



## Tema 5B. Diseño e implementación de diagramas GRAFCET para automatización

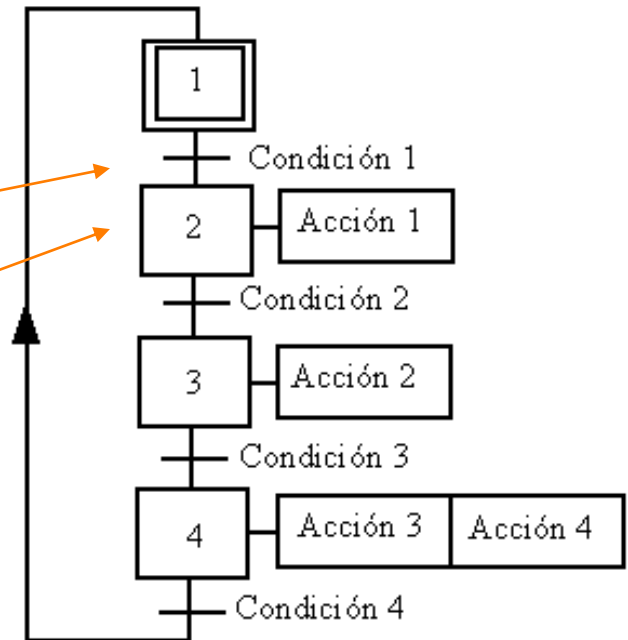
# GRAFCET, la norma IEC848 y los diagramas SFC

- ✓ **GRAFCET** no es un lenguaje de programación, sino una manera de resolver el problema de automatización secuencial **previo** a su programación en el PLC
- ✓ Además, tiene **limitaciones** (gestión de arranques y paradas de línea , emergencias, situaciones anómalas), que se tratarán con la **guía GEMMA**.

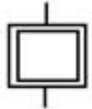
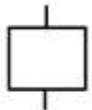




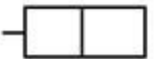


# Sequential Function (Flow) Charts (SFC)

- ✓ Es la técnica más adecuada para programar **procesos de automatización de tipo secuencial** (que se puedan modelar mediante diagramas de estados)
- ✓ El proceso se divide en **etapas** (estados) que siguen una determinada secuencia
- ✓ Siempre hay una **etapa inicial**, y líneas de evolución que conectan etapas.
- ✓ El cambio de una etapa a la siguiente se produce si se cumplen las **condiciones lógicas** de una **transición**
- ✓ Cada etapa tiene unas **acciones** asociadas (que se puede programar con diagramas de escalera)
- ✓ Siemens dispone del **lenguaje SFC (Sequential Function/Flow Charts)** que permite la programación gráfica directa



# Símbolos estandarizados en GRAFCET

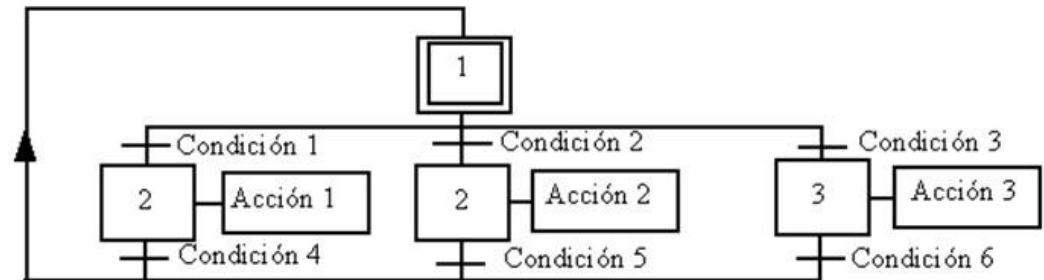
Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapas inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómatas. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapas	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa. Se indica con un trazo perpendicular a una unión.
	Direccionamiento	Indica la activación de una u otra etapa en función de la condición que se cumpla.
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

## Tipos de secuencias de etapas en GRAFCET

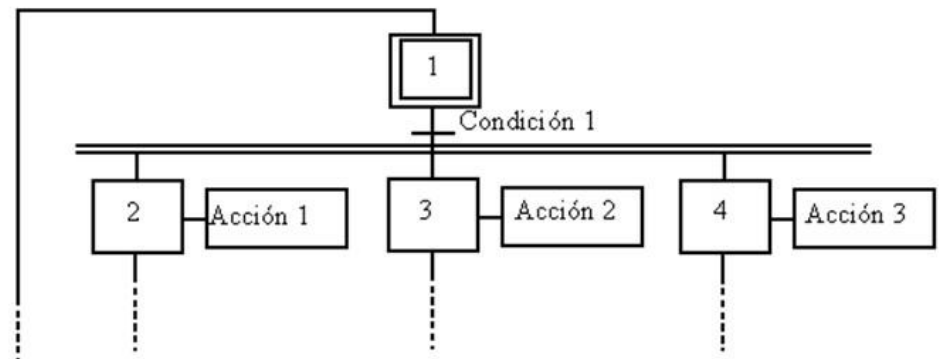
- **Lineales:** El ciclo se compone de una sucesión de etapas **sin bifurcaciones**. Cuando se activa una etapa se desactiva la anterior



- **Con direccionamiento (selección de secuencia):** El ciclo varía en función de la condición que se cumpla. Puede incluir **saltos** de etapas:



- **Secuencia simultánea o paralela:** varias etapas se activan **a la vez**

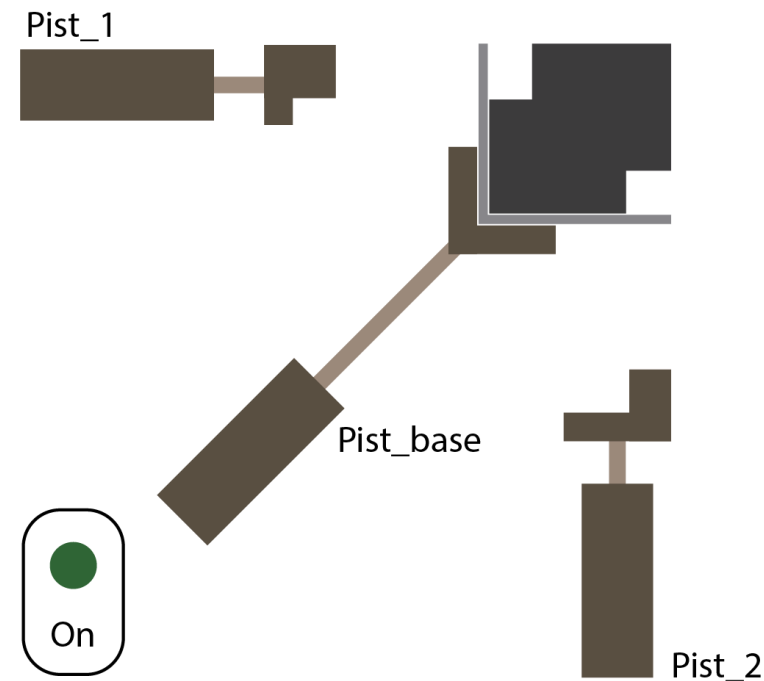


# Diseño de automatismos mediante Grafcet

## Ejercicio 1: control de tres pistones para el conformado de chapa metálica

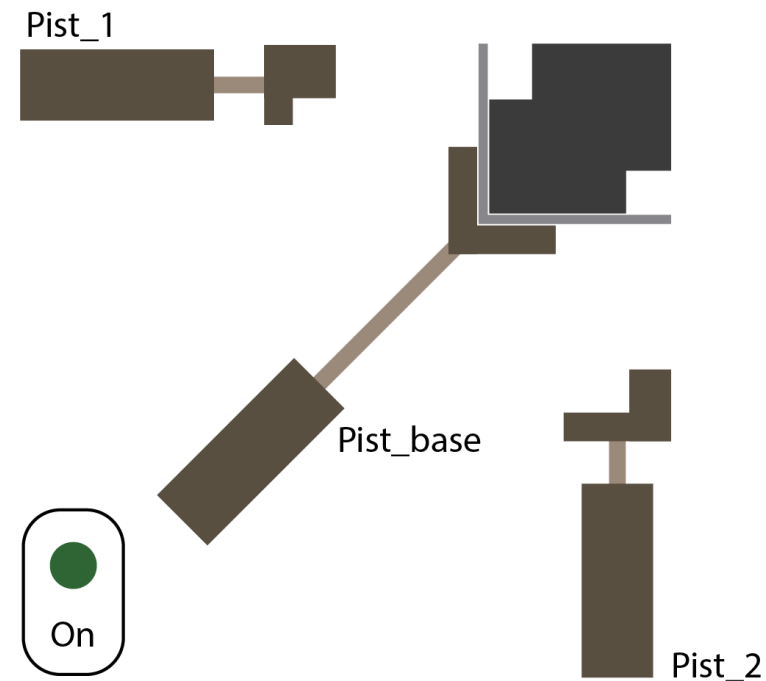
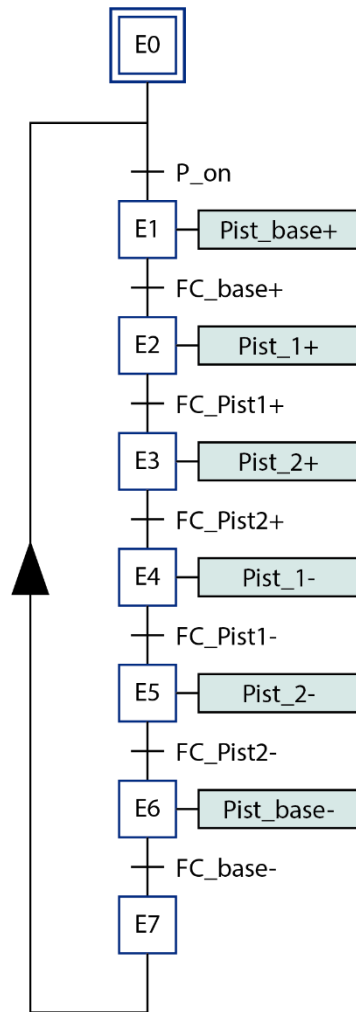
El proceso completo consta del movimiento secuencial de tres pistones. Todos están gobernados por señales para extenderlos (Pist+) o comprimirlos (Pist-), además están equipados con finales de carrera para determinar la posición extendida (FC+) o comprimida (FC-). La secuencia de acciones es:

