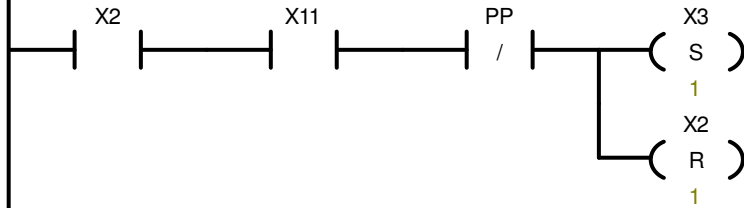


**Network 14** PRODUCCIÓN



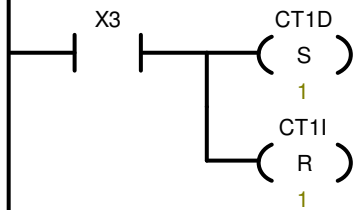
Símbolo	Dirección	Comentario
EAb	Q0.4	Elevador abajo
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 15** PRODUCCIÓN



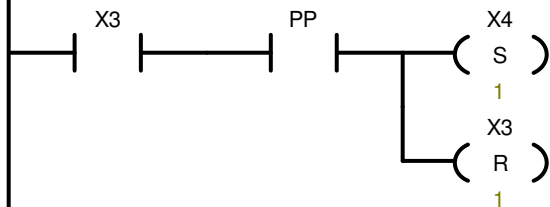
Símbolo	Dirección	Comentario
PP	I0.7	Objeto en plataforma elevadora
X11	M11.0	Etapa 11
X2	M2.0	Etapa 2
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 16** PRODUCCIÓN



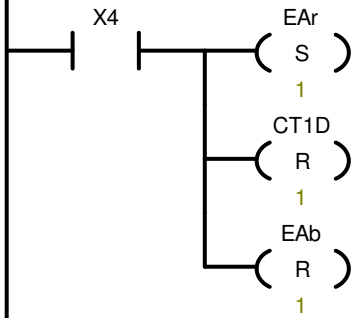
Símbolo	Dirección	Comentario
CT1D	Q0.1	Cinta transportadora 1 giro derecha
CT1I	Q0.2	Cinta transportadora 1 giro izquierda
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 17** PRODUCCIÓN



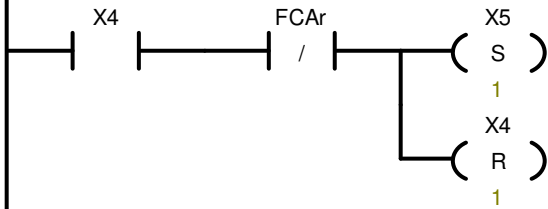
Símbolo	Dirección	Comentario
PP	I0.7	Objeto en plataforma elevadora
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4

**Network 18** PRODUCCIÓN



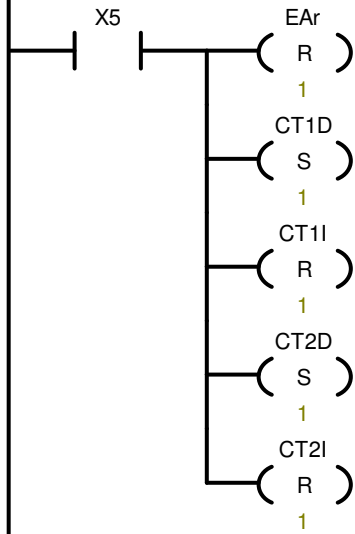
Símbolo	Dirección	Comentario
CT1D	Q0.1	Cinta transportadora 1 giro derecha
EAb	Q0.4	Elevador abajo
EAr	Q0.3	Elevador arriba
X4	M4.0	Etapa 4

**Network 19** PRODUCCIÓN



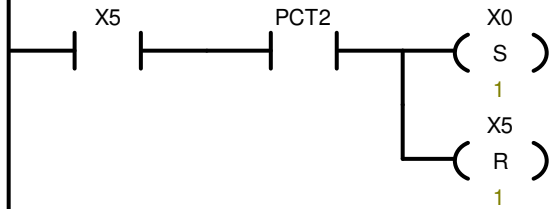
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAr	I0.5	Final de carrera elevador arriba
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5

**Network 20** PRODUCCIÓN



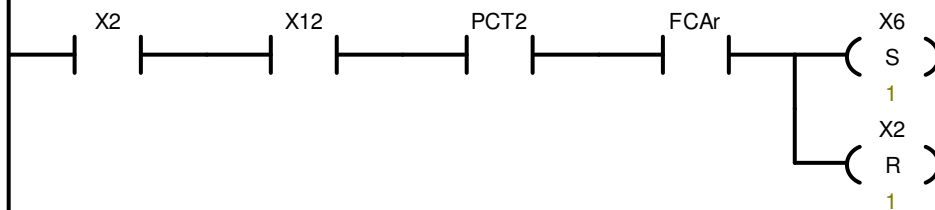
Símbolo	Dirección	Comentario
CT1D	Q0.1	Cinta transportadora 1 giro derecha
CT1I	Q0.2	Cinta transportadora 1 giro izquierda
CT2D	Q0.5	Cinta transportadora 2 giro derecha
CT2I	Q0.6	Cinta transportadora 2 giro izquierda
EAr	Q0.3	Elevador arriba
X5	M5.0	Etapa 5

**Network 21** PRODUCCIÓN



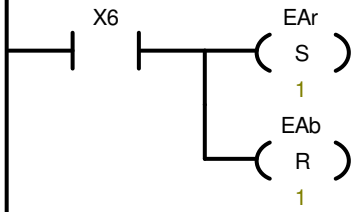
Símbolo	Dirección	Comentario
PCT2	I0.6	Objeto en final cinta transportadora 2
X0	M0.0	Etapa 0
X5	M5.0	Etapa 5

**Network 22** PRODUCCIÓN



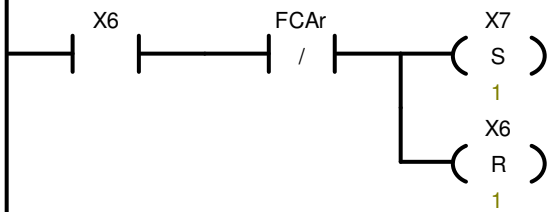
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAR	I0.5	Final de carrera elevador arriba
PCT2	I0.6	Objeto en final cinta transportadora 2
X12	M12.0	Etapa 12
X2	M2.0	Etapa 2
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 23** PRODUCCIÓN



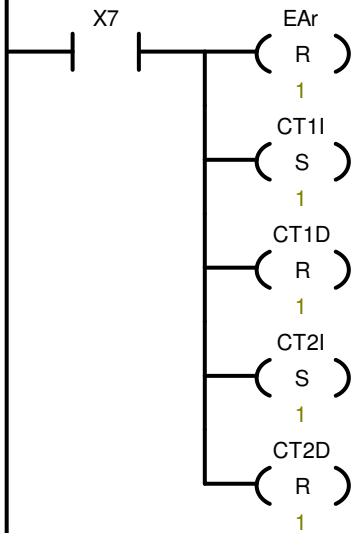
Símbolo	Dirección	Comentario
EAb	Q0.4	Elevador abajo
EAr	Q0.3	Elevador arriba
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 24** PRODUCCIÓN



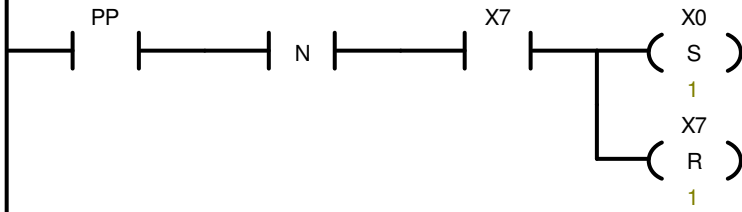
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAR	I0.5	Final de carrera elevador arriba
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 25** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
CT1D	Q0.1	Cinta transportadora 1 giro derecha
CT1I	Q0.2	Cinta transportadora 1 giro izquierda
CT2D	Q0.5	Cinta transportadora 2 giro derecha
CT2I	Q0.6	Cinta transportadora 2 giro izquierda
EAr	Q0.3	Elevador arriba
X7	M7.0	Etapa 7

Network 26 PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
PP	I0.7	Objeto en plataforma elevadora
X0	M0.0	Etapa 0
X7	M7.0	Etapa 7

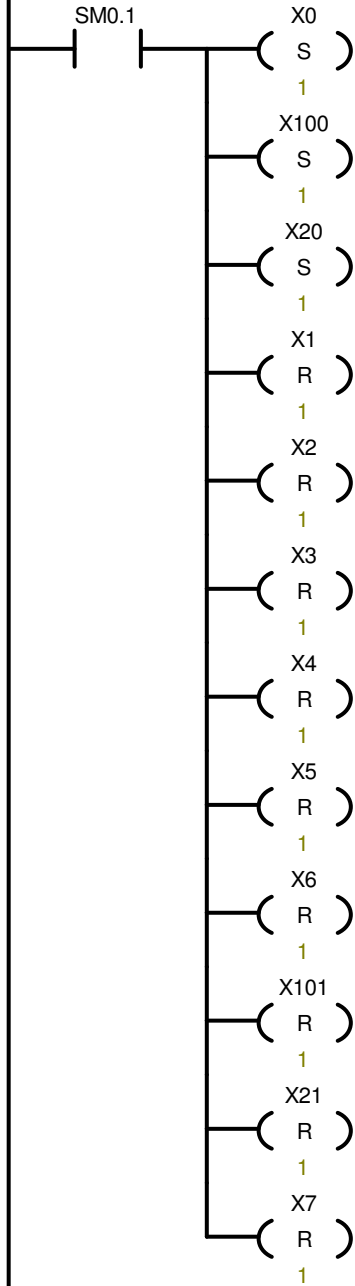
# ANEXO 4: KOP de planta

## “Puente Grúa biaxial con desplazamientos sucesivos”

PUENTE GRÚA BIAxIAL CON DESPLAZAMIENTOS SUCESIVOS

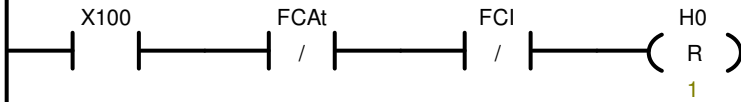
Network 1 Inicialización

Todos los estados se encuentran desactivados excepto el 0, 100 y 20



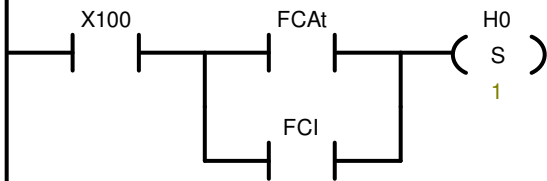
Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X100	M15.0	Etapa 100
X101	M16.0	Etapa 101
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 2** CONDUCCIÓN



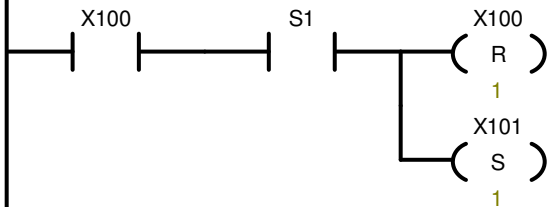
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M15.0	Etapa 100

**Network 3** CONDUCCIÓN



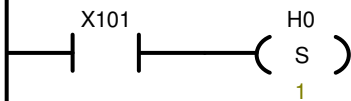
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M15.0	Etapa 100

**Network 4** CONDUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X100	M15.0	Etapa 100
X101	M16.0	Etapa 101

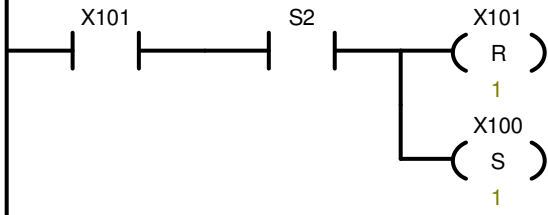
**Network 5** CONDUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X101	M16.0	Etapa 101

