

AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Diseño estructurado de sistemas de control

GRAFCET



Índice

- Introducción
- Modos de marcha
- Seguridad
- Diagramas Grafcet jerarquizados

Introducción

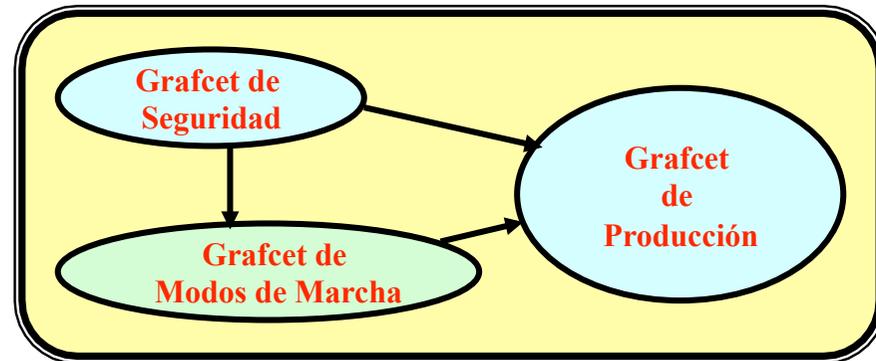
- En el tema anterior hemos realizado el diagrama Grafcet teniendo en cuenta sólo funcionamiento normal del sistema, sin considerar posibles paradas de emergencia, tipos de funcionamiento manual o automático, etc.
- Diseño de los sistemas de control de una forma estructurada: Se subdivide el funcionamiento del sistema de control en:
 - diagrama grafcet de **seguridad** (paradas de emergencia)
 - de **modos de marcha**
 - de **producción**
- Ventajas:
 - diseño más detallado de cada una de las tareas a atender por parte del sistema de control
 - permite y facilita su representación documentada de forma más comprensible y legible para su posterior modificación o mantenimiento.

Introducción

- Como resulta obvio en todo diseño estructurado existen relaciones de intercambio de información y jerarquía entre cada uno de los subsistemas.
- Jerarquía

La jerarquía u orden de prioridad entre los tres diagramas Grafcet es la siguiente:

1. Grafcet de seguridad
2. Grafcet de modos de marcha
3. Grafcet de producción



- Intercambio de información

Los tres diagramas Grafcet deben compartir dos tipos de información:

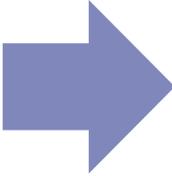
1. **Variables:** Las variables serán globales, de forma que puedan ser modificadas por cualquiera de los tres diagramas Grafcet.
2. **Índice de las etapas:** No puede haber dos Grafcet que tengan una etapa con el mismo índice.

Introducción

1. **Grafcet de seguridad:** Se encarga del tratamiento de las señales de alarma y emergencias.
2. **Grafcet de modos de marcha:** Implementa los distintos modos de marcha del automatismo (p.e. marcha manual, marcha automática...)
3. **Grafcet de producción:** Representa el funcionamiento normal del sistema.

Resumen

- Resumen

- 
1. Graficet de seguridad
 2. *Graficet de modos de marcha*
 3. Graficet de producción

Modos de Marcha

- Los modos de marcha son los distintos modos de funcionamiento que pueden darse en los sistemas automatizados.
- Los distintos modos de marcha que existen son:
 - *Marcha automática (MA)*
 - *Marcha semiautomática (MCC)*
 - *Marcha manual (MM)*

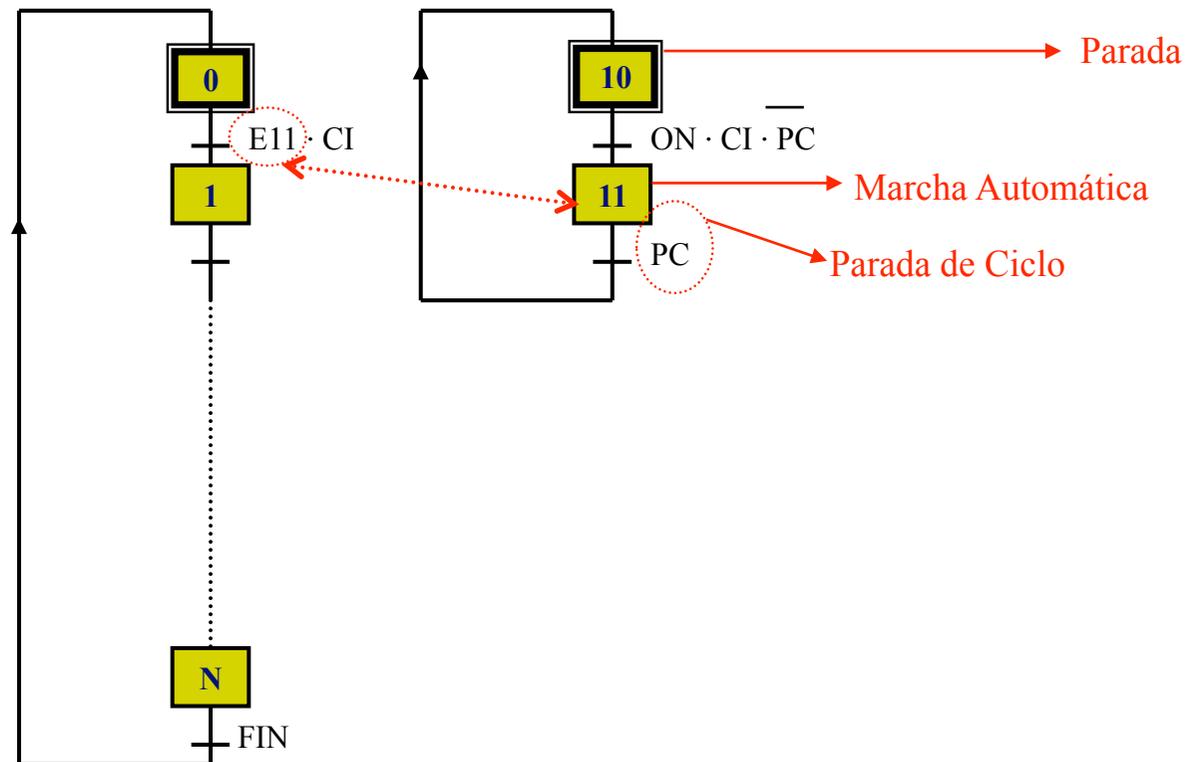
La marcha manual también se denomina marcha de intervención (MI)

Marcha automática

- Cuando se ejecuta la orden de comienzo (ON), el sistema permanece funcionando de forma ininterrumpida, hasta que se produce una orden de parada, complementaria de la anterior.
 - La parada, en este modo de funcionamiento detiene el sistema al final del ciclo en curso, a diferencia de las paradas de emergencia, cuyo objeto es parar de inmediato la ejecución del ciclo sea cual sea su situación.
- ¿Cómo se implementa? Para implementar este modo de funcionamiento se utiliza una estructura jerarquizada de **dos diagramas Grafcet**, donde el de orden superior (maestro), controla el funcionamiento del de orden inferior (esclavo).

Marcha automática

- Como hemos visto, se implementa mediante **2 Grafcet**, donde el de orden superior (maestro), controla el funcionamiento del de orden inferior (esclavo).