1. El operario acciona el pulsador P\_on
2. El pistón base se extiende para sujetar la chapa contra el molde.
3. El pistón 1 se extiende hasta su final de carrera.
4. El pistón 2 se extiende hasta su final de carrera.
5. Se contrae el pistón 1 hasta su posición inicial.
6. Se contrae el pistón 2 hasta su posición inicial.
7. Se contrae el pistón base para liberar la chapa ya conformada



# Diseño de automatismos mediante Grafcet

## Ejercicio 1: control de tres pistones para el conformado de chapa metálica

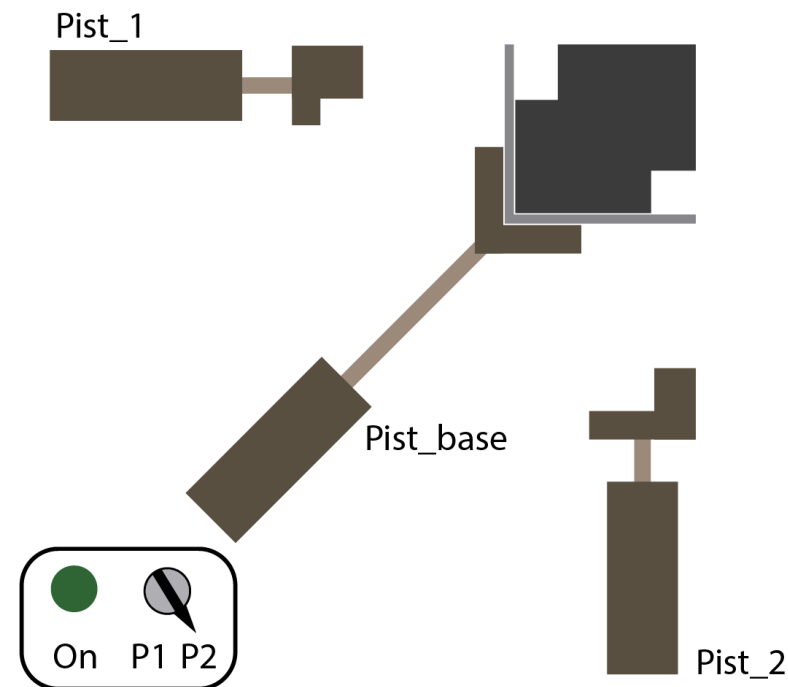


## Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 2:** control de tres pistones para el conformado de chapa metálica, con selección de acción

El proceso completo consta del movimiento secuencial de tres pistones. Todos están gobernados por señales para extenderlos (Pist+) o comprimirlos (Pist-), además están equipados con finales de carrera para determinar la posición extendida (FC+) o comprimida (FC-). La secuencia de acciones es:

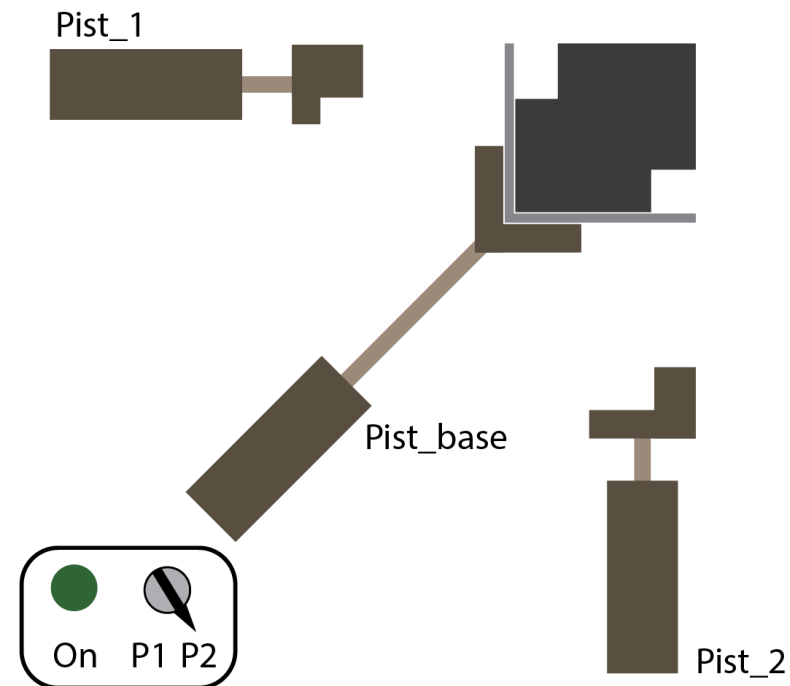
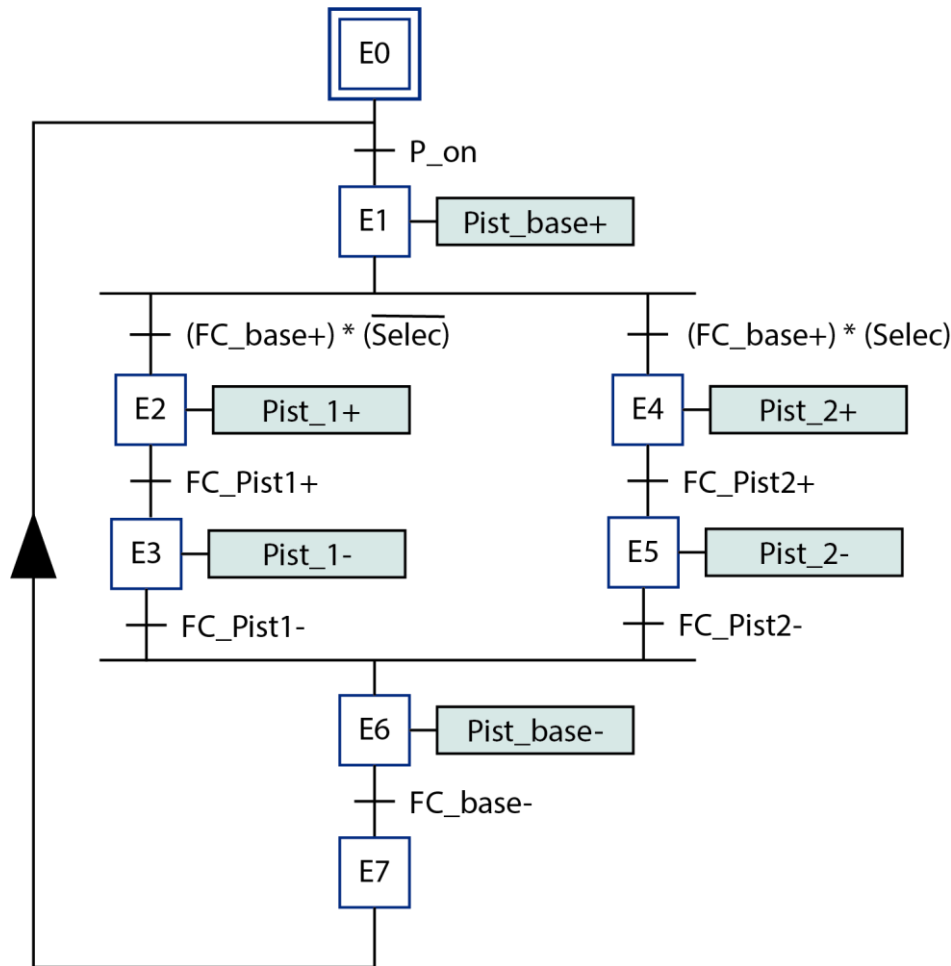
1. El operario acciona el pulsador P\_on
2. El pistón base se extiende para sujetar la chapa contra el molde.
3. Si el selector está en la posición P1 (Selec=0), se extiende y contrae el pistón 1.
4. Si el selector está en la posición P2 (Selec=1), se extiende y contrae el pistón 2.
5. Se contrae el pistón base para liberar la chapa ya conformada





# Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 2:** control de tres pistones para el conformado de chapa metálica, con selección de acción

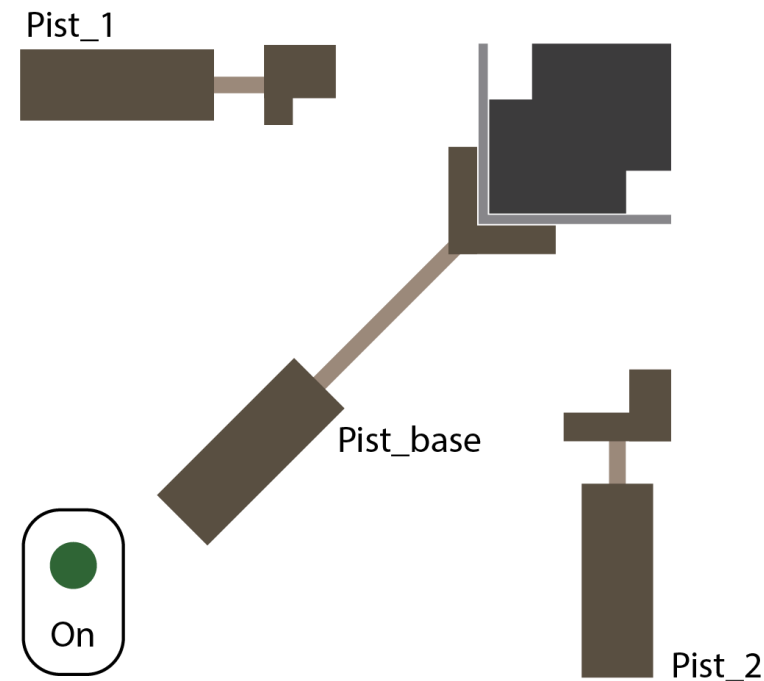


## Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 3:** control de tres pistones para el conformado de chapa metálica, con movimiento simultáneo