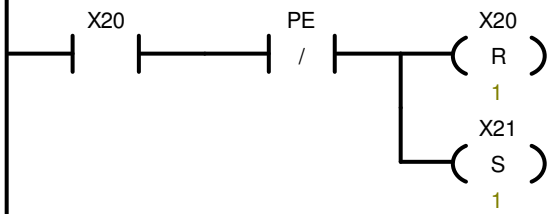


**Network 6**    **CONDUCCIÓN**

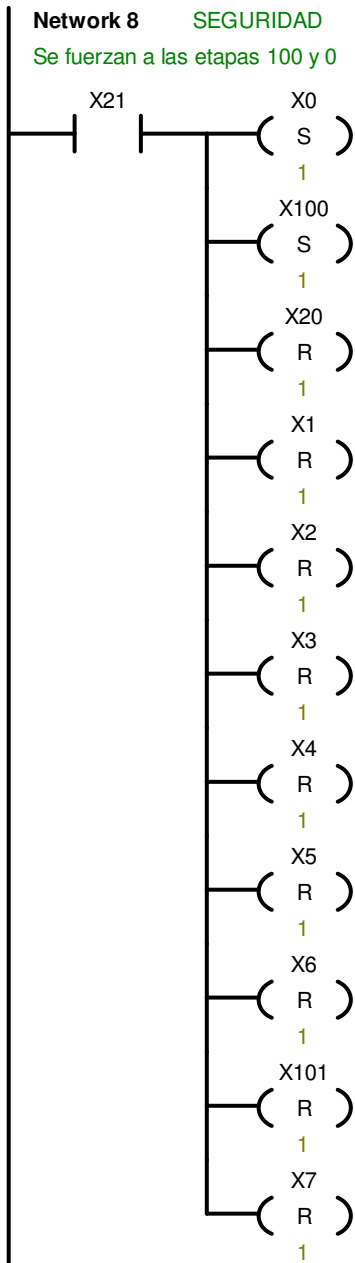


Símbolo	Dirección	Comentario
S2	I0.2	OFF
X100	M15.0	Etapa 100
X101	M16.0	Etapa 101

**Network 7**    **SEGURIDAD**

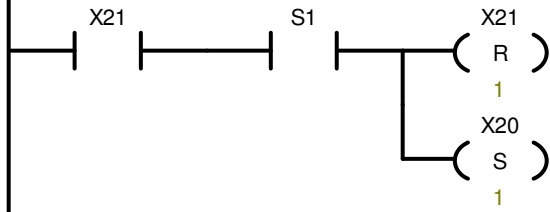


Símbolo	Dirección	Comentario
PE	I0.0	Parada de emergencia
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21



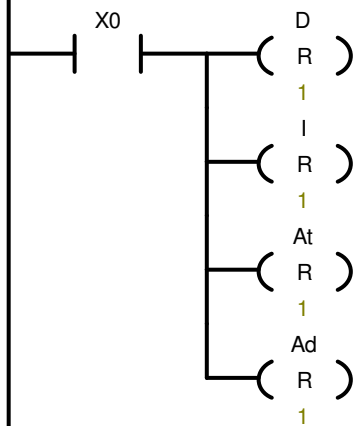
Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X100	M15.0	Etapa 100
X101	M16.0	Etapa 101
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 9** SEGURIDAD



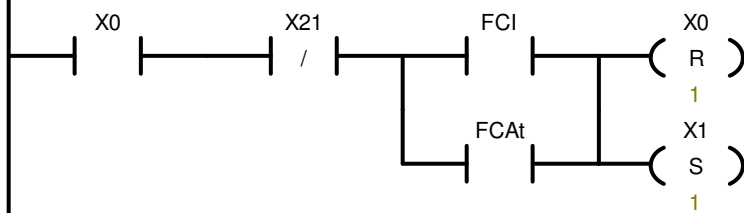
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21

**Network 10** PRODUCCIÓN



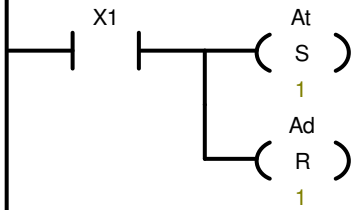
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X0	M0.0	Etapa 0

**Network 11** PRODUCCIÓN



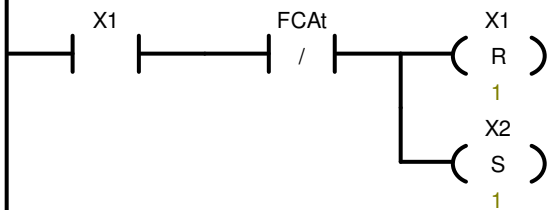
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X21	M21.0	Etapa 21

**Network 12** PRODUCCIÓN



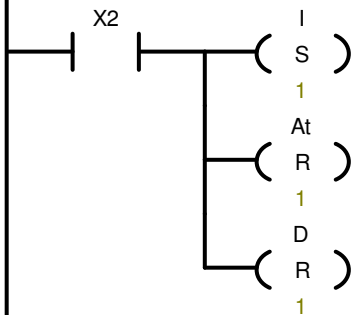
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X1	M1.0	Etapa 1

**Network 13** PRODUCCIÓN



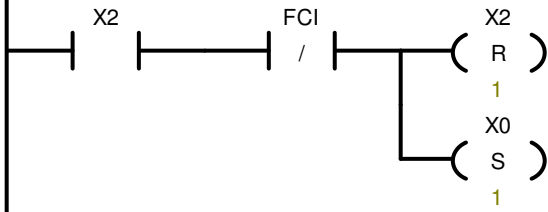
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
X1	M1.0	Etapa 1
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 14** PRODUCCIÓN



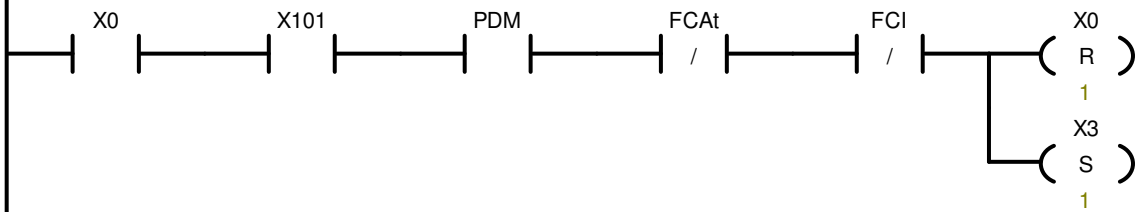
Símbolo	Dirección	Comentario
At	Q0.3	Brazo atrás
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 15** PRODUCCIÓN



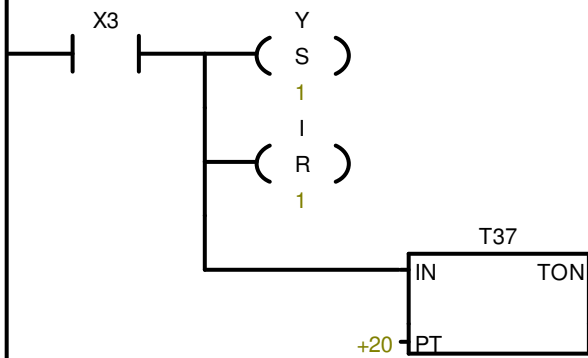
Símbolo	Dirección	Comentario
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
X0	M0.0	Etapa 0
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 16** PRODUCCIÓN



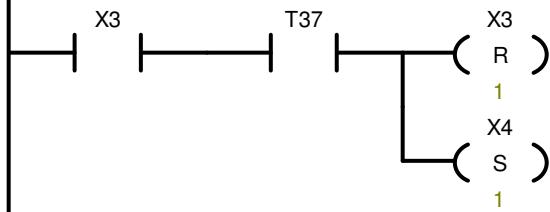
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
PDM	I1.2	Pieza disponible en mesa
X0	M0.0	Etapa 0
X101	M16.0	Etapa 101
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 17** PRODUCCIÓN



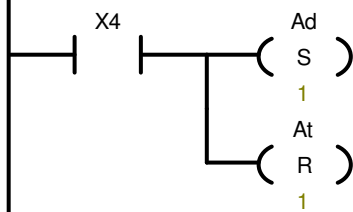
Símbolo	Dirección	Comentario
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X3	M3.0	Etapa 3
Y	Q0.5	Imán de carga

**Network 18** PRODUCCIÓN



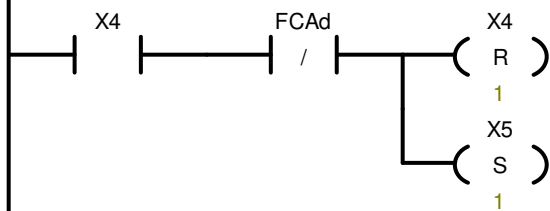
Símbolo	Dirección	Comentario
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4

**Network 19** PRODUCCIÓN



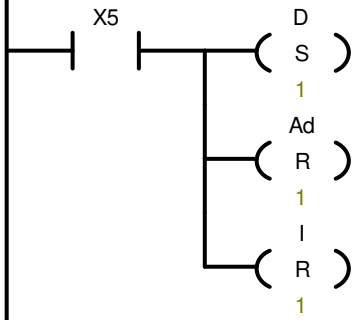
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X4	M4.0	Etapa 4

**Network 20** PRODUCCIÓN



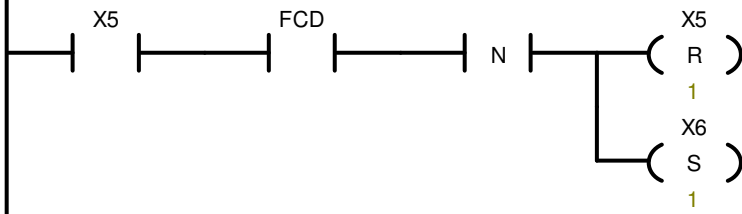
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAd	I0.7	Final de carrera adelante
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5

**Network 21** PRODUCCIÓN



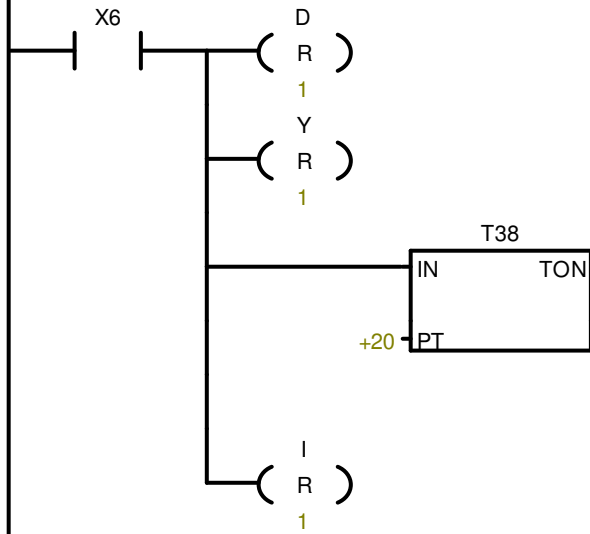
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X5	M5.0	Etapa 5

**Network 22** PRODUCCIÓN



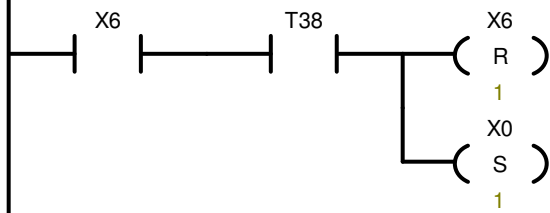
Símbolo	Dirección	Comentario
FCD	I0.4	Final de carrera derecha
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 23** PRODUCCIÓN



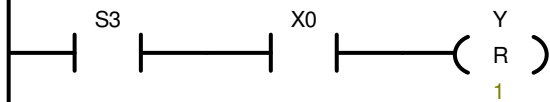
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X6	M6.0	Etapa 6
Y	Q0.5	Imán de carga

**Network 24** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 25**



Símbolo	Dirección	Comentario
S3	I0.3	Pulsador S3
X0	M0.0	Etapa 0
Y	Q0.5	Imán de carga

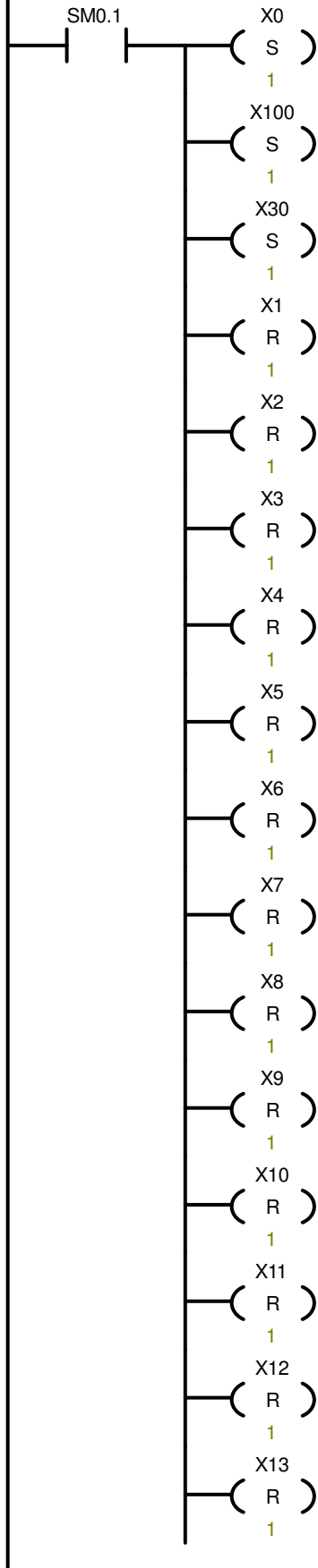


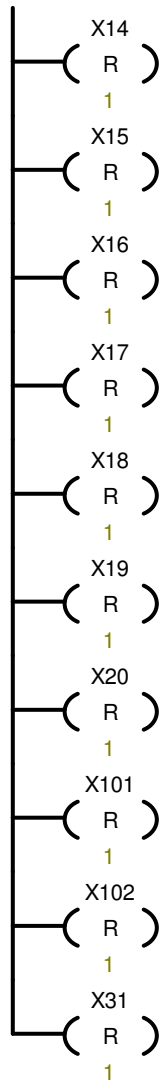
# ANEXO 5: KOP de planta “Puente Grúa biaxial con desplazamientos en paralelo”