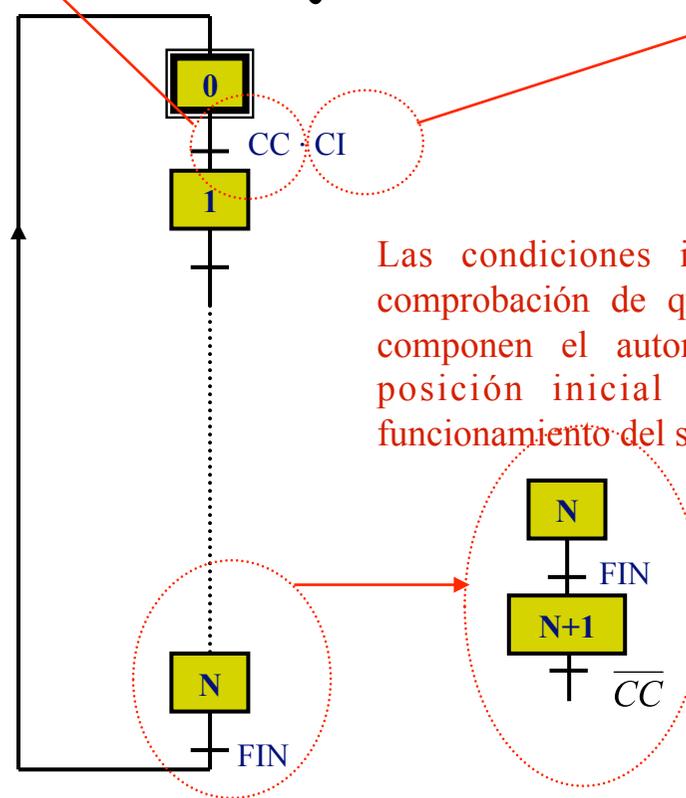


Marcha semiautomática

- En este modo de funcionamiento cada ciclo necesita la autorización del operador para ejecutarse.
- ¿Cómo se implementa? La ejecución de cada uno de los ciclos comienza mediante la variable CC (Comienzo de ciclo).
 - Se introduce en la transición inicial junto con las condiciones iniciales (CI) de inicio de ciclo.

Para evitar que el operador no tenga un control total sobre la ejecución del ciclo o que se ejecuten ciclos no deseados:

- Comienzo de Ciclo (CC) mediante un flanco de subida
- Se introduce una etapa de "anti-repetición" cuya acción asociada consiste en desactivar la condición de comienzo de ciclo (CC) activada al inicio de ciclo para poder pasar al ciclo siguiente.
- El operador debe poner $CC=0$ al final del GRAFCET y, a continuación, $CC=1$ para comenzar un nuevo ciclo.



Las condiciones iniciales (CI) pueden ser la comprobación de que los distintos elementos que componen el automatismo se encuentran en la posición inicial para asegurar un correcto funcionamiento del sistema.

Marcha manual

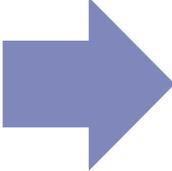
- Son modos de funcionamiento especiales, utilizados en los periodos de ajuste del funcionamiento de los sistemas de control automáticos.
 - Una vez implementado un sistema automático, pueden aparecer asincronismos en su funcionamiento, de difícil previsión a priori, derivados, entre otros motivos, de la clase de tecnología utilizada.
 - Además estos asincronismos (o desajustes) también pueden aparecer por envejecimiento, deterioro o falta de mantenimiento de los elementos integrantes del proceso.

Marcha manual

- El operador ejerce un control estricto no ya sobre la ejecución de un ciclo, sino sobre **la ejecución de una etapa o conjunto de ellas en un mismo ciclo.**
- ¿Cómo se implementa? Mediante la parada del sistema, bien sea por inhibición de las acciones asociadas a las etapas, o bien por congelación del automatismo impidiendo el franqueamiento de determinadas transiciones.

Resumen

- Resumen



1. Grafcet de seguridad

2. Grafcet de modos de marcha

- 2.1 Marcha automática

- Dos grafkets (maestro y esclavo). El inicio de cada ciclo del grafket esclavo se controla por una variable en el grafket maestro.

- 2.2 Marcha semiautomática.

- Se ejecuta cada ciclo de la máquina de forma automática, pero se exige la autorización por parte del operador.

- 2.3 Marcha manual.

- Se exige autorización del operador para ejecutar cada etapa por separado, o las acciones asociadas a cada etapa.

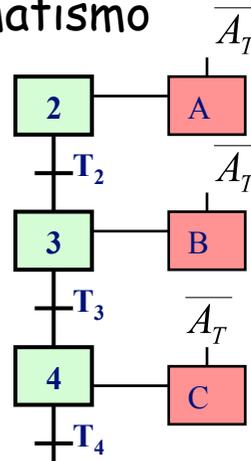
3. Grafcet de producción

Seguridad

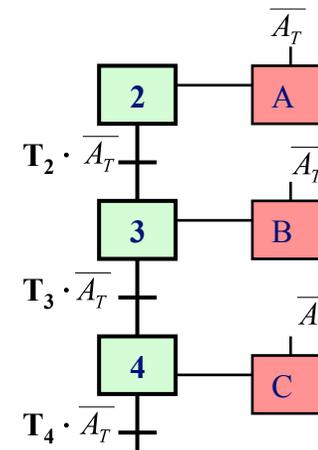
- El sistema de control diseñado ha de tener en cuenta situaciones imprevistas, averías, emergencias, etc... de forma que se garantice el buen funcionamiento del mismo.
 - Hay que asegurar la **integridad de los operadores humanos** al cargo de los sistemas o bien la **seguridad de las propias instalaciones industriales** donde se ubique el sistema, cuya reparación puede suponer un coste elevado.
 - Hay que cumplir la normativa al respecto.

Tratamiento de alarmas y emergencias

- Clasificación del tratamiento de las alarmas producidas en el sistema frente a situaciones de emergencia:
 - **Sin secuencia de emergencia:** ante una situación de alarma, el sistema se limita a detener su evolución y suspende las operaciones básicas, asociadas a la etapa donde se produce la suspensión.
 - Inhibición de acciones
 - Congelación del automatismo



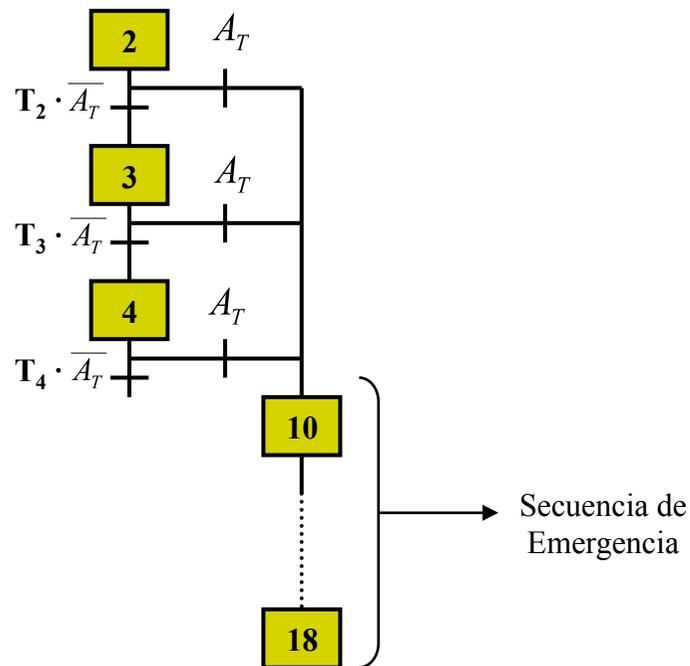
Inhibición de acciones



Congelación del automatismo

Tratamiento de alarmas y emergencias

- **Con secuencia de emergencia:**
 - La alarma deriva hacia la ejecución de una secuencia de emergencia, constituida por una o más etapas, cuyas acciones están orientadas a situar a los operadores y al proceso en un estado seguro.