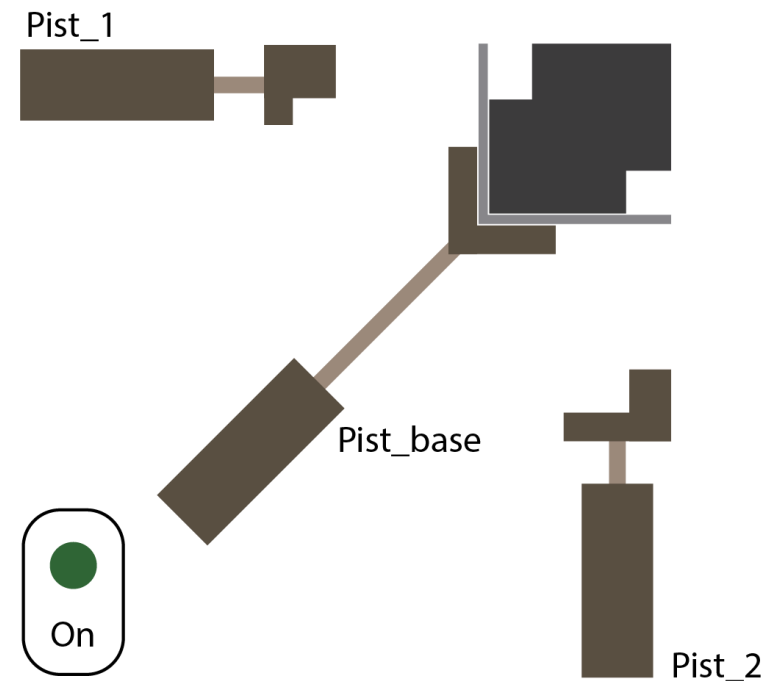
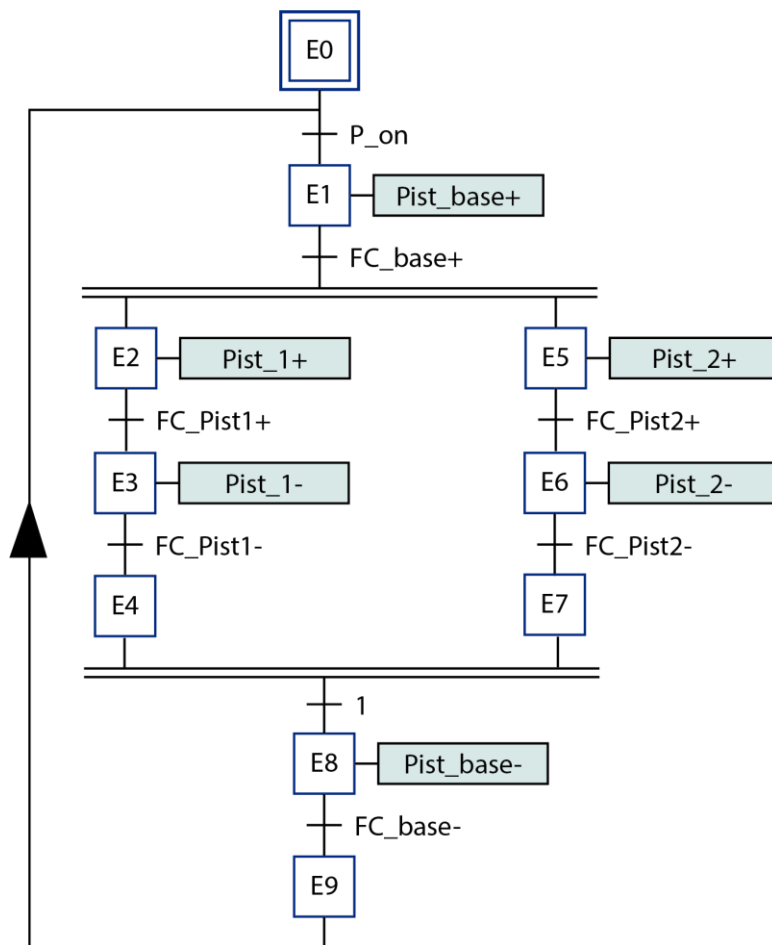
El proceso completo consta del movimiento secuencial de tres pistones. Todos están gobernados por señales para extenderlos (Pist+) o comprimirlos (Pist-), además están equipados con finales de carrera para determinar la posición extendida (FC+) o comprimida (FC-). La secuencia de acciones es:

1. El operario acciona el pulsador P\_on
2. El pistón base se extiende para sujetar la chapa contra el molde.
3. Los pistones 1 y 2 inician su recorrido simultáneamente, una vez completamente extendidos e independientemente del estado del otro pistón se retraen.
4. Cuando ambos pistones están completamente comprimidos, se contrae el pistón base para liberar la chapa ya conformada



# Diseño de automatismos mediante Grafcet

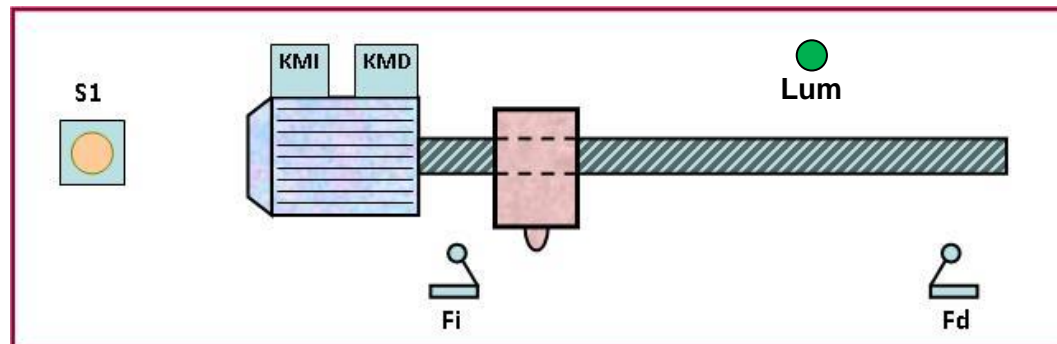
**Ejercicio 3:** control de tres pistones para el conformado de chapa metálica, con movimiento simultáneo



## Diseño de automatismos mediante Grafcet

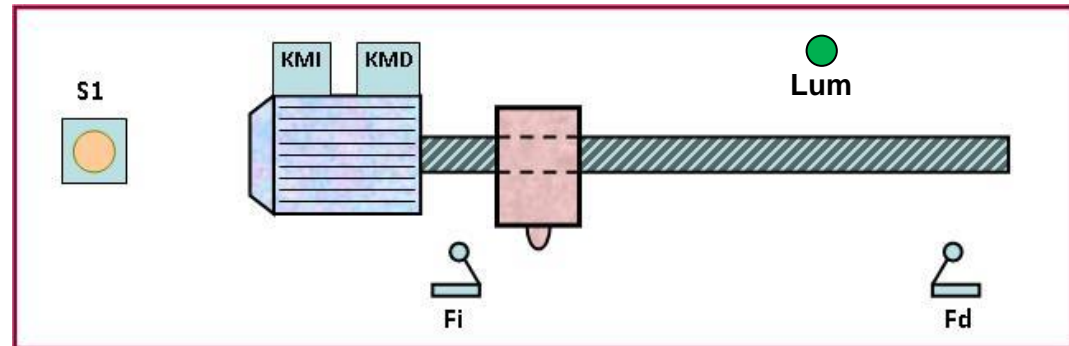
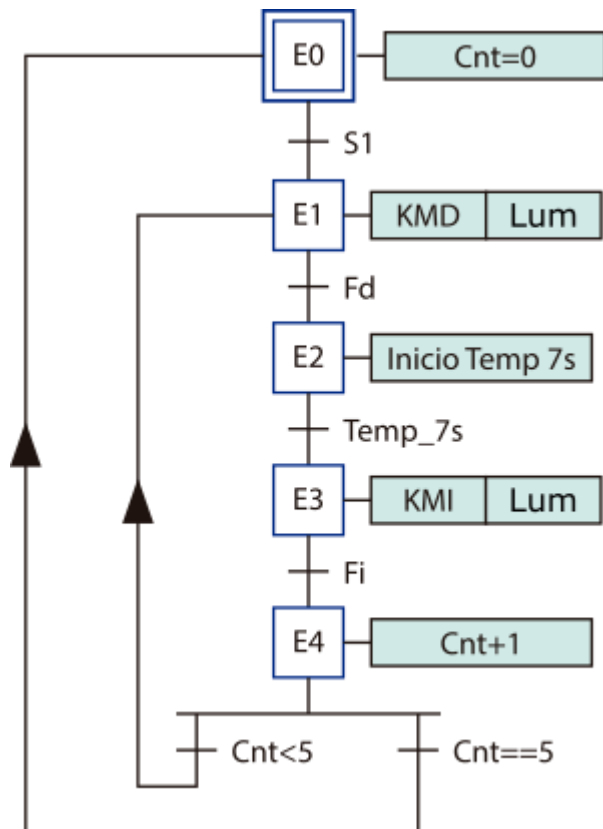
**Ejercicio 4:** control de un husillo en movimiento de ida y vuelta mediante un motor de giro a izquierdas y derechas