PUENTE GRÚA BIAxIAL CON DESPLAZAMIENTOS EN PARALELO

Network 1 Inicialización

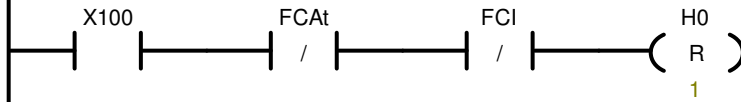
Todos los estados se encuentran desactivados excepto el 0, 100 y 30





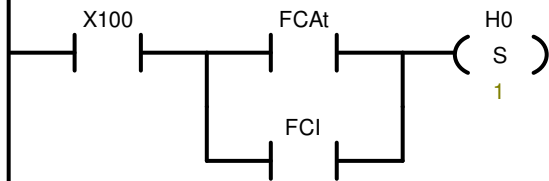
Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X10	M10.0	Etapa 10
X100	M25.0	Etapa 100
X101	M26.0	Etapa 101
X102	M27.0	Etapa 102
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12
X13	M13.0	Etapa 13
X14	M14.0	Etapa 14
X15	M15.0	Etapa 15
X16	M16.0	Etapa 16
X17	M17.0	Etapa 17
X18	M18.0	Etapa 18
X19	M19.0	Etapa 19
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X3	M3.0	Etapa 3
X30	M30.0	Etapa 30
X31	M31.0	Etapa 31
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 2** CONDUCCIÓN



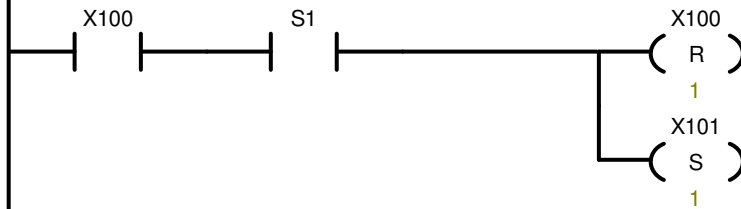
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M25.0	Etapa 100

**Network 3** CONDUCCIÓN



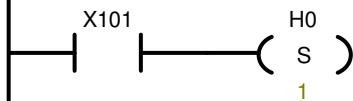
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M25.0	Etapa 100

**Network 4** CONDUCCIÓN



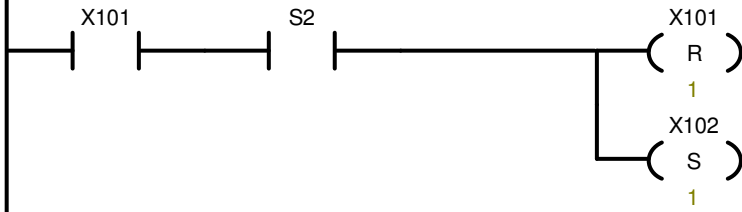
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X100	M25.0	Etapa 100
X101	M26.0	Etapa 101

**Network 5** CONDUCCIÓN



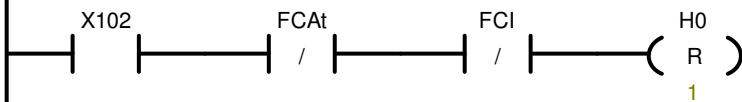
Símbolo	Dirección	Comentario
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X101	M26.0	Etapa 101

**Network 6** CONDUCCIÓN



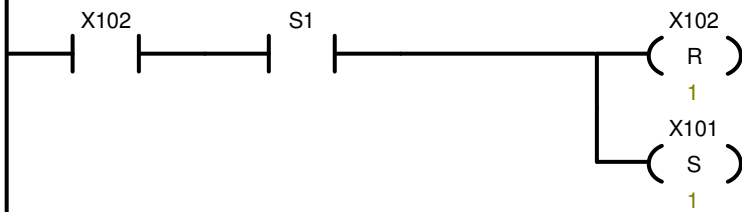
Símbolo	Dirección	Comentario
S2	I0.2	OFF
X101	M26.0	Etapa 101
X102	M27.0	Etapa 102

**Network 7** CONDUCCIÓN



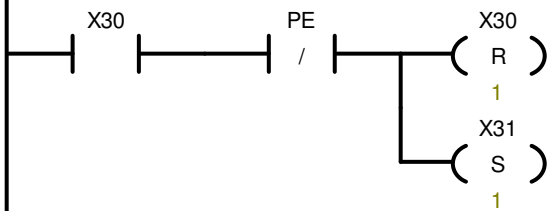
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X102	M27.0	Etapa 102

**Network 8** CONDUCCIÓN

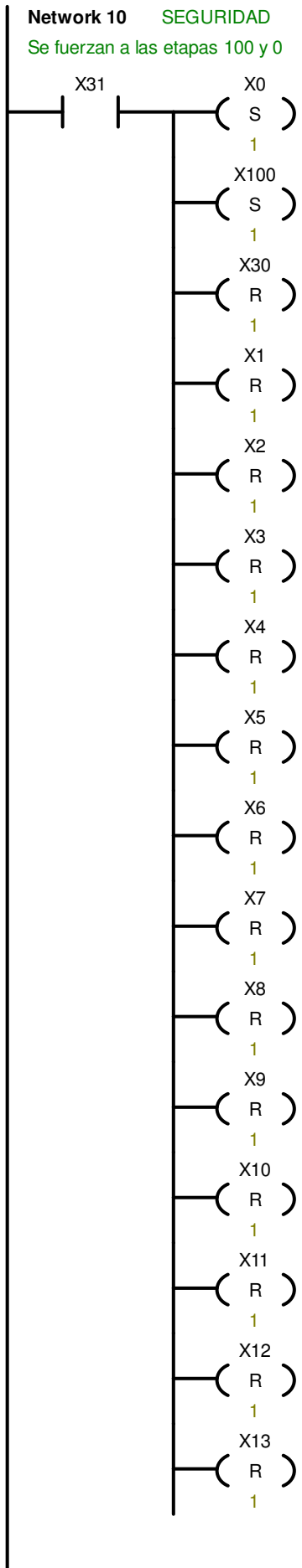


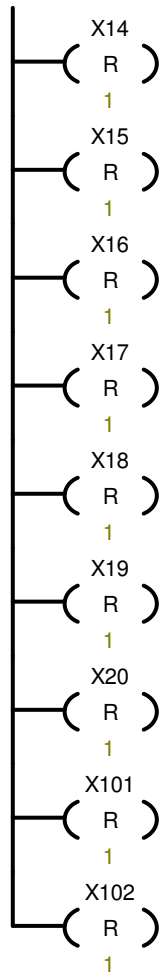
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X101	M26.0	Etapa 101
X102	M27.0	Etapa 102

**Network 9** SEGURIDAD



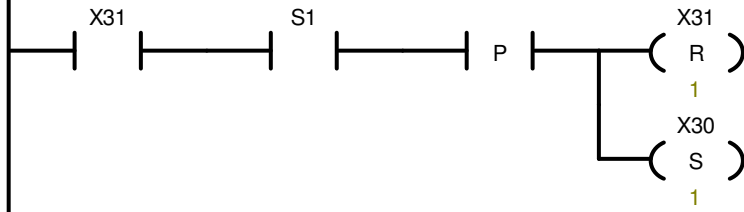
Símbolo	Dirección	Comentario
PE	I0.0	Parada de emergencia
X30	M30.0	Etapa 30
X31	M31.0	Etapa 31





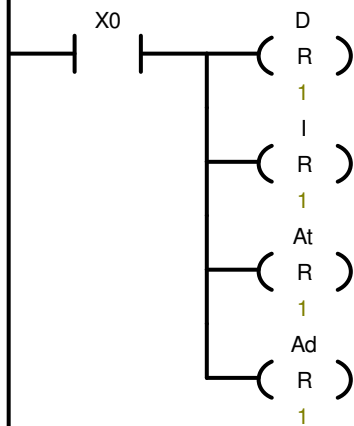
Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X10	M10.0	Etapa 10
X100	M25.0	Etapa 100
X101	M26.0	Etapa 101
X102	M27.0	Etapa 102
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12
X13	M13.0	Etapa 13
X14	M14.0	Etapa 14
X15	M15.0	Etapa 15
X16	M16.0	Etapa 16
X17	M17.0	Etapa 17
X18	M18.0	Etapa 18
X19	M19.0	Etapa 19
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X3	M3.0	Etapa 3
X30	M30.0	Etapa 30
X31	M31.0	Etapa 31
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 11** SEGURIDAD



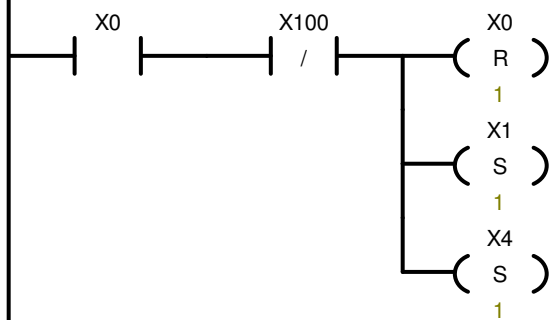
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X30	M30.0	Etapa 30
X31	M31.0	Etapa 31

**Network 12** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X0	M0.0	Etapa 0

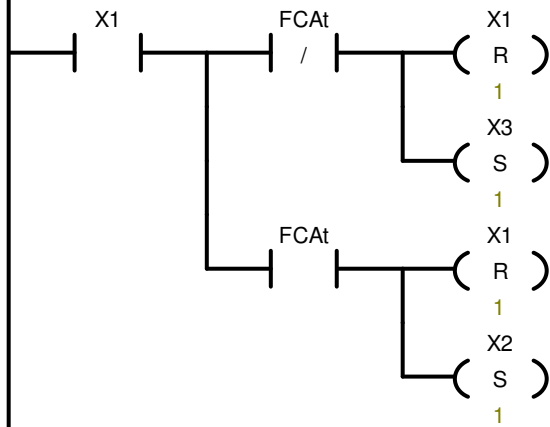
**Network 13** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X100	M25.0	Etapa 100
X4	M4.0	Etapa 4

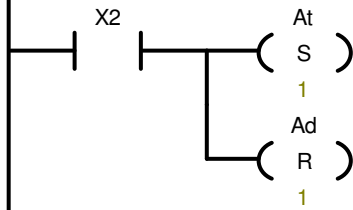


**Network 14** PRODUCCIÓN



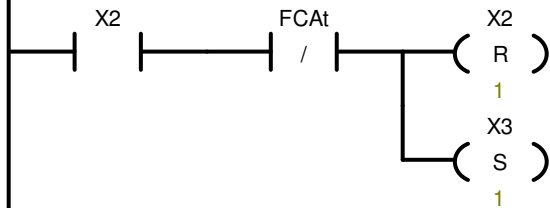
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
X1	M1.0	Etapa 1
X2	M2.0	Etapa 2
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 15** PRODUCCIÓN



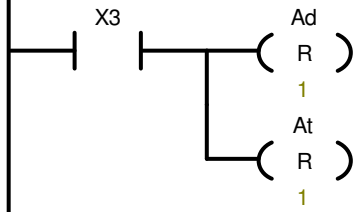
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 16** PRODUCCIÓN



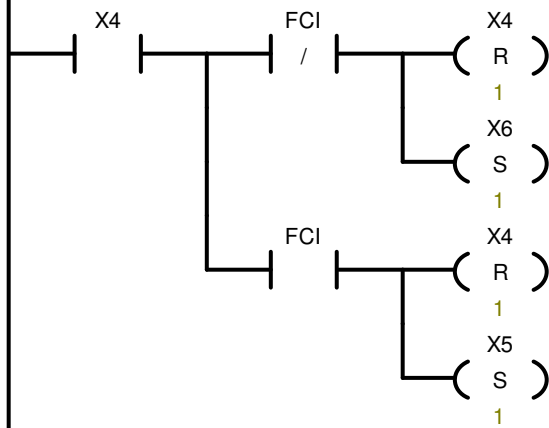
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
X2	M2.0	Etapa 2
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 17** PRODUCCIÓN



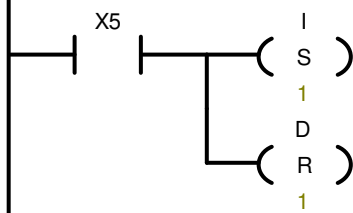
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 18** PRODUCCIÓN