Resumen

- Resumen

1. Grafcet de seguridad

- 1.1 Sin secuencia de emergencia

- Inhibición de acciones.
- Congelación del automatismo.

- 1.1 Con secuencia de emergencia

- Conjunto de etapas que arrancan al detectarse la situación de emergencia.

2. Grafcet de modos de marcha

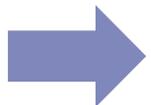
- 2.1 Marcha automática

- 2.2 Marcha semiautomática.

- 2.3 Marcha manual.

3. Grafcet de producción

- Representa las acciones que debe llevar a cabo el sistema de control en un funcionamiento normal.



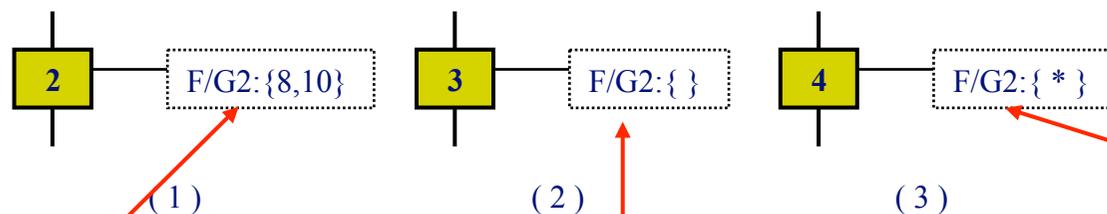
4. Diagramas Grafcet jerarquizados

Diagramas Grafcet jerarquizados

- Diseño estructurado de un sistema de control.
 - Consiste en representar de forma separada los diversos aspectos del modelo del sistema, tales como:
 - funcionamiento normal (grafcet de producción)
 - modos de marcha posibles (grafcet de modos de marcha)
 - paradas de emergencia (grafcet de seguridad)
 - Este diseño se consigue realizar con ayuda de diagramas funcionales parciales, así como las relaciones existentes entre ellos (forzado).

Diseño estructurado de sistemas de control

- Diagramas Grafcet Jerarquizados
 - Entre cada uno de estos diagramas grafcet parciales debe haber una relación jerárquica. Forzado de estados de uno u otro grafcet.
- La jerarquización debe respetar una serie de **reglas**:
 - Si un grafcet tiene la posibilidad de forzar otro, este no tendrá ninguna posibilidad de forzar al anterior
 - En todo instante un grafcet sólo podrá ser forzado por un único grafcet.

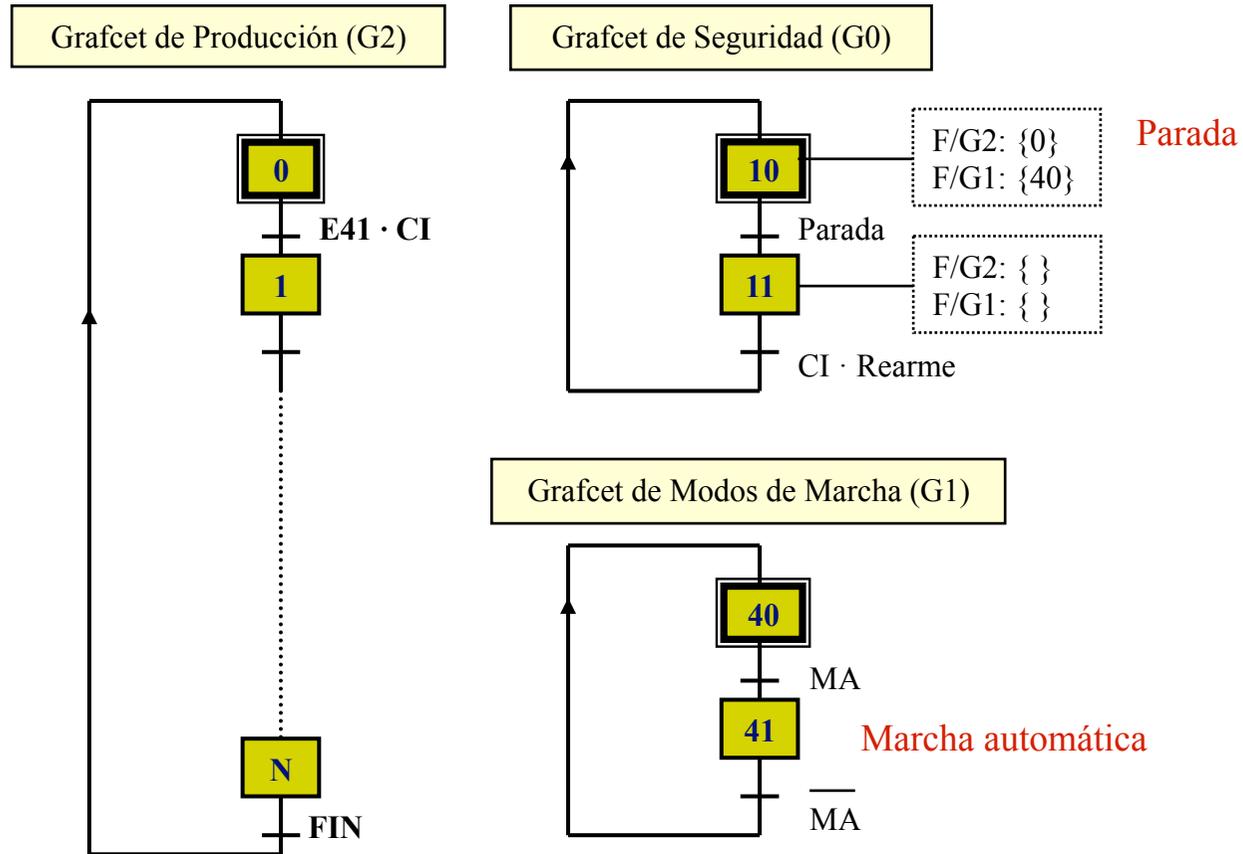


Forzar etapas 8 y 10 del grafcet G2

Desactivar todas las etapas de G2: Cuando se activa la etapa 3 del grafcet actual, el grafcet G2 pasa a tener todas sus etapas desactivadas hasta que se desactiva la etapa 3 del grafcet actual

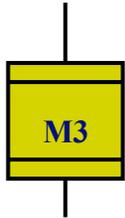
Forzado de congelación: Se asocia a una variable que impide la ejecución de las acciones.