1. Al accionar **S1**, se inicia la marcha del motor a derechas activando **KMD**.
2. Cuando el husillo activa el final de carrera **Fd**, se detiene el giro a derechas durante 7 segundos
3. Transcurrido dicho tiempo se conecta el giro a izquierdas con **KMI**.
4. Al llegar el husillo a **Fi** el motor se detiene.
5. La secuencia se ha de repetir 5 veces, una vez ocurridas se esperará hasta una nueva orden de **S1**
6. Mientras KMI o KMD estén activos, el indicador **LUM** estará luciendo



# Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 4:** control de un husillo en movimiento de ida y vuelta mediante un motor de giro a izquierdas y derechas



# Implementación de un Grafcet en Ladder

Grafcet	Ladder
Etapas	Marcas internas. Se activan y desactivan con bobinas Set/Reset
Transiciones	Condiciones para la activación y desactivación de cada etapa
Acciones	Eventos que han de ocurrir cuando la marca correspondiente a cada etapa está activa

**Fase 1:** elaboración del Grafcet del proceso

**Fase 2:** asignar direcciones de memoria en el PLC a etapas, entradas y salidas, (también a contadores y temporizadores si los hubiera):

Etapas	Entradas	Salidas
E0: %M0.0	Pulsador: %I0.0	Act_entradaPieza: %Q0.0
E1: %M0.1	FC_avance: %I0.1	Act_avancePieza: %Q0.1
E2: %M0.2	FC_retroceso: %I0.2	Act_retrocesoSoporte: %Q0.2



# Implementación de un Grafcet en Ladder

**Fase 3:** ecuaciones para la transición de etapas

Etapas	Set / Reset
E0:	<b>Set E0</b> = (E2*FC_retroceso) + <b>FSM</b> <b>Reset E0</b> = E1
E1:	<b>Set E1</b> : E0*Pulsador <b>Reset E1</b> : E2
E2:	<b>Set E2</b> : E1*FC_avance <b>Reset E2</b> : E0

## First Scan Marc:

Es una marca del PLC activada por Hardware que sólo se activa en el primer ciclo de Scan, es decir, cuando el PLC pasa de STOP a RUN

**Fase 4:** ecuaciones para la ejecución de acciones

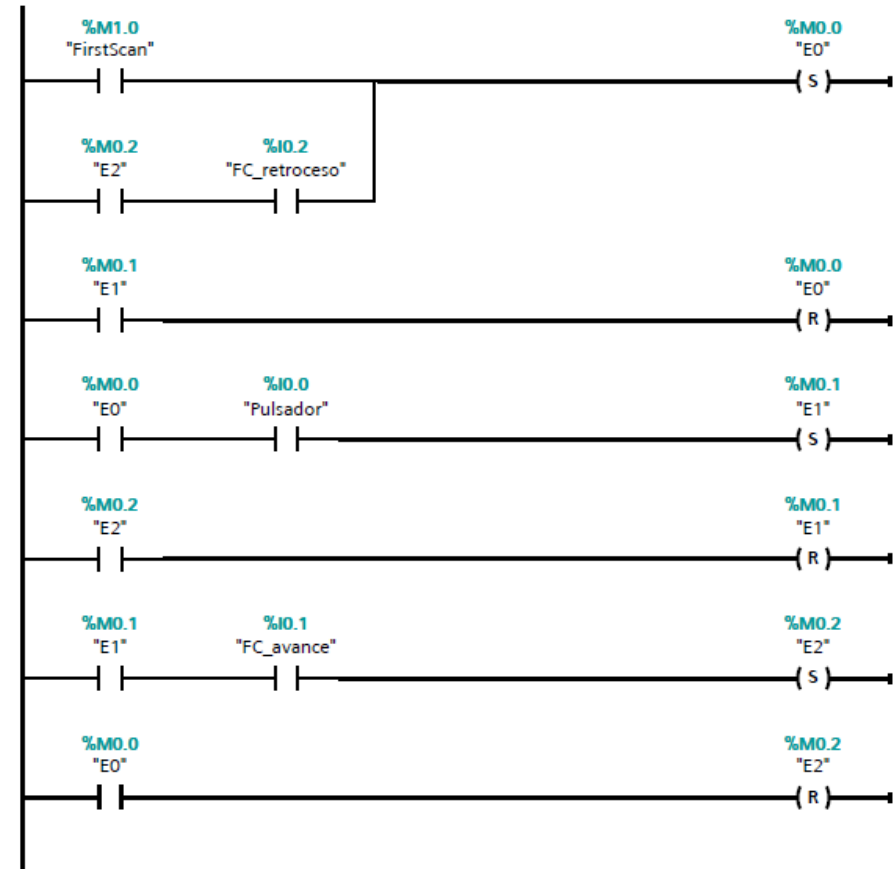
Acción	Lógica de activación
Entrada pieza:	<b>Act_entradaPieza</b> = E0
Avance pieza:	<b>Act_avancePieza</b> = E1
Retroceso soporte:	<b>Act_retrocesoSoporte</b> = E2



# Implementación de un Grafcet en Ladder

**Fase 5.1:** traducir ecuaciones lógicas de las transiciones entre etapas a Ladder

Etapas	Set / Reset
E0:	<b>Set E0</b> = $(E2 * FC\_retroceso) + FSM$ <b>Reset E0</b> = E1
E1:	<b>Set E1</b> : $E0 * Pulsador$ <b>Reset E1</b> : E2
E2:	<b>Set E2</b> : $E1 * FC\_avance$ <b>Reset E2</b> : E0

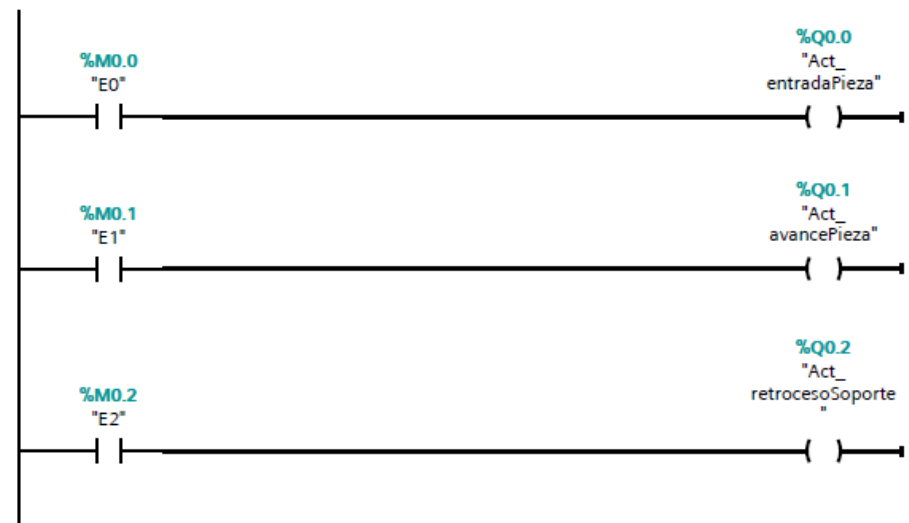
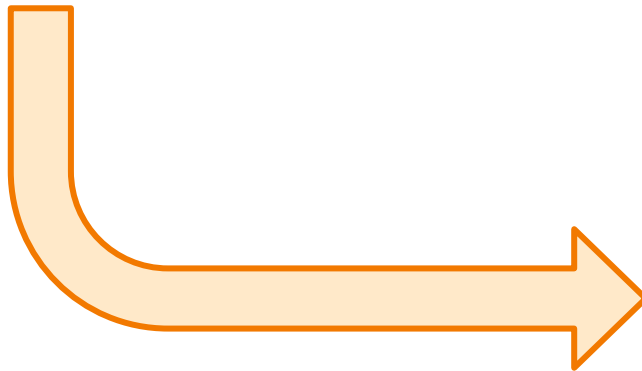




# Implementación de un Grafcet en Ladder

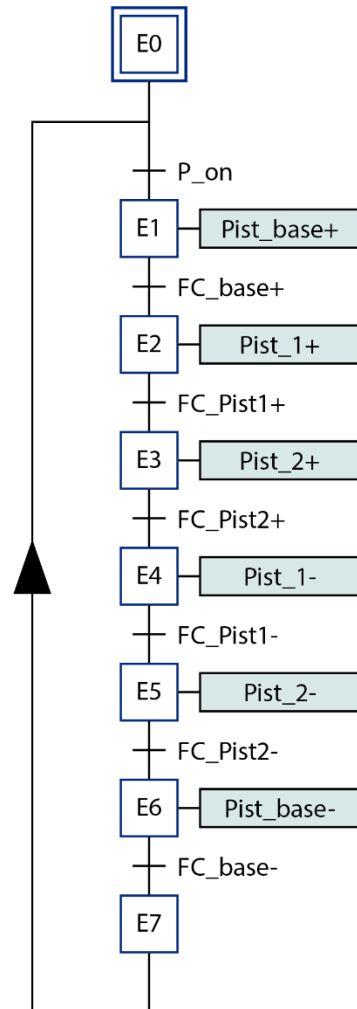
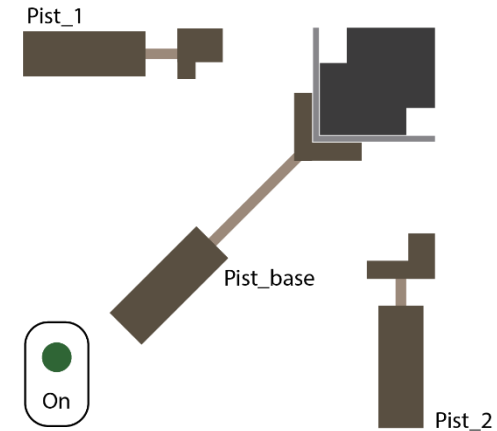
**Fase 5.2:** traducir ecuaciones lógicas de las acciones a Ladder