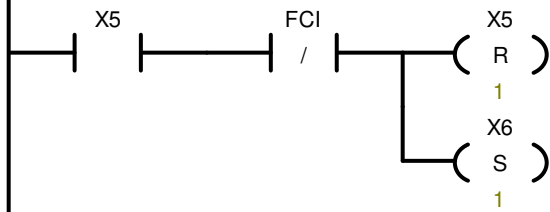
Símbolo	Dirección	Comentario
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 19** PRODUCCIÓN



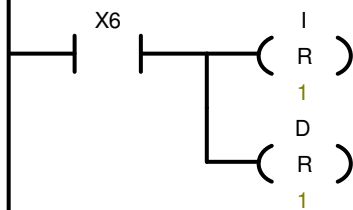
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X5	M5.0	Etapa 5

**Network 20** PRODUCCIÓN



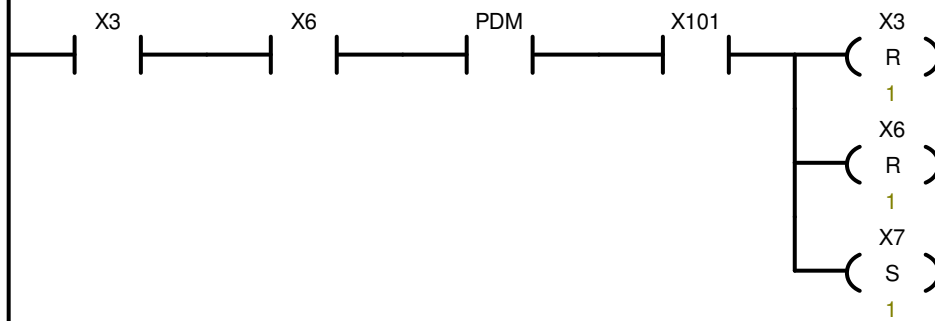
Símbolo	Dirección	Comentario
FCI	I0.5	Final de carrera izquierda
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 21** PRODUCCIÓN



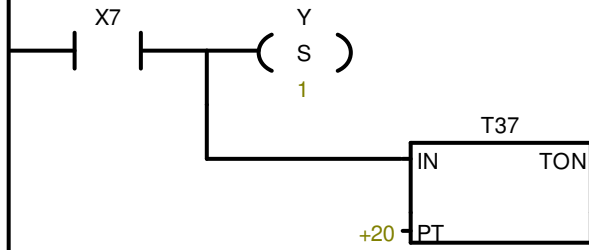
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 22** PRODUCCIÓN



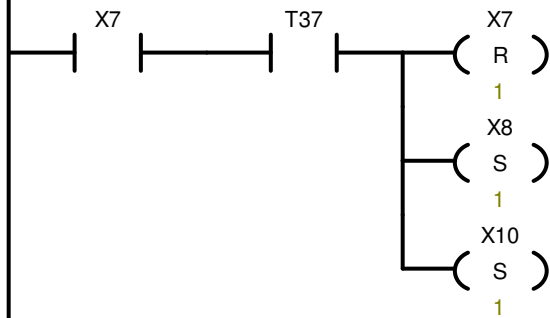
Símbolo	Dirección	Comentario
PDM	I1.2	Pieza disponible en mesa
X101	M26.0	Etapa 101
X3	M3.0	Etapa 3
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 23** PRODUCCIÓN



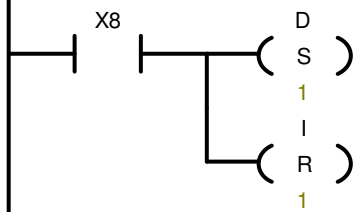
Símbolo	Dirección	Comentario
X7	M7.0	Etapa 7
Y	Q0.5	Imán de carga

**Network 24** PRODUCCIÓN



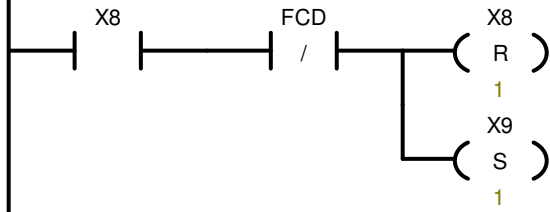
Símbolo	Dirección	Comentario
X10	M10.0	Etapa 10
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8

**Network 25** PRODUCCIÓN



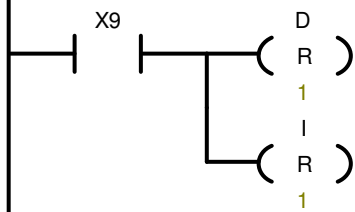
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X8	M8.0	Etapa 8

**Network 26** PRODUCCIÓN



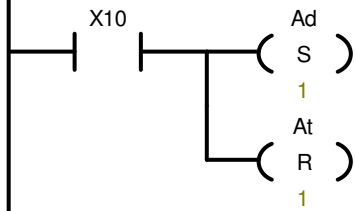
Símbolo	Dirección	Comentario
FCD	I0.4	Final de carrera derecha
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 27** PRODUCCIÓN



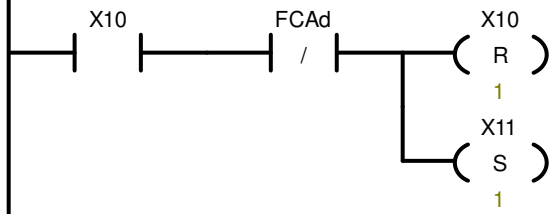
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 28** PRODUCCIÓN



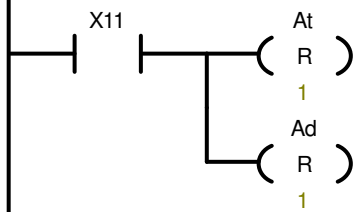
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X10	M10.0	Etapa 10

**Network 29** PRODUCCIÓN



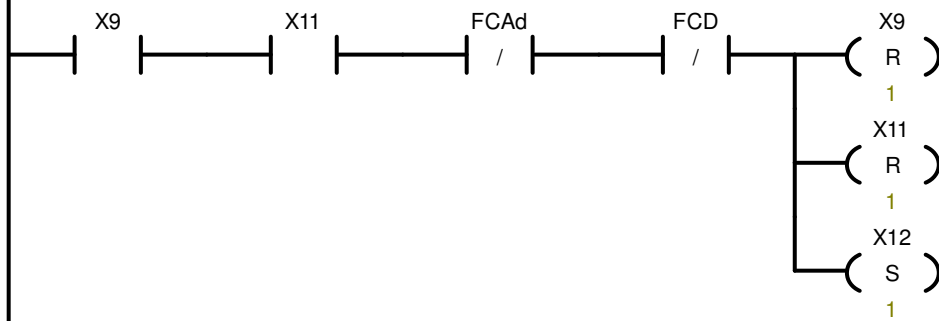
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAd	I0.7	Final de carrera adelante
X10	M10.0	Etapa 10
X11	M11.0	Etapa 11

**Network 30** PRODUCCIÓN



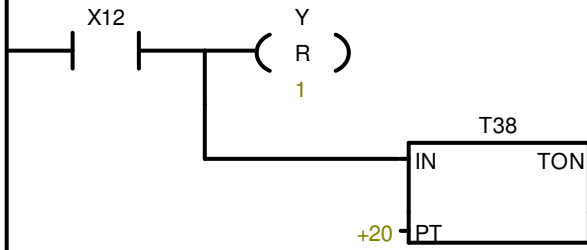
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X11	M11.0	Etapa 11

**Network 31** PRODUCCIÓN



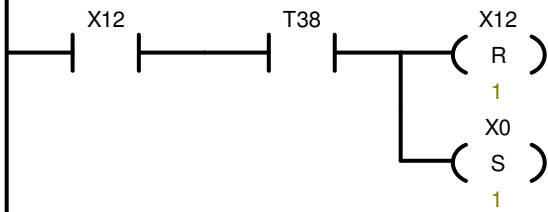
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAd	I0.7	Final de carrera adelante
FCD	I0.4	Final de carrera derecha
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 32** PRODUCCIÓN



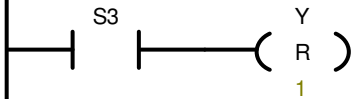
Símbolo	Dirección	Comentario
X12	M12.0	Etapa 12
Y	Q0.5	Imán de carga

**Network 33**



Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X12	M12.0	Etapa 12

**Network 34** Network Title  
Network Comment



Símbolo	Dirección	Comentario
S3	I0.3	Pulsador S3
Y	Q0.5	Imán de carga

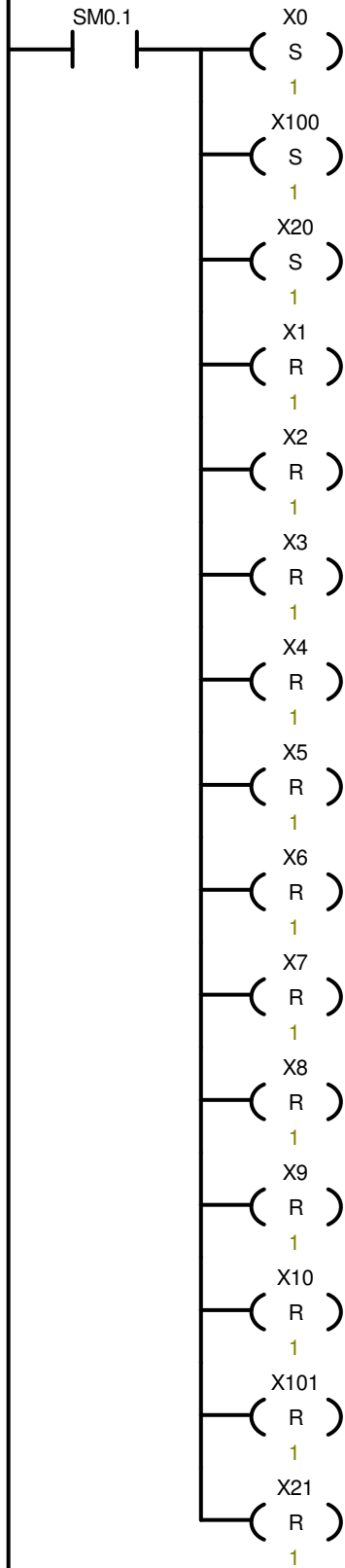
**ANEXO 6: KOP de planta  
“Puente Grúa Triaxial con  
desplazamientos  
secuenciales”**



PUENTE GRÚA TRIAXIAL CON DESPLAZAMIENTOS SUCESIVOS

Network 1 Inicialización

Todos los estados se encuentran desactivados excepto el 0, 100 y 20



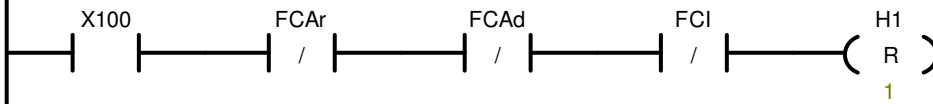
Símbolo  
X0  
X1

Dirección  
M0.0  
M1.0

Comentario  
Etapa 0  
Etapa 1

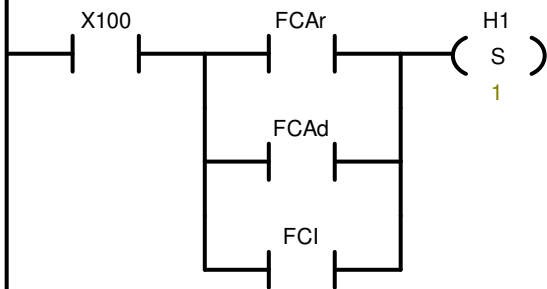
X10	M10.0	Etapa 10
X100	M15.0	Etapa 100
X101	M16.0	Etapa 101
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 2** CONDUCCIÓN



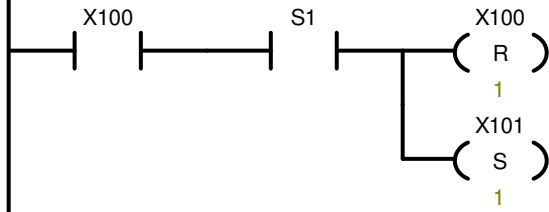
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAAd	I0.7	Final de carrera adelante
FCAR	I1.0	Final de carrera arriba
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
H1	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M15.0	Etapa 100

**Network 3** CONDUCCIÓN



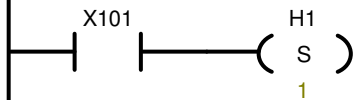
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAAd	I0.7	Final de carrera adelante
FCAR	I1.0	Final de carrera arriba
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
H1	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M15.0	Etapa 100