Diseño estructurado de sistemas de control



Diseño estructurado de sistemas de control

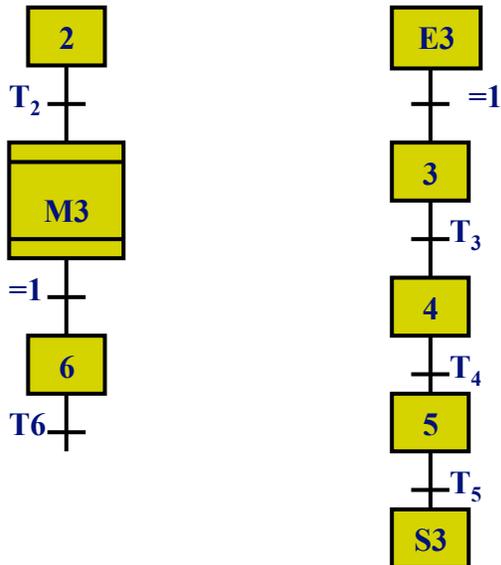
- Macroetapas



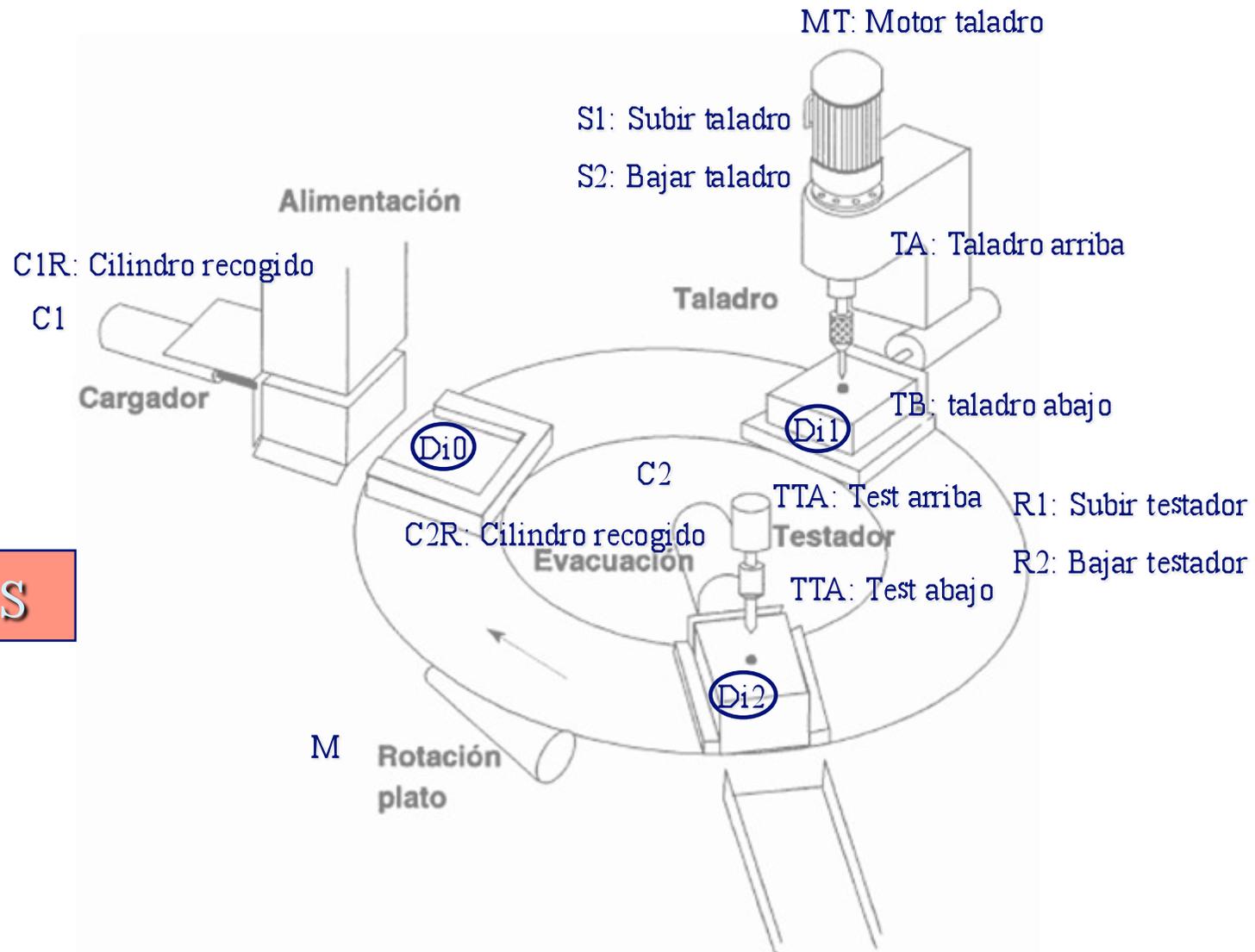
- Las macroetapas, sustituyen secuencias de etapas, cuya aparición se repite en varias ocasiones a la largo del diagrama grafcet. El objetivo que se persigue es la simplicidad y legibilidad de los diagramas grafcet.

- Reglas:

- La expansión de una macroetapa siempre tendrá una sola etapa de entrada y una sola etapa de salida.
- La etapa de entrada (E) se activará cuando se active la macroetapa.
- La activación de la etapa de salida (S) implicará la validación de las transiciones inmediatamente posteriores a la macroetapa.



Ejemplo: Diseño estructurado



M | A | S

PE

Ejemplo: Diseño estructurado

- La máquina dispone de tres estaciones:
 - Alimentación de piezas.
 - Taladrado.
 - Comprobación dureza y expulsión.
- Funcionamiento:
 - Las piezas se van cargando en la estación de alimentación.
 - A continuación, el plato de la máquina gira 120° . Cuando el movimiento se ha completado se detecta la señal T.
 - Cuando existe una pieza en la estación de taladrado, se taladra.
 - Finalizada la operación, la máquina vuelve a girar.
 - Se acciona el cilindro para expulsar la pieza.
- Nota: Nótese que los procesos se deben llevar a cabo de forma concurrente, para acelerar el proceso en general.
- Botonera de mando:
 - Pulsador M
 - Botón A (con enclavamiento)
 - Pulsador S