Acción	Lógica de activación
Entrada pieza:	<b>Act_entradaPieza</b> = E0
Avance pieza:	<b>Act_avancePieza</b> = E1
Retroceso soporte:	<b>Act_retrocesoSoporte</b> = E2



# Implementación de automatismos Grafcet

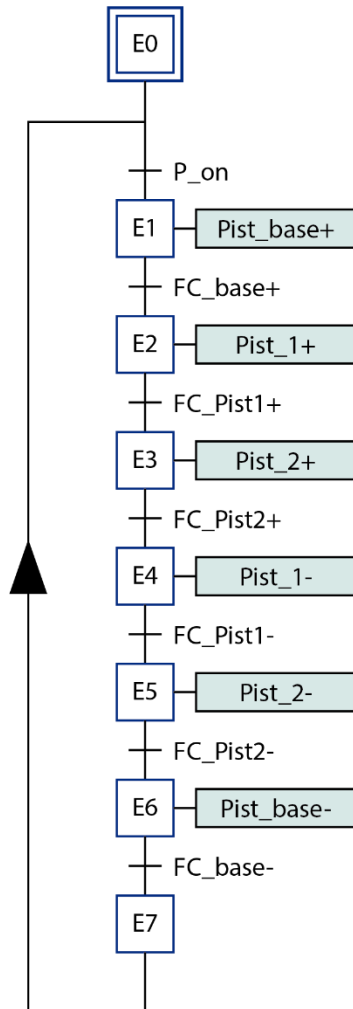
**Ejercicio 1:** control secuencial de tres pistones para el conformado de chapa metálica



Etapas	Entradas	Salidas
E0: %M0.0	P_on: %I0.0	Pist_base+: %Q0.0
E1: %M0.1	FC_base+: %I0.1	Pist_base-: %Q0.1
E2: %M0.2	FC_base-: %I0.2	Pist_1+: %Q0.2
E3: %M0.3	FC_Pist1+: %I0.3	Pist_1-: %Q0.3
E4: %M0.4	FC_Pist1-: %I0.4	Pist_2+: %Q0.4
E5: %M0.5	FC_Pist2+: %I0.5	Pist_2-: %Q0.5
E6: %M0.6	FC_Pist2-: %I0.6	
E7: %M0.7		

# Implementación de automatismos Grafcet

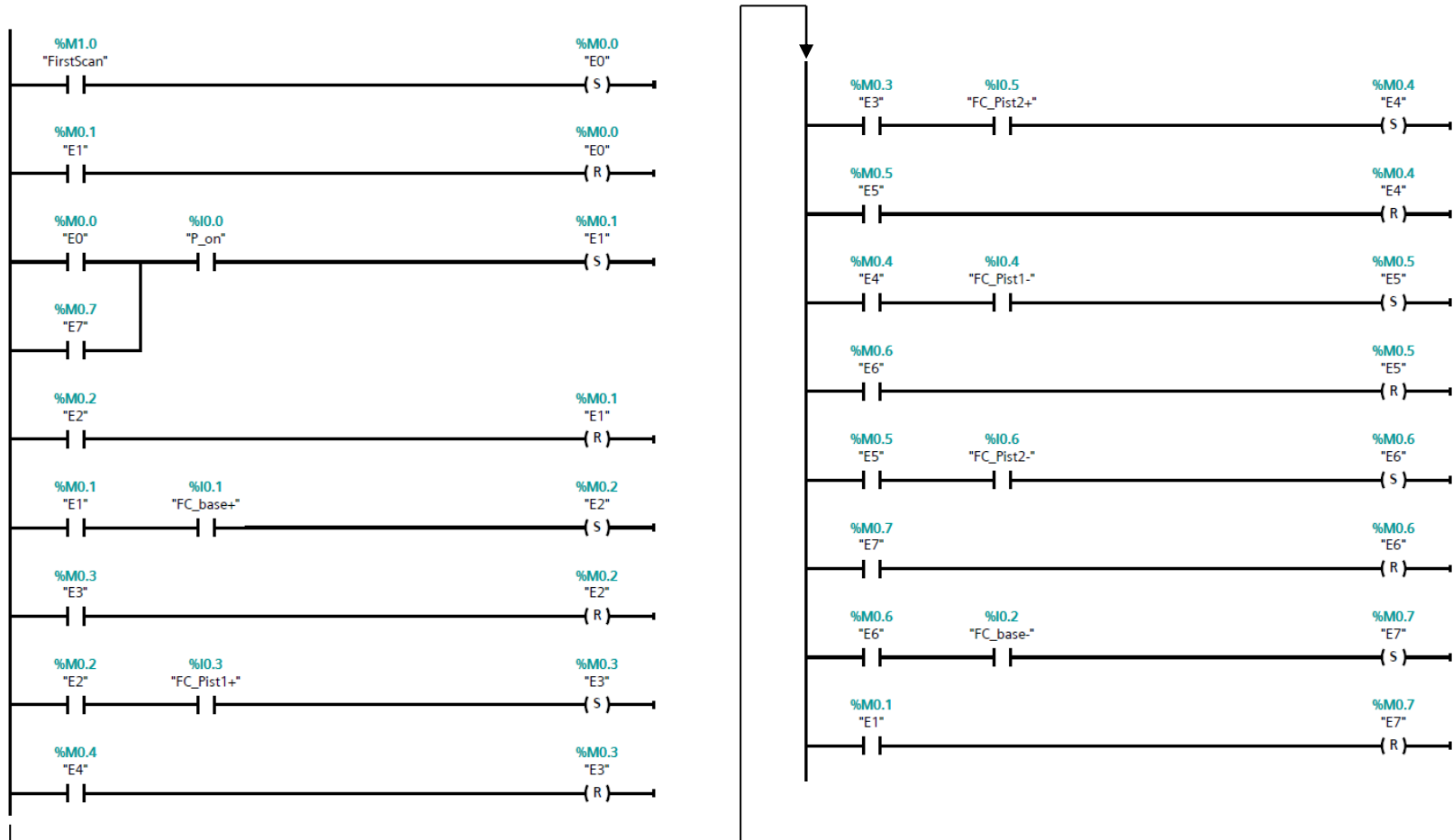
**Ejercicio 1:** control secuencial de tres pistones para el conformado de chapa metálica



Etapas	Set / Reset
E0:	<b>Set E0 = FSM</b> <b>Reset E0 = E1</b>
E1:	<b>Set E1: <math>(E0+E7) * P\_on</math></b> <b>Reset E1: E2</b>
E2:	<b>Set E2: <math>E1 * FC\_base+</math></b> <b>Reset E2: E3</b>
E3:	<b>Set E3: <math>E2 * FC\_Pist1+</math></b> <b>Reset E3: E4</b>
E4:	<b>Set E4: <math>E3 * FC\_Pist2+</math></b> <b>Reset E4: E5</b>
E5:	<b>Set E5: <math>E4 * FC\_Pist1-</math></b> <b>Reset E5: E6</b>
E6:	<b>Set E6: <math>E5 * FC\_Pist2-</math></b> <b>Reset E6: E7</b>
E7:	<b>Set E7: <math>E6 * FC\_base-</math></b> <b>Reset E7: E1</b>

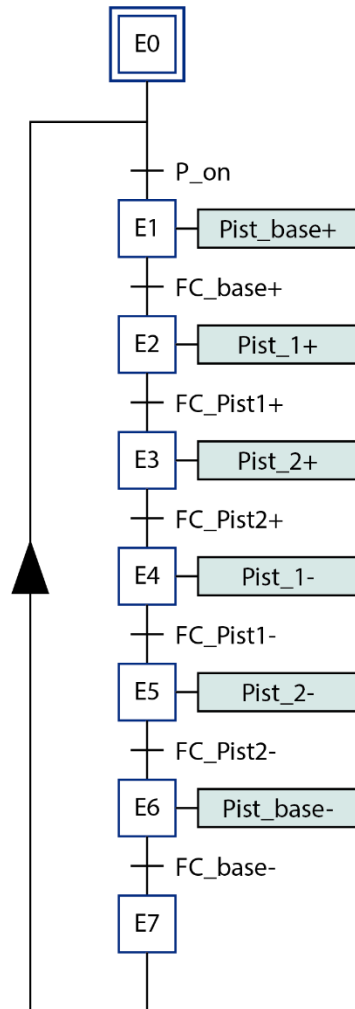
# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 1: control secuencial de tres pistones para el conformado de chapa metálica