**Network 4** CONDUCCIÓN



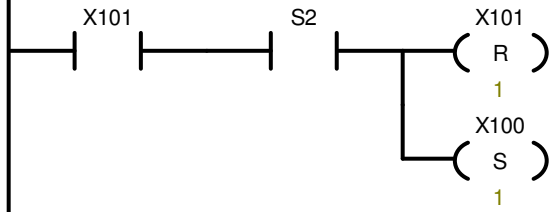
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X100	M15.0	Etapa 100
X101	M16.0	Etapa 101

**Network 5** CONDUCCIÓN



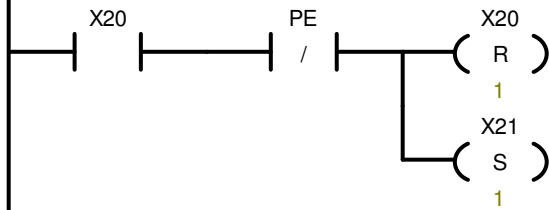
Símbolo	Dirección	Comentario
H1	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X101	M16.0	Etapa 101

**Network 6** CONDUCCIÓN

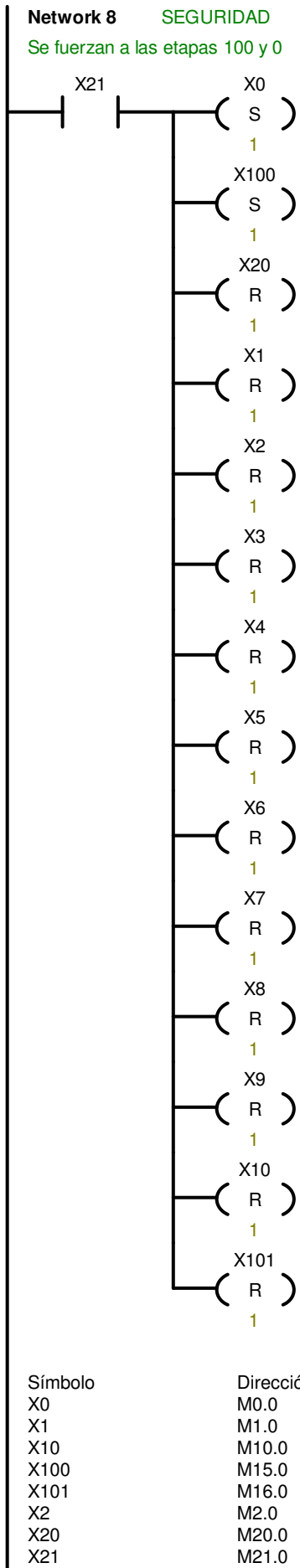


Símbolo	Dirección	Comentario
S2	I0.2	OFF
X100	M15.0	Etapa 100
X101	M16.0	Etapa 101

**Network 7** SEGURIDAD

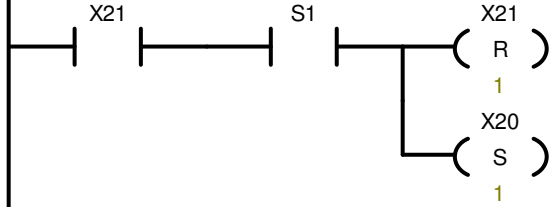


Símbolo	Dirección	Comentario
PE	I0.0	Parada de emergencia
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21



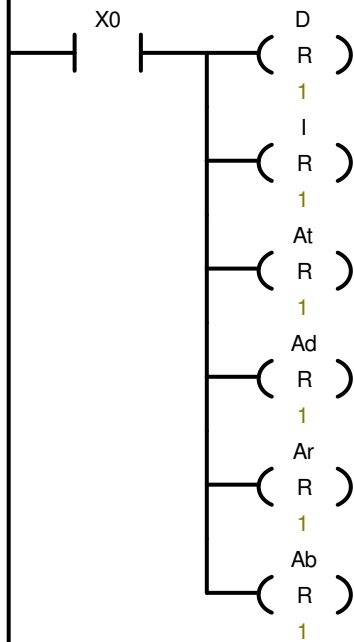
X3	M3.0	Etapa 3
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 9** SEGURIDAD



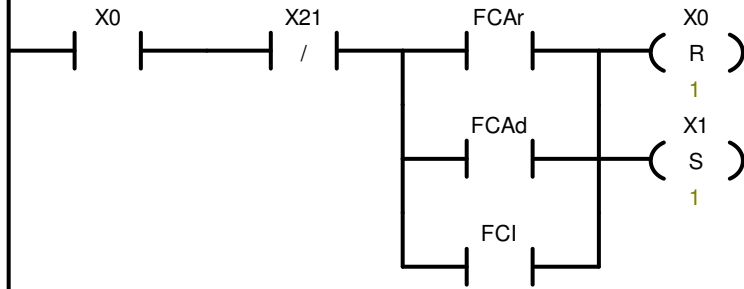
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X20	M20.0	Etapa 20
X21	M21.0	Etapa 21

**Network 10** PRODUCCIÓN



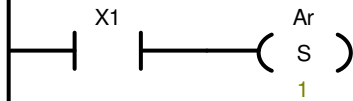
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ad	Q0.4	Brazo adelante
Ar	Q0.5	Brazo arriba
At	Q0.3	Brazo atrás
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X0	M0.0	Etapa 0

**Network 11** PRODUCCIÓN



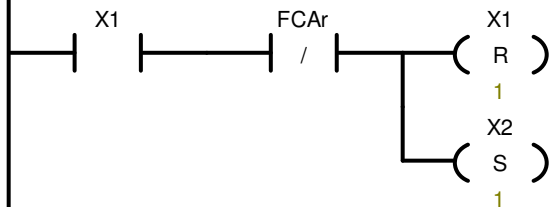
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAd	I0.7	Final de carrera adelante
FCAr	I1.0	Final de carrera arriba
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X21	M21.0	Etapa 21

**Network 12** PRODUCCIÓN



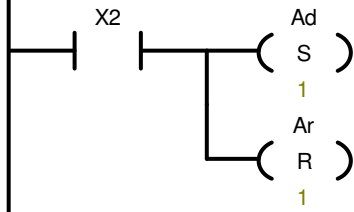
Símbolo	Dirección	Comentario
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X1	M1.0	Etapa 1

**Network 13** PRODUCCIÓN



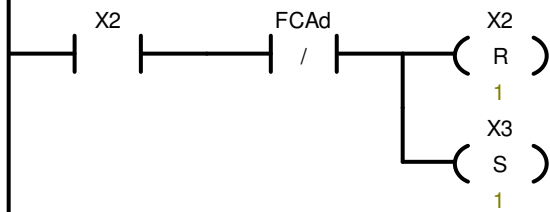
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAr	I1.0	Final de carrera arriba
X1	M1.0	Etapa 1
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 14** PRODUCCIÓN



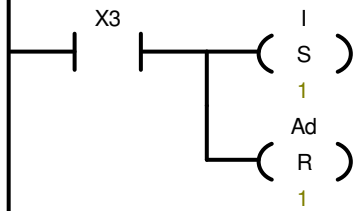
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 15** PRODUCCIÓN



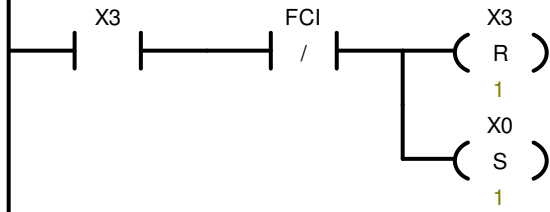
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAAd	I0.7	Final de carrera adelante
X2	M2.0	Etapa 2
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 16** PRODUCCIÓN



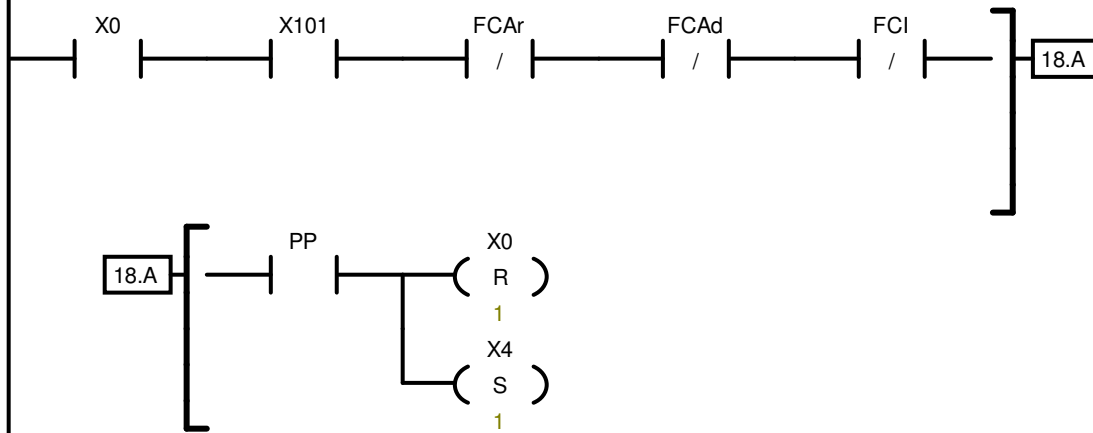
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 17** PRODUCCIÓN



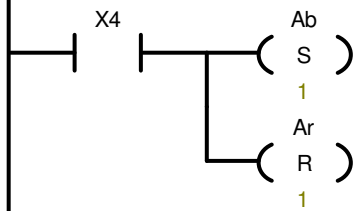
Símbolo	Dirección	Comentario
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
X0	M0.0	Etapa 0
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 18** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
FCAD	I0.7	Final de carrera adelante
FCAR	I1.0	Final de carrera arriba
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
PP	I1.2	Pieza disponible en mesa
X0	M0.0	Etapa 0
X101	M16.0	Etapa 101
X4	M4.0	Etapa 4

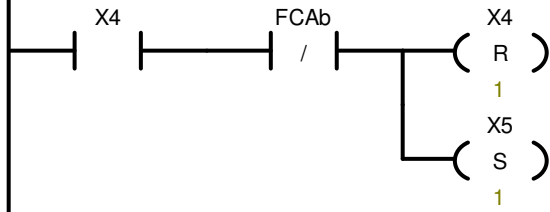
**Network 19** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X4	M4.0	Etapa 4

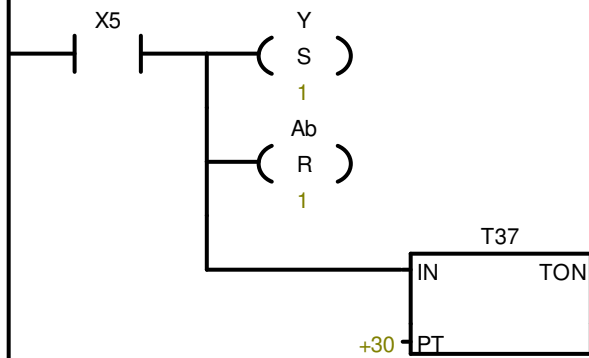


**Network 20** PRODUCCIÓN



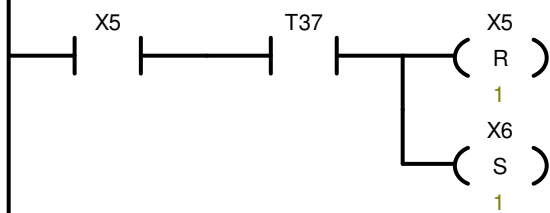
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAb	I1.1	Final de carrera abajo
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5

**Network 21** PRODUCCIÓN



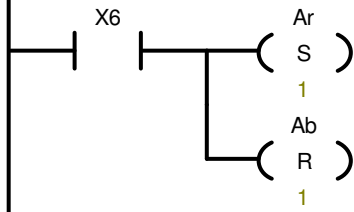
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
X5	M5.0	Etapa 5
Y	Q0.7	Imán de carga

**Network 22** PRODUCCIÓN



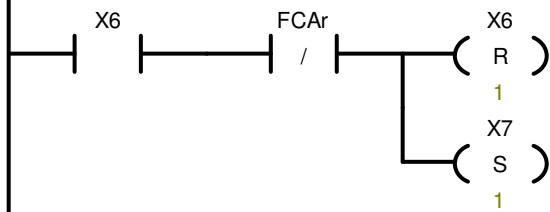
Símbolo	Dirección	Comentario
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 23** PRODUCCIÓN



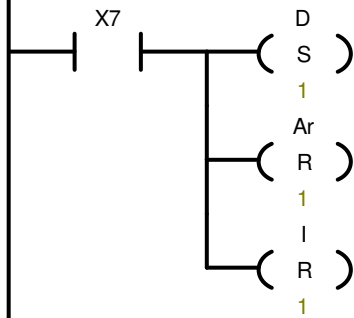
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 24** PRODUCCIÓN