Ejemplo: Diseño estructurado

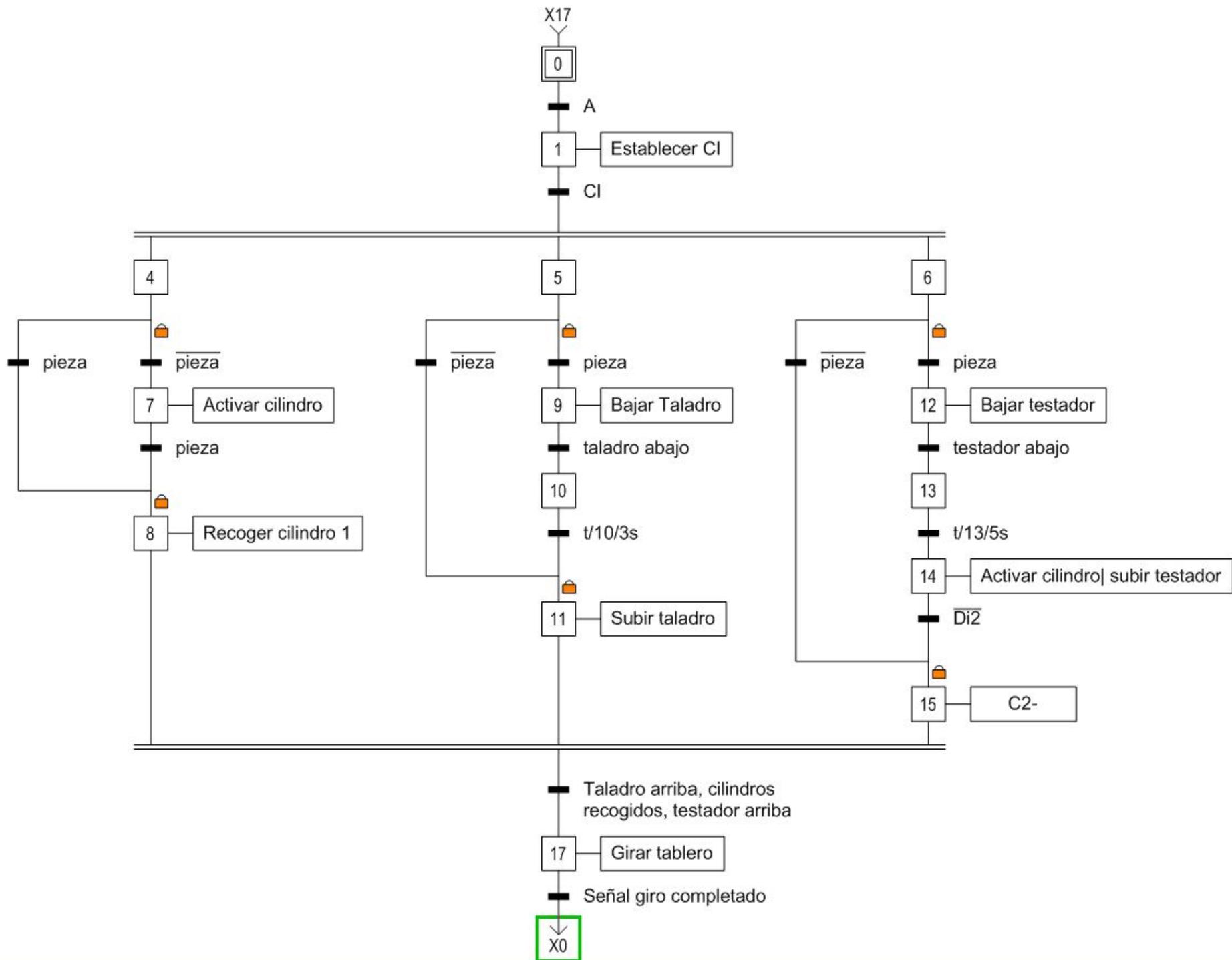
- Funcionamiento (en detalle):
 - Cuando la máquina se pone en marcha, se enciende el motor del taladro MT. Se asume que el motor necesita 3 segundos para llegar a una velocidad de giro adecuada. También, en el inicio de la operación, se debe subir el taladro (TA, S1). Además, se debe comprobar que el Testador se encuentra también arriba (TTA, R1).
 - Se carga una pieza si no se detecta pieza en el receptor (Di0).
 - Si existe pieza en el taladro (Di0), y este se encuentra arriba, entonces el taladro descende, taladrando la pieza. Se esperan 3 segundos, y, a continuación el taladro asciende.
 - Las piezas se van cargando en la estación de alimentación.
 - A continuación, el plato de la máquina gira 120°. Cuando el movimiento se ha completado se detecta la señal T. Se debe esperar a que todos los procesos se terminen antes de mover el plato.
 - Cuando existe una pieza en la estación de taladrado, se taladra.
 - Cuando existe una pieza en la estación de test. Se baja, se mantiene durante 5 segundos y, a continuación, se levanta. Finalizada la operación, se acciona el cilindro C2 para expulsar la pieza.

Ejemplo: Diseño estructurado

- **GRAF CET**
 - Primero, vamos a hacer el grafcet de producción. Consideramos que el funcionamiento es automático (el operario presiona A al inicio del ciclo y se va a tomar café).
 - Después, definiremos los modos de marcha.
 - A continuación, definiremos el grafcet de seguridad.

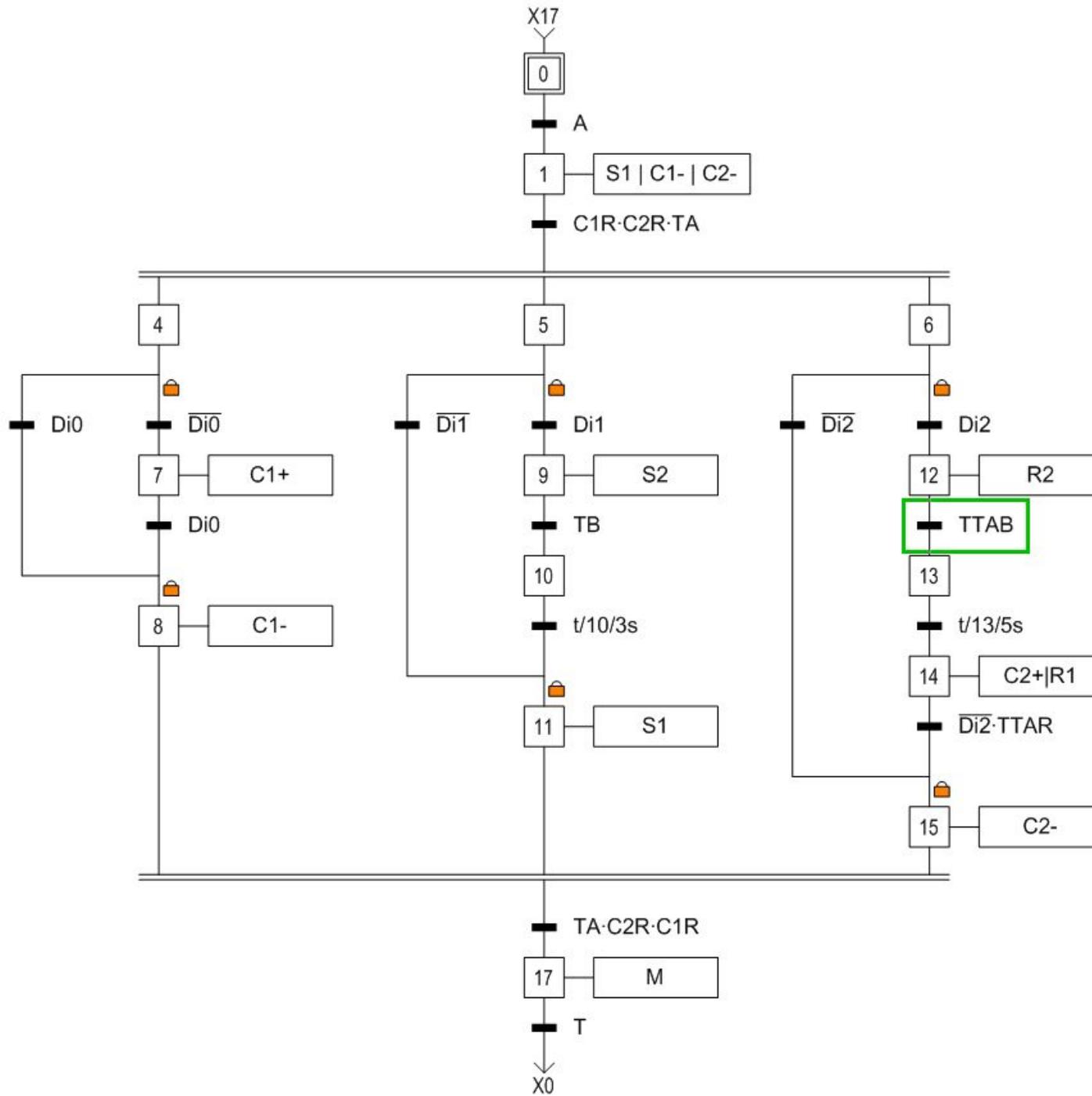
Ejemplo: Diseño estructurado

- GRAFCET de nivel 1
 - GRAFCET DE PRODUCCIÓN
 - Notas:
 - se deben realizar procesos de forma paralela, de manera que el proceso general se realice rápidamente.



Ejemplo: Diseño estructurado

- GRAFCET de nivel 2
 - GRAFCET DE PRODUCCIÓN



Ejemplo: Diseño estructurado

- **GRAF CET DE PRODUCCIÓN** (hecho)
- **GRAF CET DE MODOS DE MARCHA:** Vamos a definir tres modos de marcha:
 - Marcha automática (la que se ha supuesto inicialmente).
 - Si **A** se mantiene presionado el proceso se repite indefinidamente.
 - Marcha semiautomática.
 - Si **S** se mantiene presionado, se debe pedir consentimiento en cada ejecución
 - Marcha manual
 - El sistema se detiene en cada transición cuando se presiona **M**
- **GRAF CET DE SEGURIDAD:**
 - Debe considerar el comportamiento del sistema en caso de parada de emergencia **PE**.