# Implementación de automatismos Grafcet

**Ejercicio 1:** control secuencial de tres pistones para el conformado de chapa metálica



## Lógica de activación

**Pist\_base+ = E1**

**Pist\_base- = E6**

**Pist\_1+ = E2**

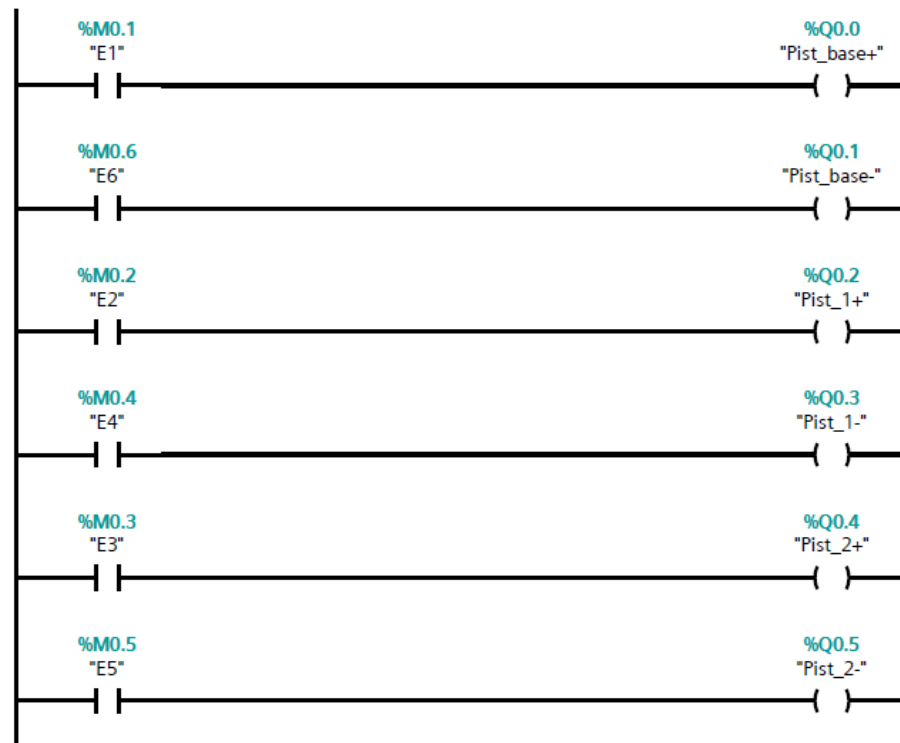
**Pist\_1- = E4**

**Pist\_2+ = E3**

**Pist\_2- = E5**

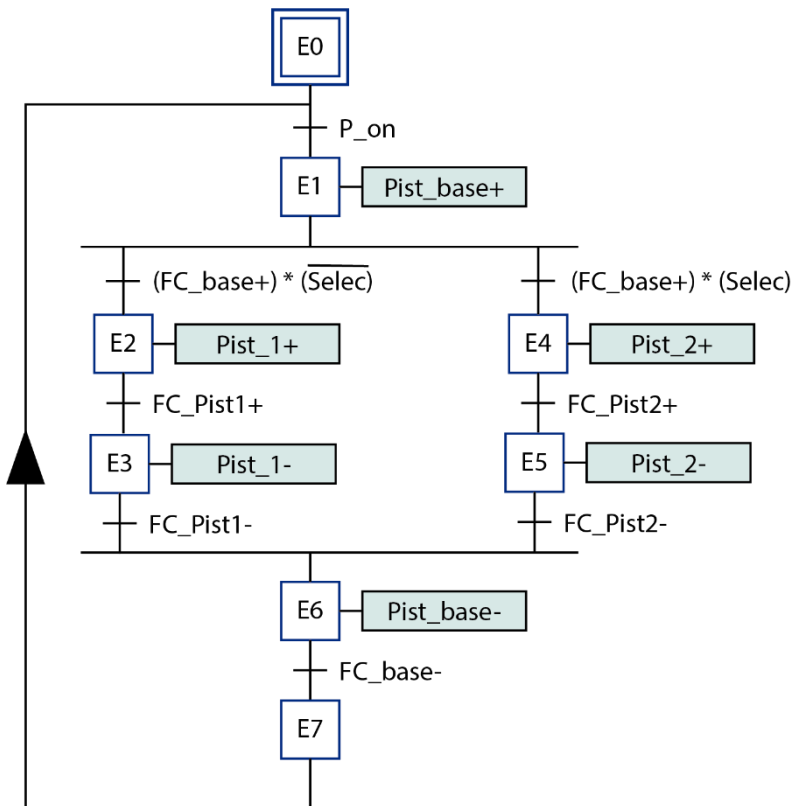
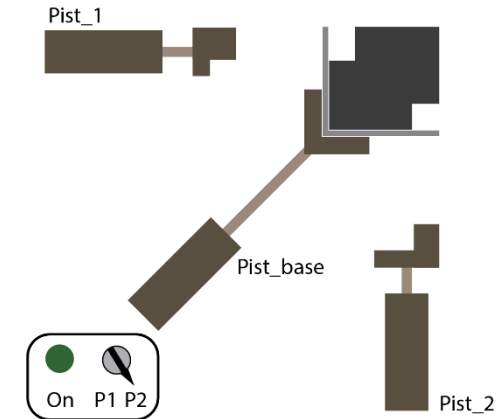
# Implementación de automatismos Grafcet

**Ejercicio 1:** control secuencial de tres pistones para el conformado de chapa metálica



# Implementación de automatismos Grafcet

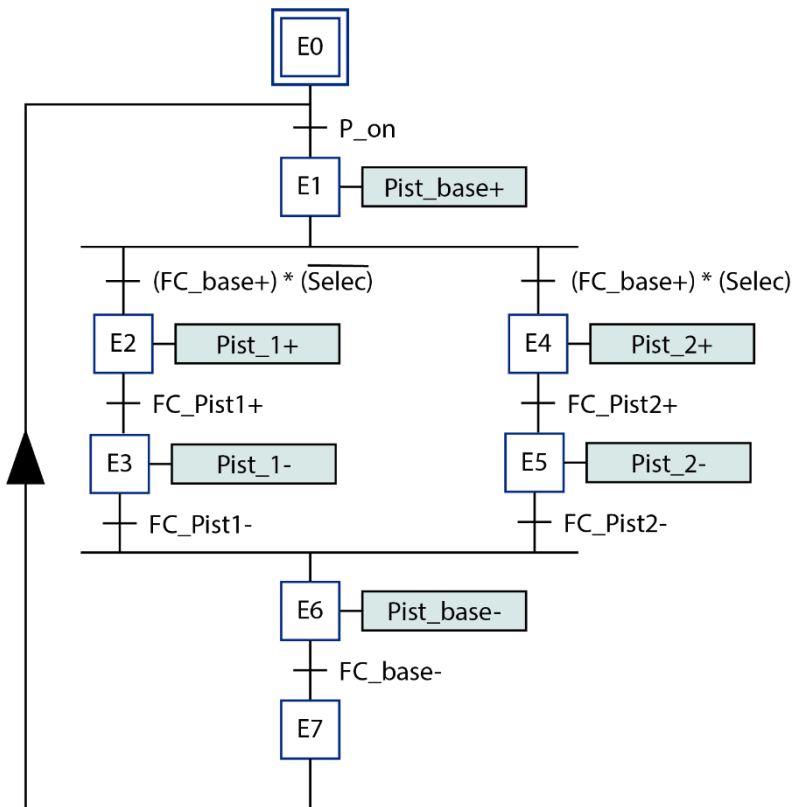
**Ejercicio 2:** control secuencial de tres pistones con selección de acción



Etapas	Entradas	Salidas
E0: %M0.0	P_on: %I0.0	Pist_base+: %Q0.0
E1: %M0.1	FC_base+: %I0.1	Pist_base-: %Q0.1
E2: %M0.2	FC_base-: %I0.2	Pist_1+: %Q0.2
E3: %M0.3	FC_Pist1+: %I0.3	Pist_1-: %Q0.3
E4: %M0.4	FC_Pist1-: %I0.4	Pist_2+: %Q0.4
E5: %M0.5	FC_Pist2+: %I0.5	Pist_2-: %Q0.5
E6: %M0.6	FC_Pist2-: %I0.6	
E7: %M0.7	Select: %I0.7	