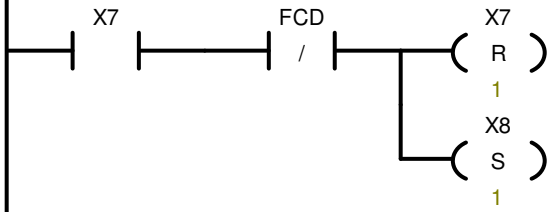
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAR	I1.0	Final de carrera arriba
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 25** PRODUCCIÓN



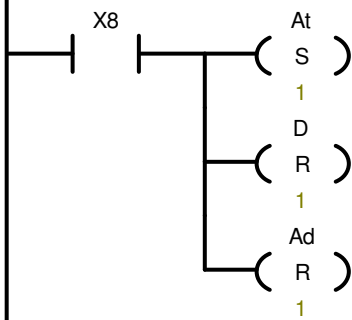
Símbolo	Dirección	Comentario
Ar	Q0.5	Brazo arriba
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 26** PRODUCCIÓN



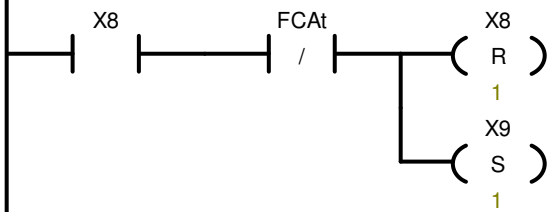
Símbolo	Dirección	Comentario
FCD	I0.5	Final de carrera derecha
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8

**Network 27** PRODUCCIÓN



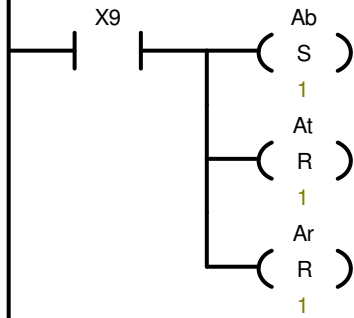
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
D	Q0.1	Brazo a derecha
X8	M8.0	Etapa 8

**Network 28** PRODUCCIÓN



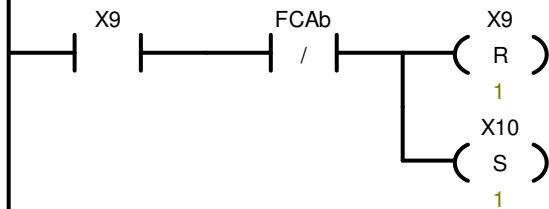
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 29** PRODUCCIÓN



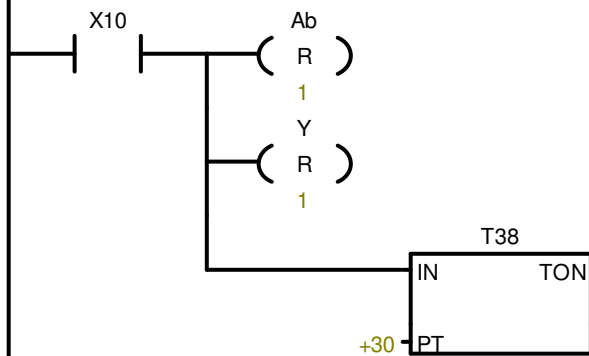
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
At	Q0.3	Brazo atrás
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 30** PRODUCCIÓN



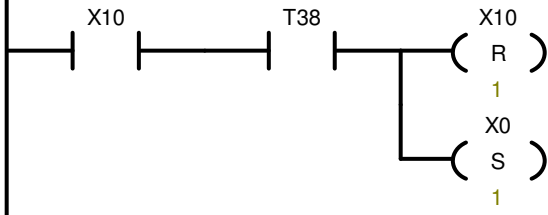
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAb	I1.1	Final de carrera abajo
X10	M10.0	Etapa 10
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 31** PRODUCCIÓN



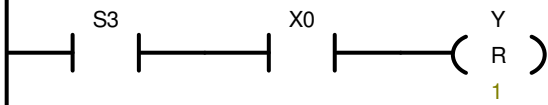
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
X10	M10.0	Etapa 10
Y	Q0.7	Imán de carga

**Network 32** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X10	M10.0	Etapa 10

**Network 33** PRODUCCIÓN



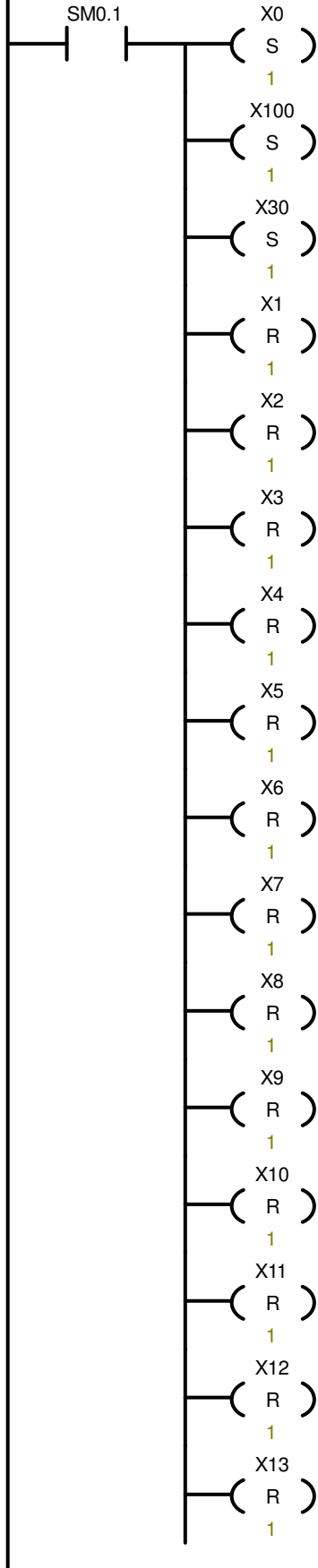
Símbolo	Dirección	Comentario
S3	I0.3	Pulsador S3
X0	M0.0	Etapa 0
Y	Q0.7	Imán de carga

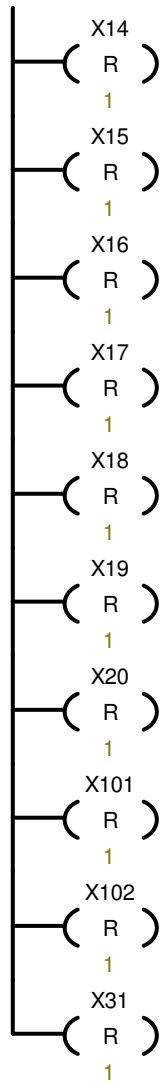
# ANEXO 7: KOP de planta “Puente Grúa Triaxial con desplazamientos en paralelo”

PUENTE GRÚA TRIAXIAL CON DESPLAZAMIENTOS EN PARALELO

Network 1 Inicialización

Todos los estados se encuentran desactivados excepto el 0, 100 y 30

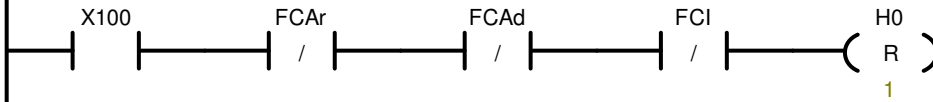




Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X10	M10.0	Etapa 10
X100	M25.0	Etapa 100
X101	M26.0	Etapa 101
X102	M27.0	Etapa 102
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12
X13	M13.0	Etapa 13
X14	M14.0	Etapa 14
X15	M15.0	Etapa 15
X16	M16.0	Etapa 16
X17	M17.0	Etapa 17
X18	M18.0	Etapa 18
X19	M19.0	Etapa 19
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X3	M3.0	Etapa 3
X30	M30.0	Etapa 30
X31	M31.0	Etapa 31
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

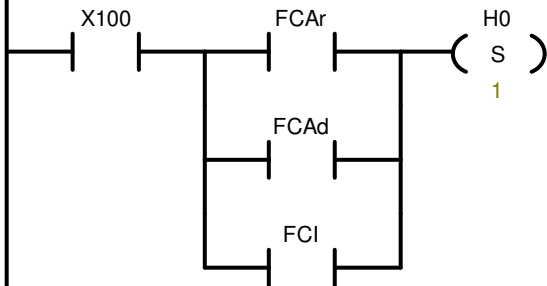


**Network 2** CONDUCCIÓN



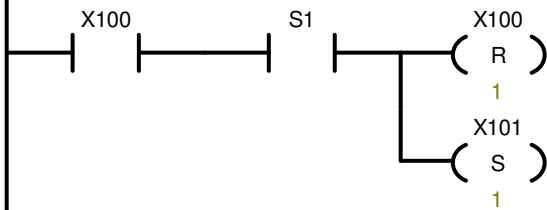
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAd	I0.7	Final de carrera adelante
FCAr	I1.0	Final de carrera arriba
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M25.0	Etapa 100

**Network 3** CONDUCCIÓN



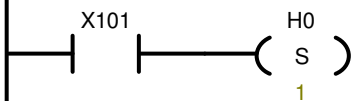
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAd	I0.7	Final de carrera adelante
FCAr	I1.0	Final de carrera arriba
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X100	M25.0	Etapa 100

**Network 4** CONDUCCIÓN

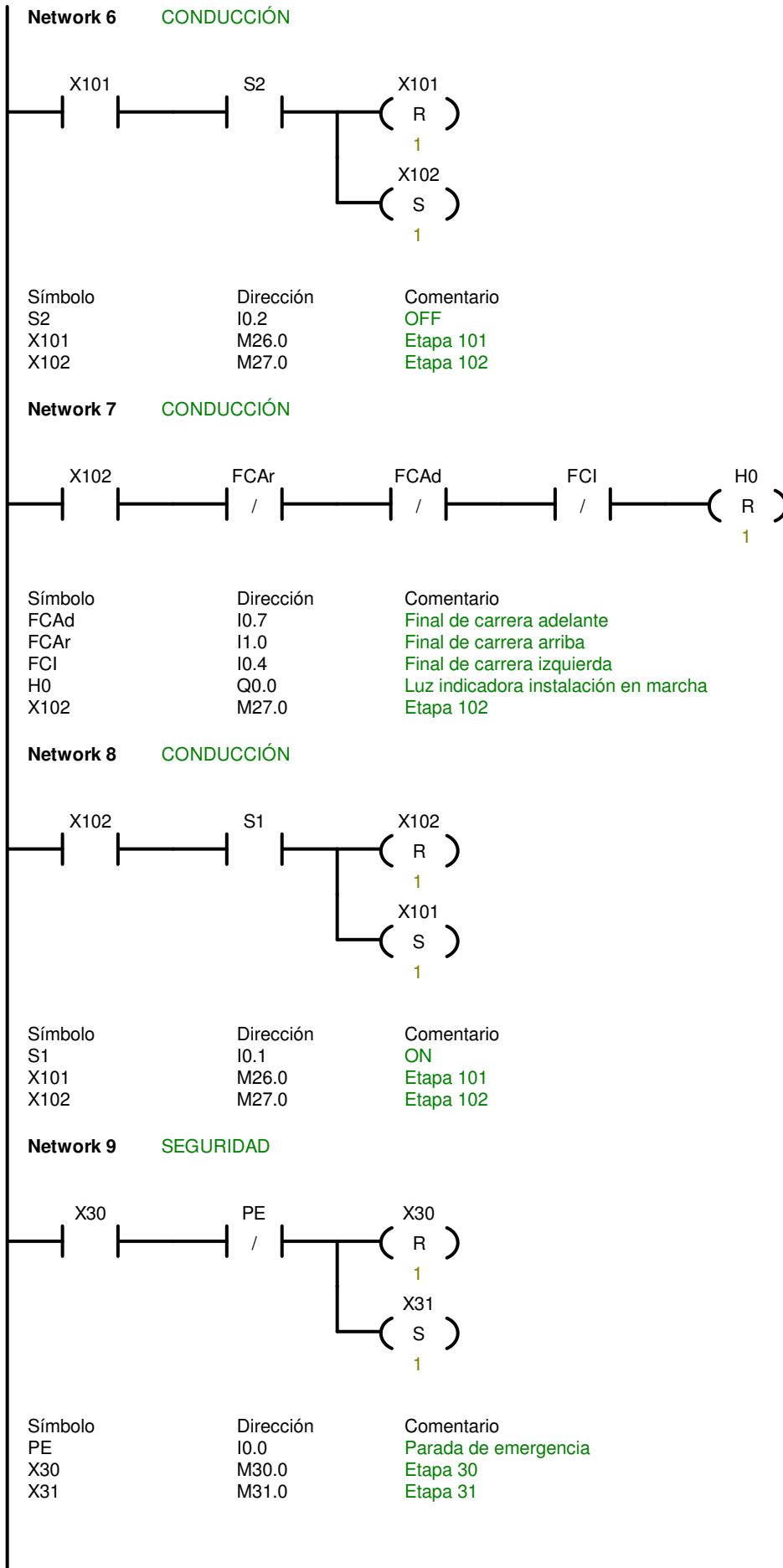


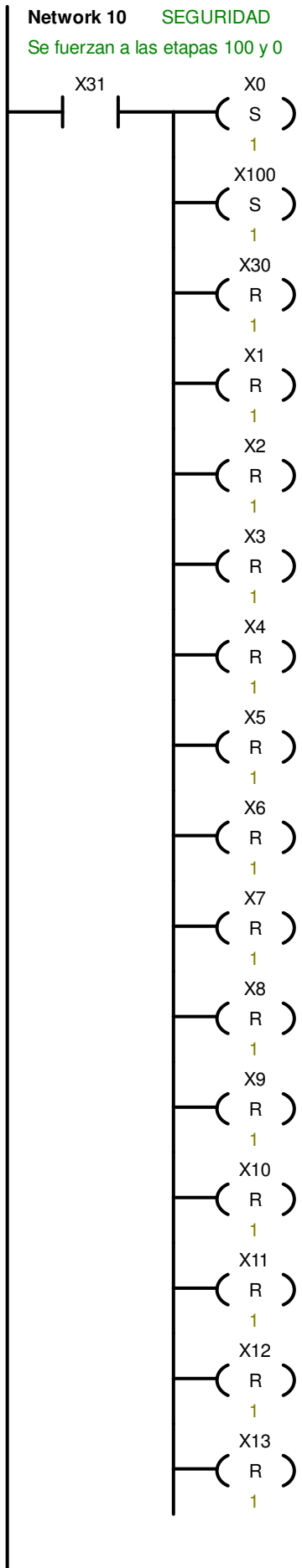
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X100	M25.0	Etapa 100
X101	M26.0	Etapa 101