- **GRAFNET DE MODOS DE MARCHA:**

- **Marcha automática**

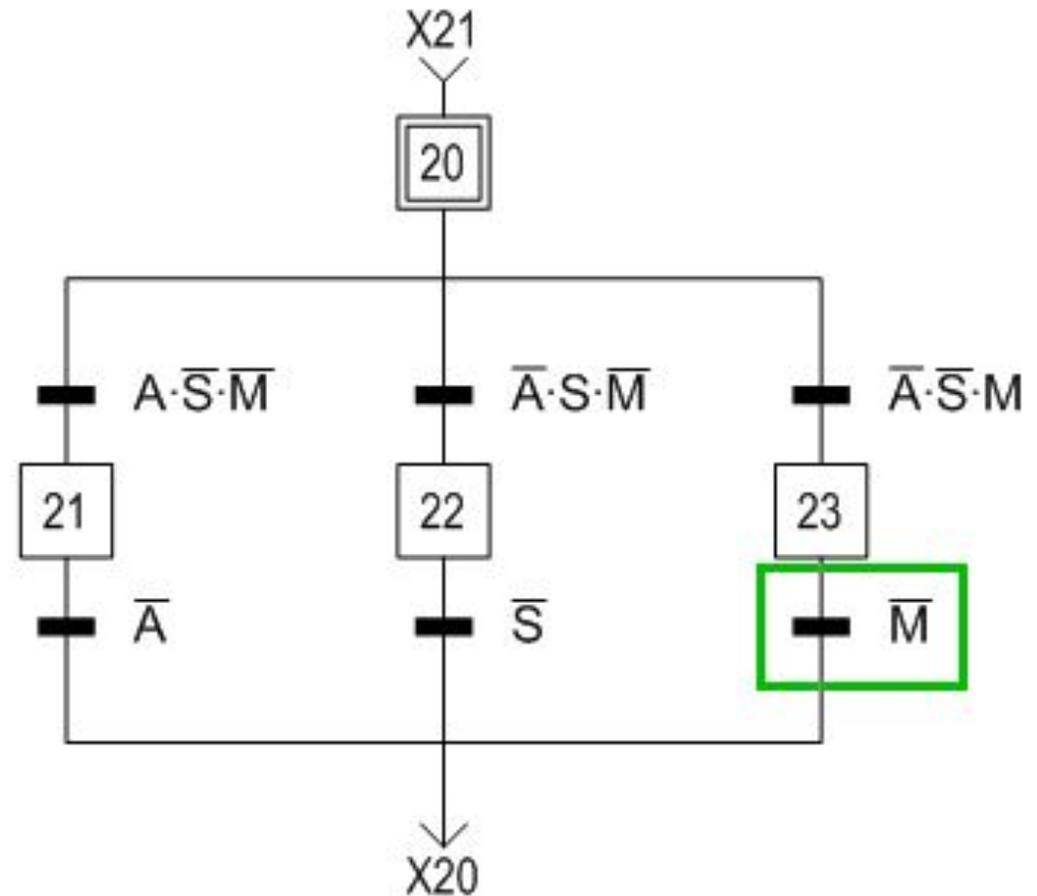
- Asociada a la etapa 21. Se activa al presionar A. Permite ejecutar de forma cíclica el sistema.

- **Marcha semiautomática.**

- Asociada a la etapa 22.
- Debe ejecutarse un ciclo del sistema y, a continuación, esperar confirmación (desbloqueo del botón y vuelta a presionar)

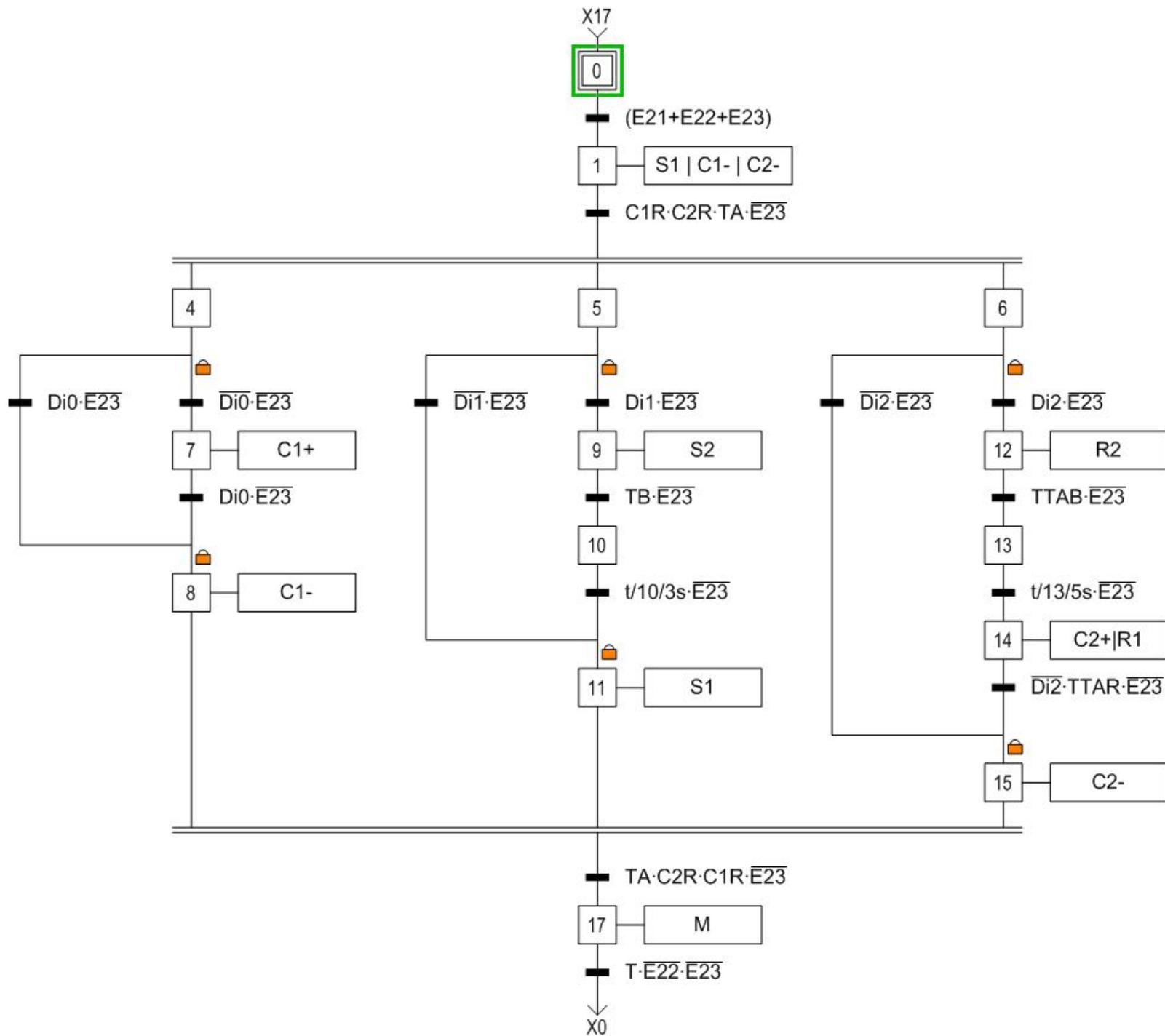
- **Marcha manual.**

- Asociada a la etapa 23.
- Todas las transiciones se bloquean al presionar el botón M.
- Se permite la transición al desenchavar M.