# Implementación de automatismos Grafcet

**Ejercicio 2:** control secuencial de tres pistones con selección de acción

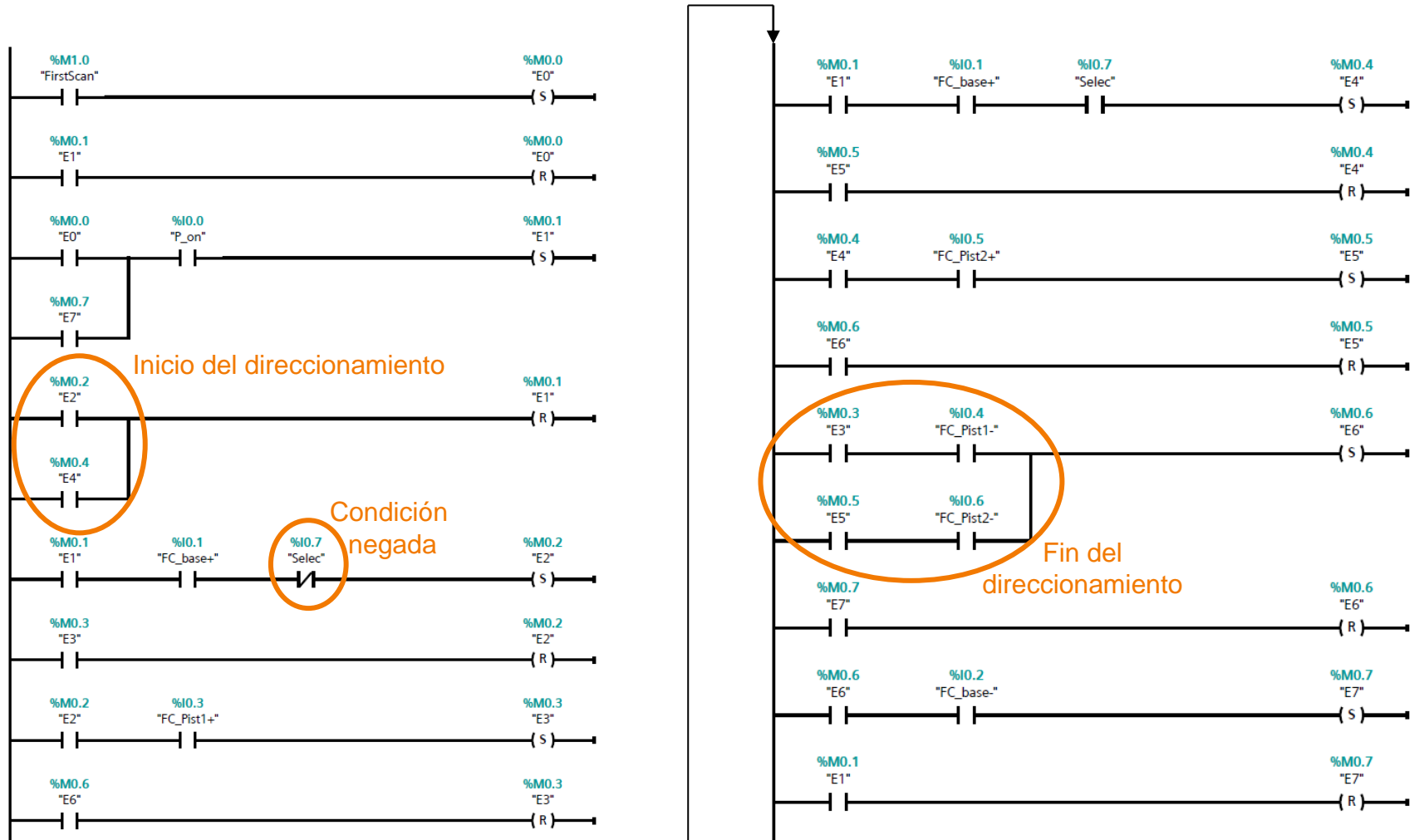


Etapas	Set / Reset
E0:	<b>Set E0 = FSM</b> <b>Reset E0 = E1</b>
E1:	<b>Set E1: <math>(E0 + E7) * P\_on</math></b> <b>Reset E1: <math>E2 + E4</math></b>
E2:	<b>Set E2: <math>E1 * FC\_base+ * \overline{Selec}</math></b> <b>Reset E2: E3</b>
E3:	<b>Set E3: <math>E2 * FC\_Pist1+</math></b> <b>Reset E3: E6</b>
E4:	<b>Set E4: <math>E1 * FC\_base+ * Selec</math></b> <b>Reset E4: E5</b>
E5:	<b>Set E5: <math>E4 * FC\_Pist2+</math></b> <b>Reset E5: E6</b>
E6:	<b>Set E6: <math>(E3 * FC\_Pist1-) + (E5 * FC\_Pist2-)</math></b> <b>Reset E6: E7</b>
E7:	<b>Set E7: <math>E6 * FC\_base-</math></b> <b>Reset E7: E1</b>



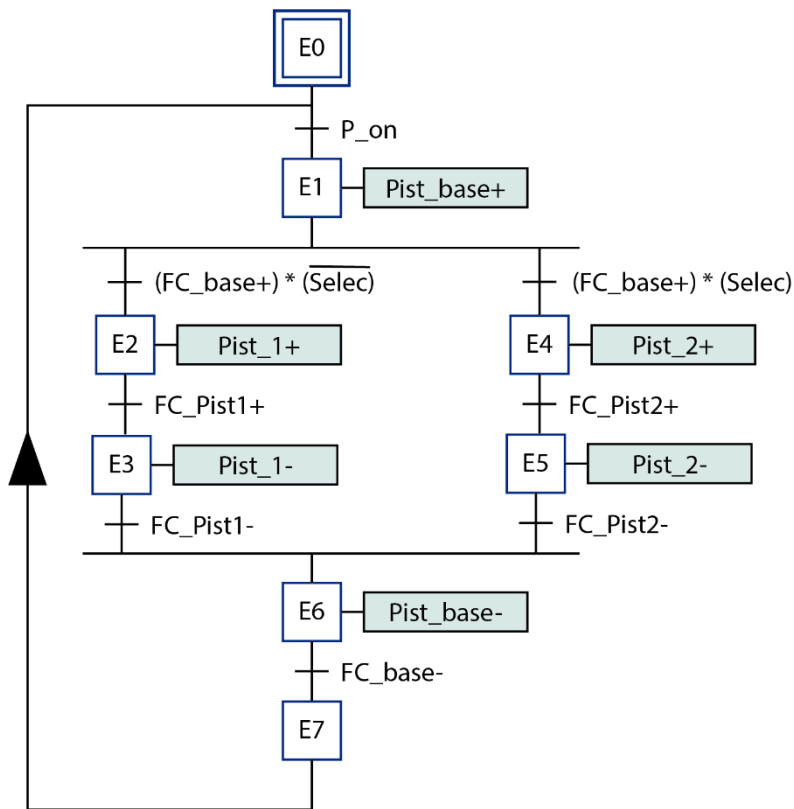
# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 2: control secuencial de tres pistones con selección de acción



# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 2: control secuencial de tres pistones con selección de acción



### Lógica de activación

**Pist\_base+ = E1**

**Pist\_base- = E6**

**Pist\_1+ = E2**

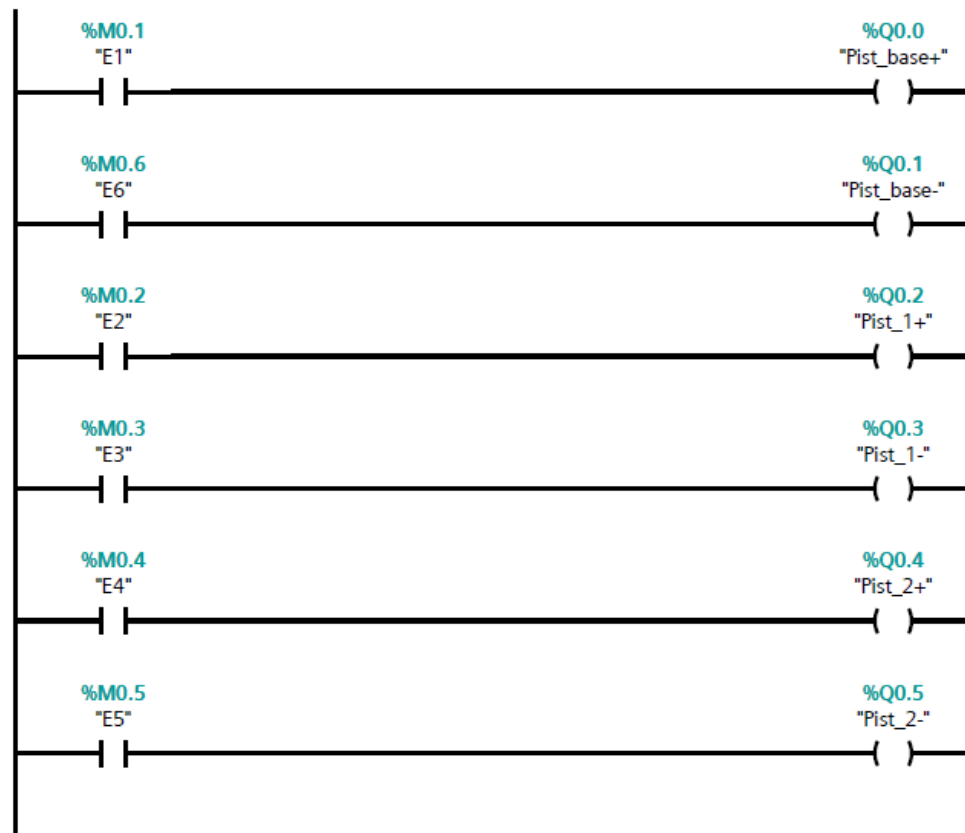
**Pist\_1- = E3**

**Pist\_2+ = E4**

**Pist\_2- = E5**

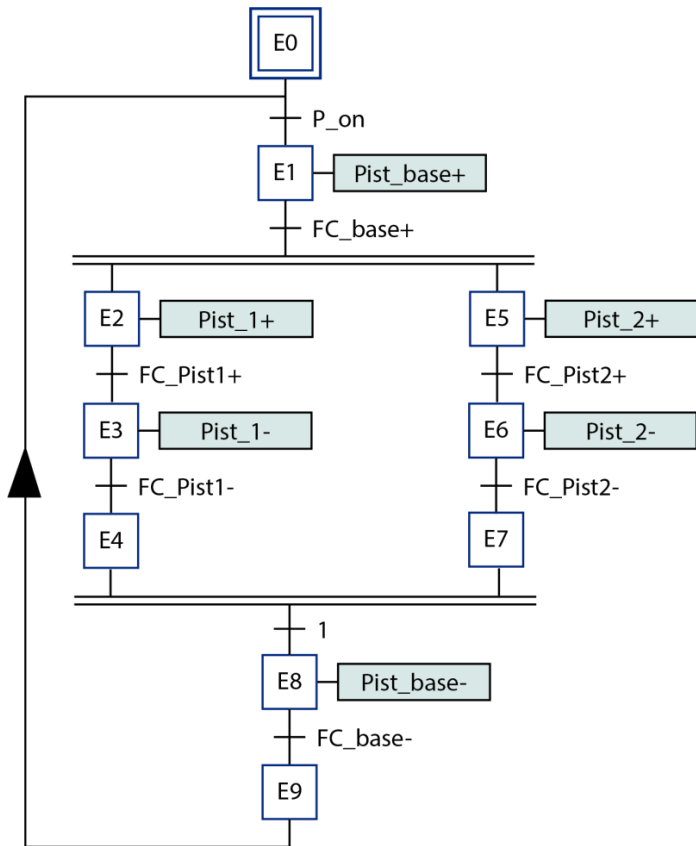
# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 2: control secuencial de tres pistones con selección de acción



# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 3: control secuencial de tres pistones movimiento simultáneo