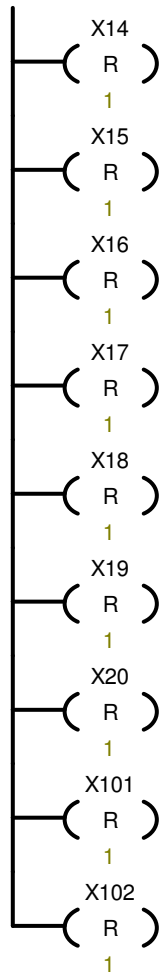
**Network 5** CONDUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
H0	Q0.0	Luz indicadora instalación en marcha
X101	M26.0	Etapa 101

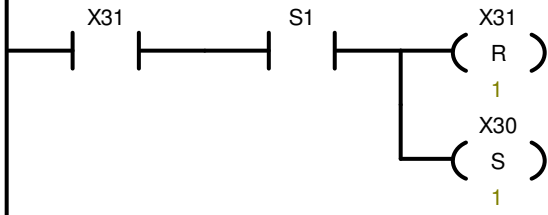






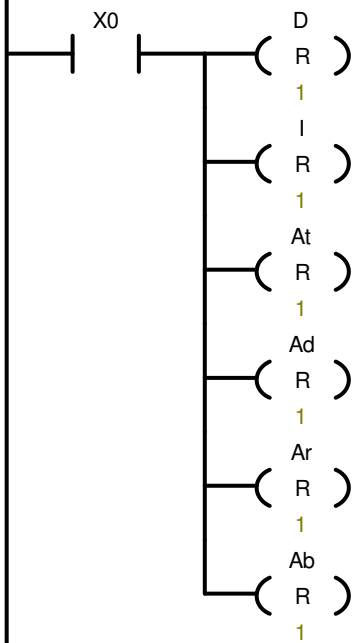
Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X10	M10.0	Etapa 10
X100	M25.0	Etapa 100
X101	M26.0	Etapa 101
X102	M27.0	Etapa 102
X11	M11.0	Etapa 11
X12	M12.0	Etapa 12
X13	M13.0	Etapa 13
X14	M14.0	Etapa 14
X15	M15.0	Etapa 15
X16	M16.0	Etapa 16
X17	M17.0	Etapa 17
X18	M18.0	Etapa 18
X19	M19.0	Etapa 19
X2	M2.0	Etapa 2
X20	M20.0	Etapa 20
X3	M3.0	Etapa 3
X30	M30.0	Etapa 30
X31	M31.0	Etapa 31
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 11** SEGURIDAD



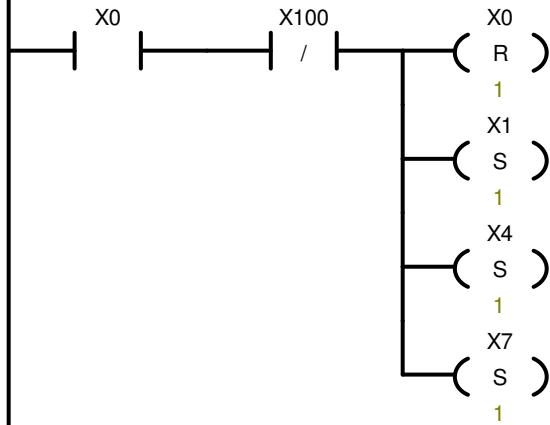
Símbolo	Dirección	Comentario
S1	I0.1	ON
X30	M30.0	Etapa 30
X31	M31.0	Etapa 31

**Network 12** PRODUCCIÓN



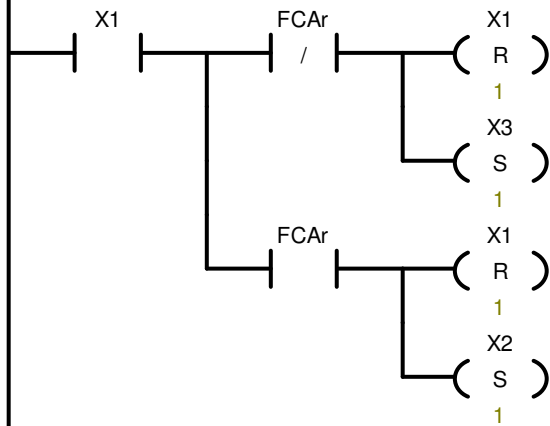
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ad	Q0.4	Brazo adelante
Ar	Q0.5	Brazo arriba
At	Q0.3	Brazo atrás
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X0	M0.0	Etapa 0

**Network 13** PRODUCCIÓN



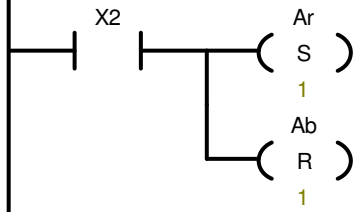
Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X1	M1.0	Etapa 1
X100	M25.0	Etapa 100
X4	M4.0	Etapa 4
X7	M7.0	Etapa 7

**Network 14** PRODUCCIÓN



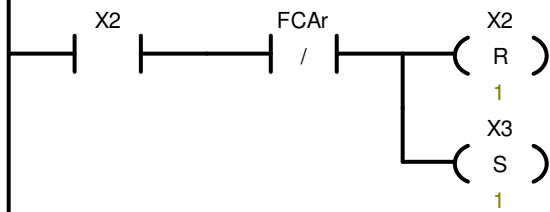
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAr	I1.0	Final de carrera arriba
X1	M1.0	Etapa 1
X2	M2.0	Etapa 2
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 15** PRODUCCIÓN



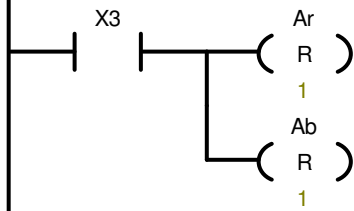
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X2	M2.0	Etapa 2

**Network 16** PRODUCCIÓN



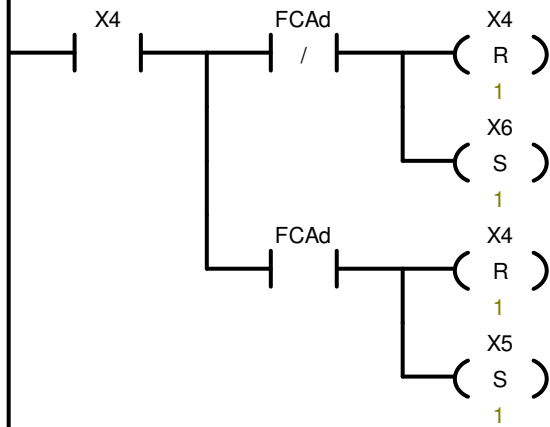
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAR	I1.0	Final de carrera arriba
X2	M2.0	Etapa 2
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 17** PRODUCCIÓN



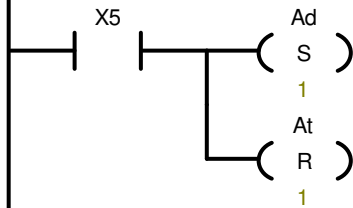
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X3	M3.0	Etapa 3

**Network 18** PRODUCCIÓN



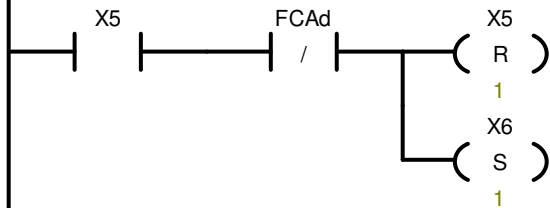
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAAd	I0.7	Final de carrera adelante
X4	M4.0	Etapa 4
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 19** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X5	M5.0	Etapa 5

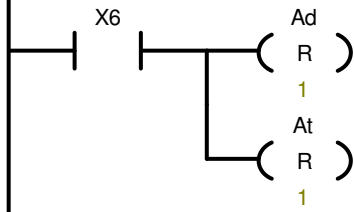
**Network 20** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
FCAAd	I0.7	Final de carrera adelante
X5	M5.0	Etapa 5
X6	M6.0	Etapa 6

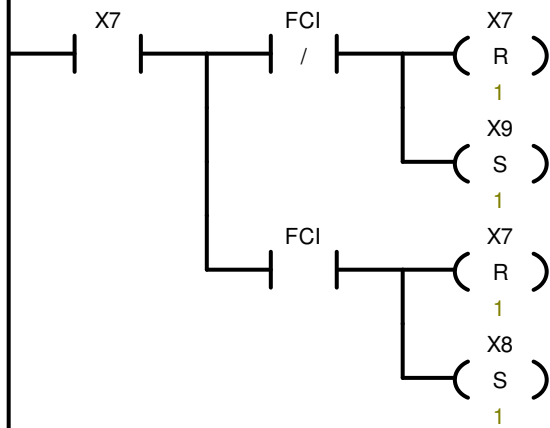


**Network 21** PRODUCCIÓN



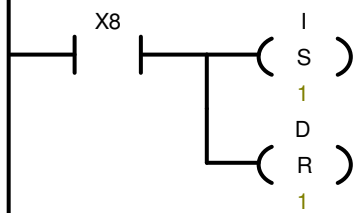
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X6	M6.0	Etapa 6

**Network 22** PRODUCCIÓN



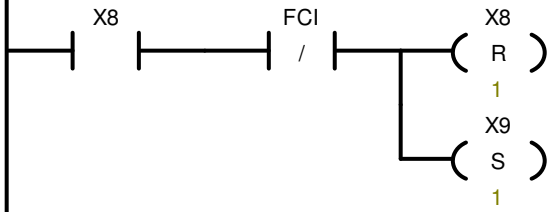
Símbolo	Dirección	Comentario
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
X7	M7.0	Etapa 7
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 23** PRODUCCIÓN



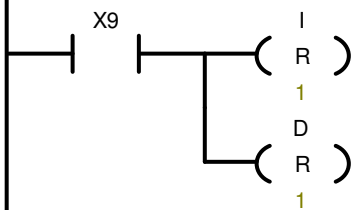
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X8	M8.0	Etapa 8

**Network 24** PRODUCCIÓN



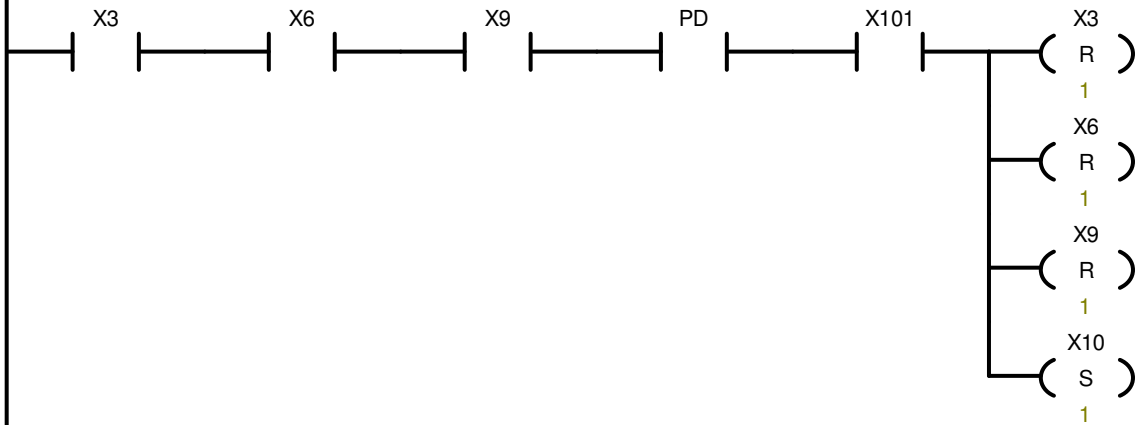
Símbolo	Dirección	Comentario
FCI	I0.4	Final de carrera izquierda
X8	M8.0	Etapa 8
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 25** PRODUCCIÓN