Ejemplo: Diseño estructurado

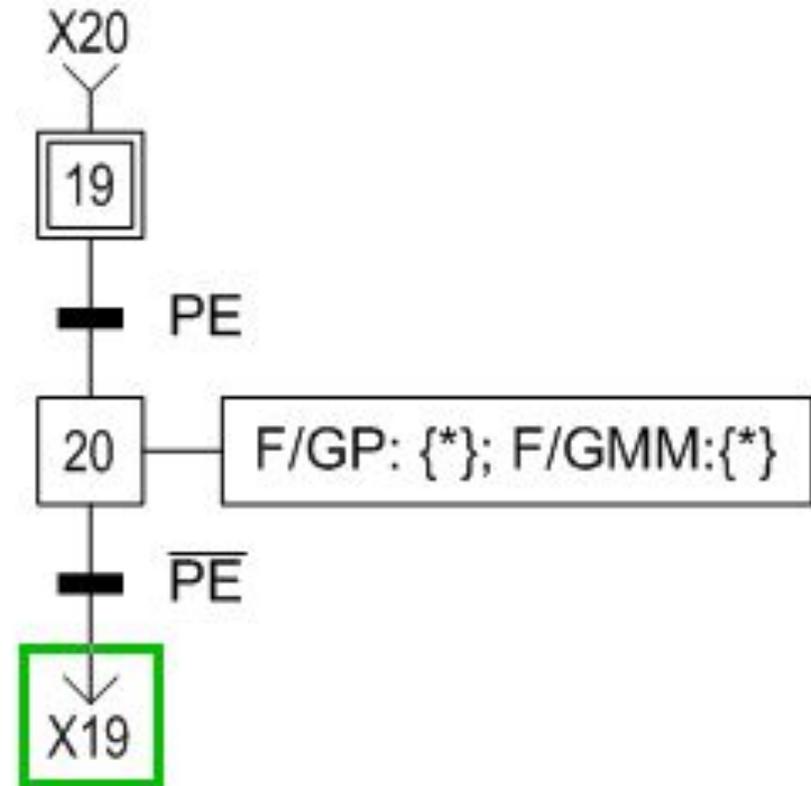
- Ejercicio:
 - añadir al grafcet de producción la lógica necesaria para obtener el funcionamiento deseado.
 - Utilizar las variables E21, E22, E23 (codificadas en las marcas internas del autómata).



- **GRAFSET DE SEGURIDAD:**

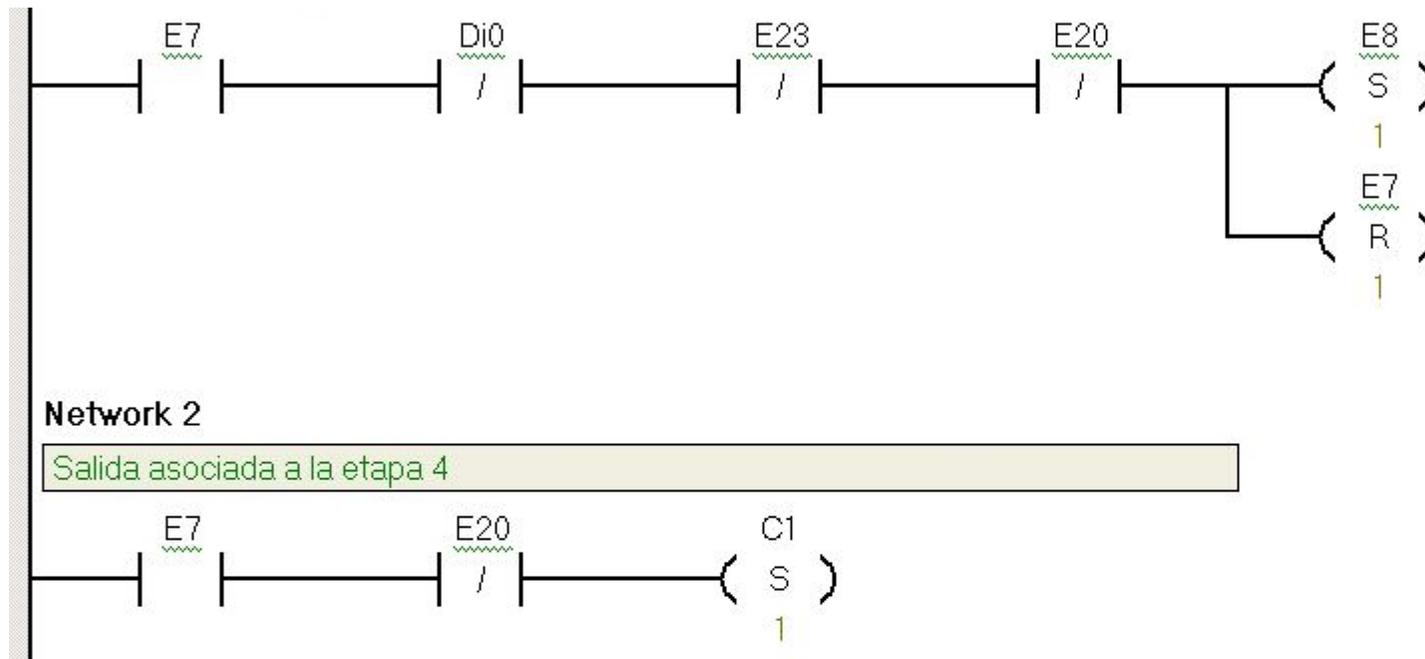
- Parada de emergencia

- Al presionar PE se realiza un forzado de congelación en el grafset de producción GP y en el grafset de modos de Marcha.
- Se desactivan todas las etapas y se desactivan las acciones asociadas.



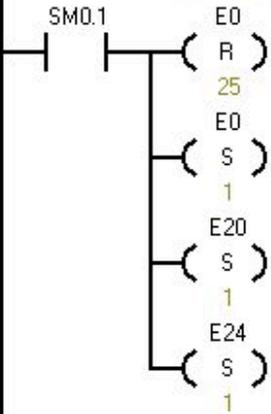
Ejemplo: Diseño estructurado

- Ejercicio:
 - Por claridad esta lógica de "forzado de congelación" no se representa directamente en el grafcet.
 - Implica que el sistema no debe evolucionar y deben anularse las salidas asociadas a la etapa activa.
 - Se realiza fácilmente en el KOP usando la marca asociada E20 asociada al forzado de congelación:

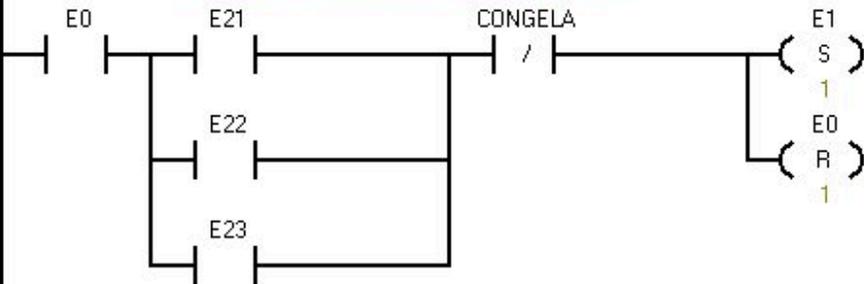


MESA DE TEST

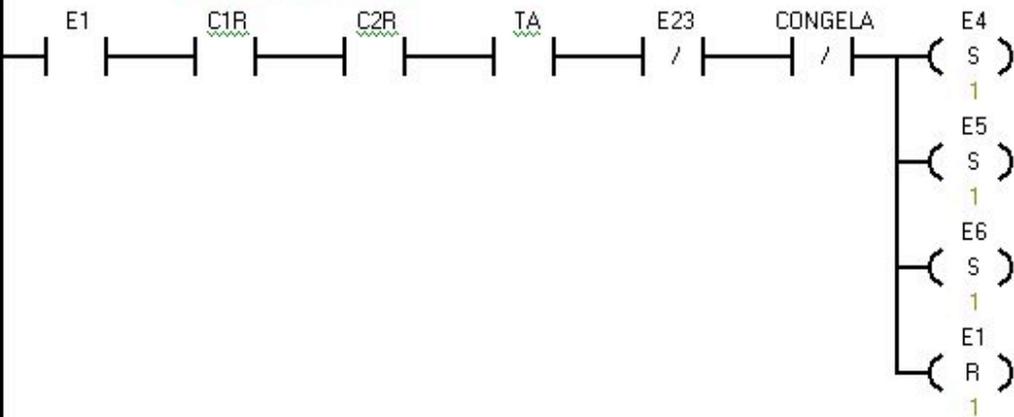
Network 1 INICIALIZACIÓN DE VARIABLES



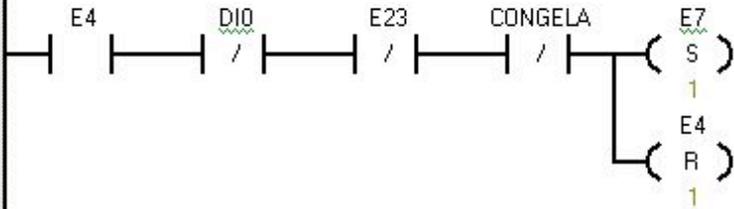
Network 2 GRAFCET DE PRODUCCIÓN, TRANSICIÓN 0->1



Network 3 TRANSICIÓN 1->4, 5, 6



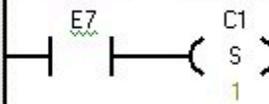
Network 4



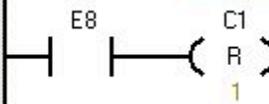
Network 5 ETC...



Network 6 SALIDAS DEL GRAFCET DE PRODUCCIÓN

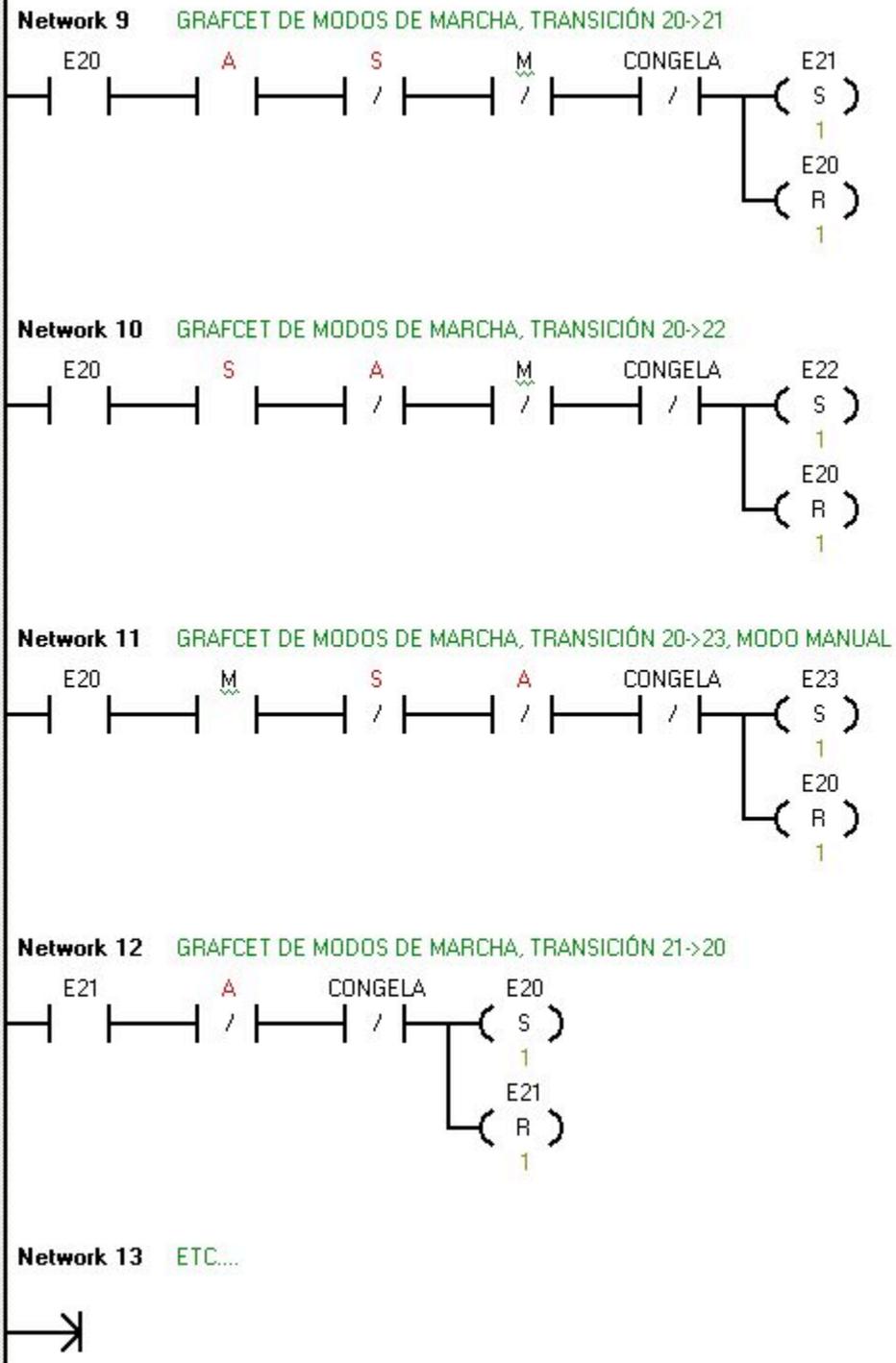


Network 7 SALIDAS DEL GRAFCET DE PRODUCCIÓN

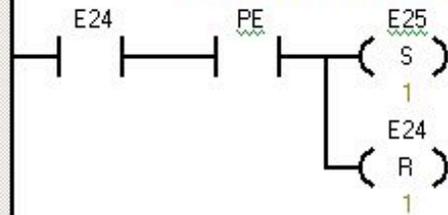


Network 8 ETC...

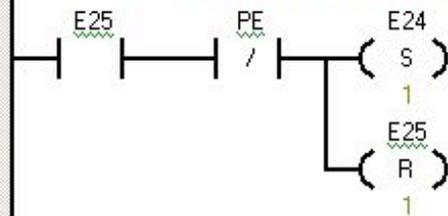




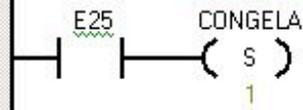
Network 14 GRAFCET DE SEGURIDAD



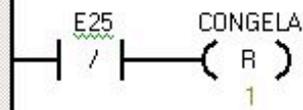
Network 15 GRAFCET DE SEGURIDAD



Network 16 GRAFCET DE SEGURIDAD, FORZADO DE CONGELACIÓN GP Y GMM (LA SALIDAS DEL GRAFCET DE SEGURIDAD ES LA VARIABLE DE FORZADO)



Network 17 DESCONGELAMOS



Network 18 ADEMÁS, SI ES NECESARIO, SE PUEDEN RESETEAR LAS SALIDAS OPORTUNAS