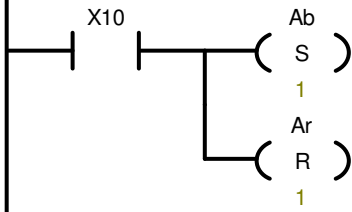
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 26** PRODUCCIÓN



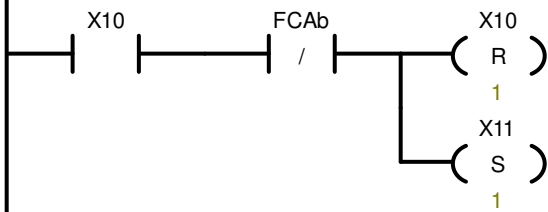
Símbolo	Dirección	Comentario
PD	I1.2	Pieza disponible en mesa
X10	M10.0	Etapa 10
X101	M26.0	Etapa 101
X3	M3.0	Etapa 3
X6	M6.0	Etapa 6
X9	M9.0	Etapa 9

**Network 27** PRODUCCIÓN



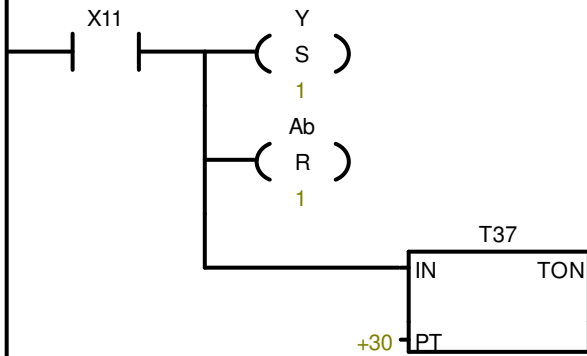
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X10	M10.0	Etapa 10

**Network 28** PRODUCCIÓN



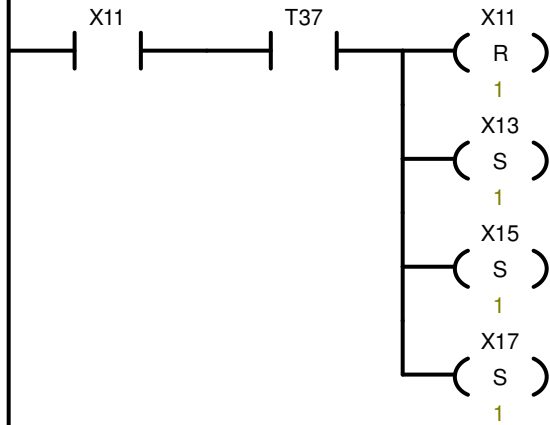
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAb	I1.1	Final de carrera abajo
X10	M10.0	Etapa 10
X11	M11.0	Etapa 11

**Network 29** PRODUCCIÓN



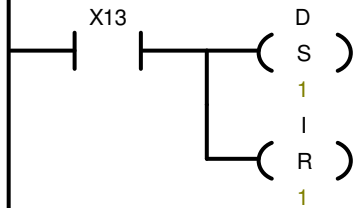
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
X11	M11.0	Etapa 11
Y	Q0.7	Imán de carga

**Network 30** PRODUCCIÓN



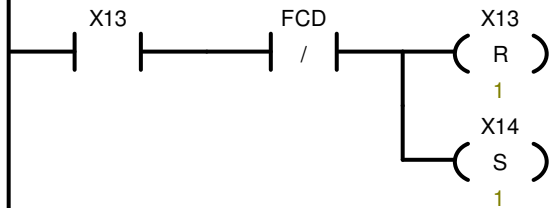
Símbolo	Dirección	Comentario
X11	M11.0	Etapa 11
X13	M13.0	Etapa 13
X15	M15.0	Etapa 15
X17	M17.0	Etapa 17

**Network 31** PRODUCCIÓN



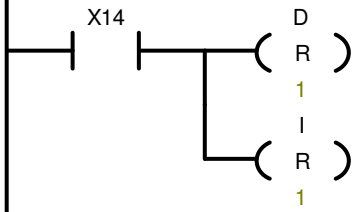
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X13	M13.0	Etapa 13

**Network 32** PRODUCCIÓN



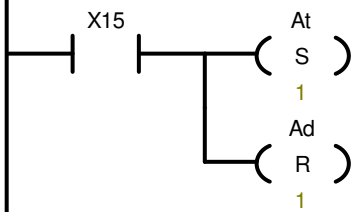
Símbolo	Dirección	Comentario
FCD	I0.5	Final de carrera derecha
X13	M13.0	Etapa 13
X14	M14.0	Etapa 14

**Network 33** PRODUCCIÓN



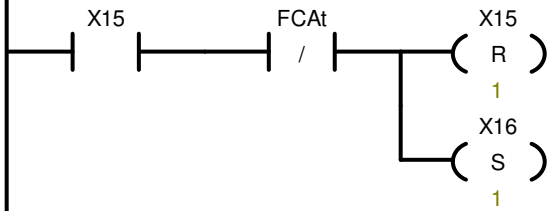
Símbolo	Dirección	Comentario
D	Q0.1	Brazo a derecha
I	Q0.2	Brazo a izquierda
X14	M14.0	Etapa 14

**Network 34** PRODUCCIÓN



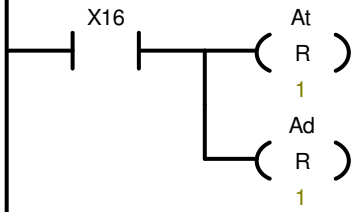
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X15	M15.0	Etapa 15

**Network 35** PRODUCCIÓN



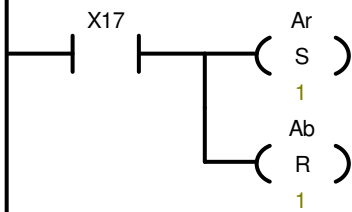
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAt	I0.6	Final de carrera atrás
X15	M15.0	Etapa 15
X16	M16.0	Etapa 16

**Network 36** PRODUCCIÓN



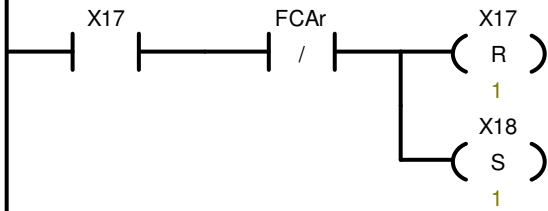
Símbolo	Dirección	Comentario
Ad	Q0.4	Brazo adelante
At	Q0.3	Brazo atrás
X16	M16.0	Etapa 16

**Network 37** PRODUCCIÓN



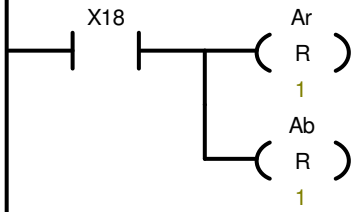
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X17	M17.0	Etapa 17

**Network 38** PRODUCCIÓN



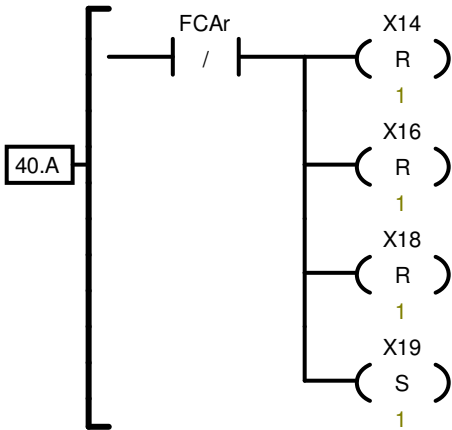
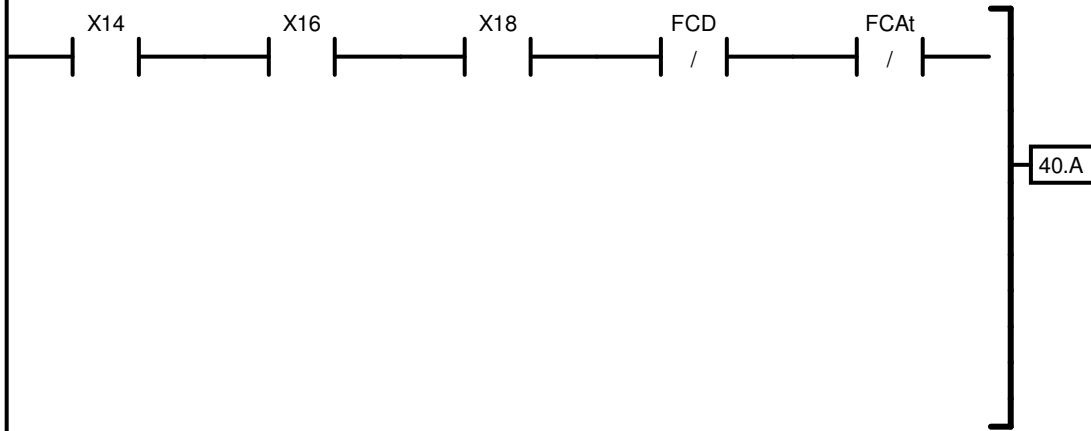
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAr	I1.0	Final de carrera arriba
X17	M17.0	Etapa 17
X18	M18.0	Etapa 18

**Network 39** PRODUCCIÓN



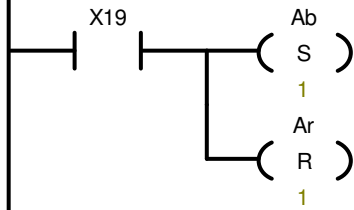
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X18	M18.0	Etapa 18

**Network 40** PRODUCCIÓN



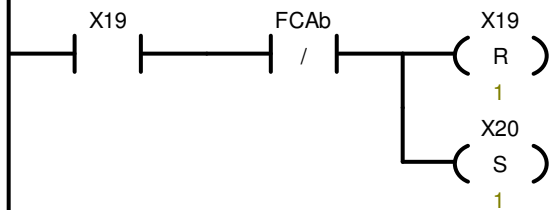
Símbolo	Dirección	Comentario
FCAr	I1.0	Final de carrera arriba
FCAAt	I0.6	Final de carrera atrás
FCD	I0.5	Final de carrera derecha
X14	M14.0	Etapa 14
X16	M16.0	Etapa 16
X18	M18.0	Etapa 18
X19	M19.0	Etapa 19

**Network 41** PRODUCCIÓN



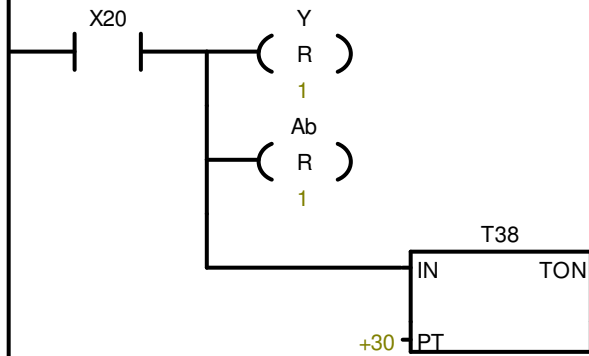
Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
Ar	Q0.5	Brazo arriba
X19	M19.0	Etapa 19

**Network 42** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
FCAb	I1.1	Final de carrera abajo
X19	M19.0	Etapa 19
X20	M20.0	Etapa 20

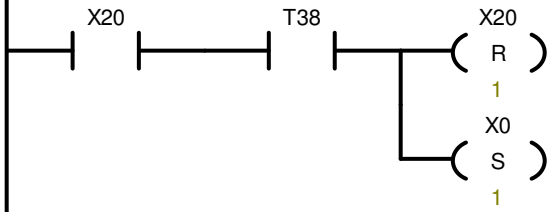
**Network 43** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
Ab	Q0.6	Brazo abajo
X20	M20.0	Etapa 20
Y	Q0.7	Imán de carga

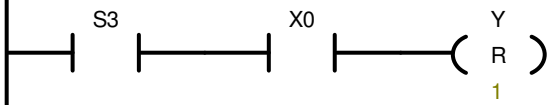


**Network 44** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
X0	M0.0	Etapa 0
X20	M20.0	Etapa 20

**Network 45** PRODUCCIÓN



Símbolo	Dirección	Comentario
S3	I0.3	Pulsador S3
X0	M0.0	Etapa 0
Y	Q0.7	Imán de carga