### Etapas

E0: %M0.0

E1: %M0.1

E2: %M0.2

E3: %M0.3

E4: %M0.4

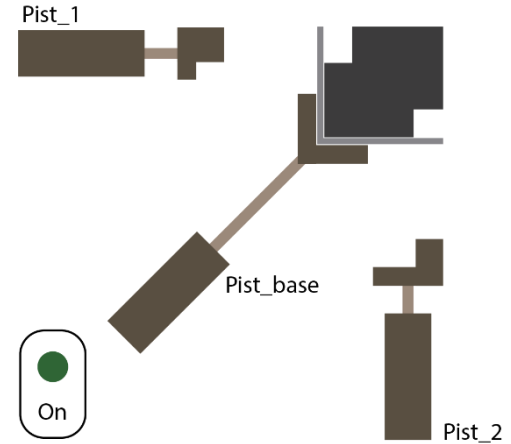
E5: %M0.5

E6: %M0.6

E7: %M0.7

E8: %M1.0

E9: %M1.1



### Entradas

P\_on: %I0.0

FC\_base+: %I0.1

FC\_base-: %I0.2

FC\_Pist1+: %I0.3

FC\_Pist1-: %I0.4

FC\_Pist2+: %I0.5

FC\_Pist2-: %I0.6

### Salidas

Pist\_base+: %Q0.0

Pist\_base-: %Q0.1

Pist\_1+: %Q0.2

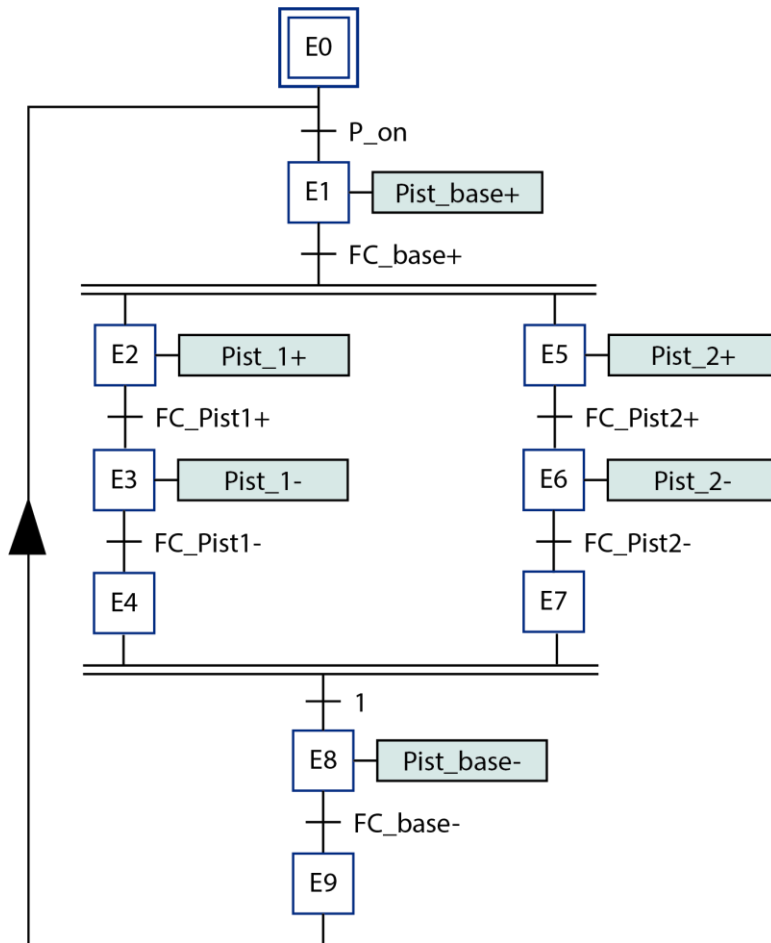
Pist\_1-: %Q0.3

Pist\_2+: %Q0.4

Pist\_2-: %Q0.5

# Implementación de automatismos Grafcet

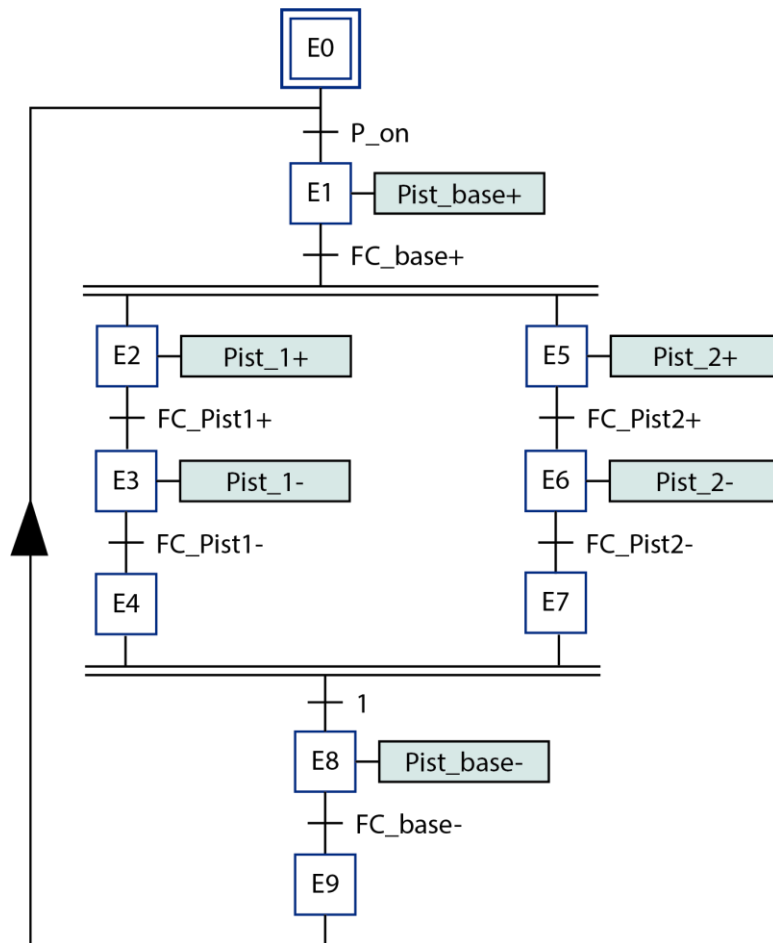
## Ejercicio 3: control secuencial de tres pistones movimiento simultáneo



Etapas	Set / Reset
E0:	<b>Set E0 = FSM</b> <b>Reset E0 = E1</b>
E1:	<b>Set E1: (E0+E9) * P_on</b> <b>Reset E1: E2 * E5</b>
E2:	<b>Set E2: E1 * FC_base+</b> <b>Reset E2: E3</b>
E3:	<b>Set E3: E2 * FC_Pist1+</b> <b>Reset E3: E4</b>
E4:	<b>Set E4: E3 * FC_Pist1-</b> <b>Reset E4: E8</b>
E5:	<b>Set E5: E1 * FC_base+</b> <b>Reset E5: E6</b>

# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 3: control secuencial de tres pistones movimiento simultáneo



Etapas	Set / Reset
E6	<b>Set E6:</b> E5 * FC_Pist2+ <b>Reset E6:</b> E7
E7	<b>Set E7:</b> E6 * Pist2- <b>Reset E7:</b> E8
E8	<b>Set E8:</b> E7 * E4 <b>Reset E8:</b> E9
E9	<b>Set E9:</b> E8 * FC_base- <b>Reset E9:</b> E1

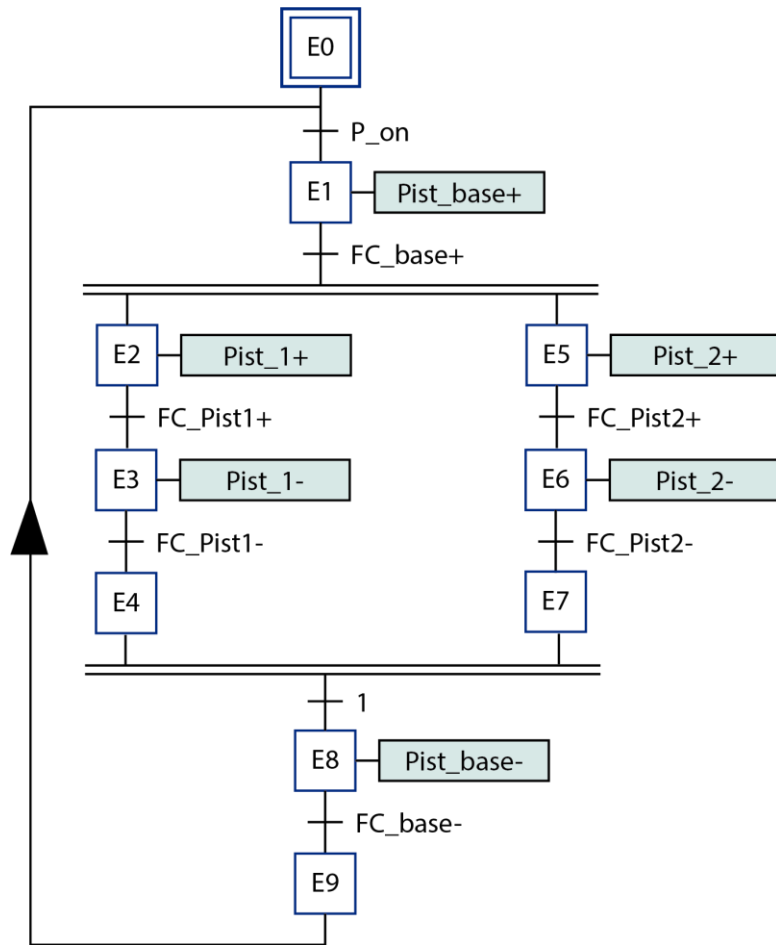
# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 3: control secuencial de tres pistones movimiento simultáneo



# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 3: control secuencial de tres pistones con movimiento simultáneo



### Lógica de activación

**Pist\_base+ = E1**

**Pist\_base- = E8**

**Pist\_1+ = E2**

**Pist\_1- = E3**

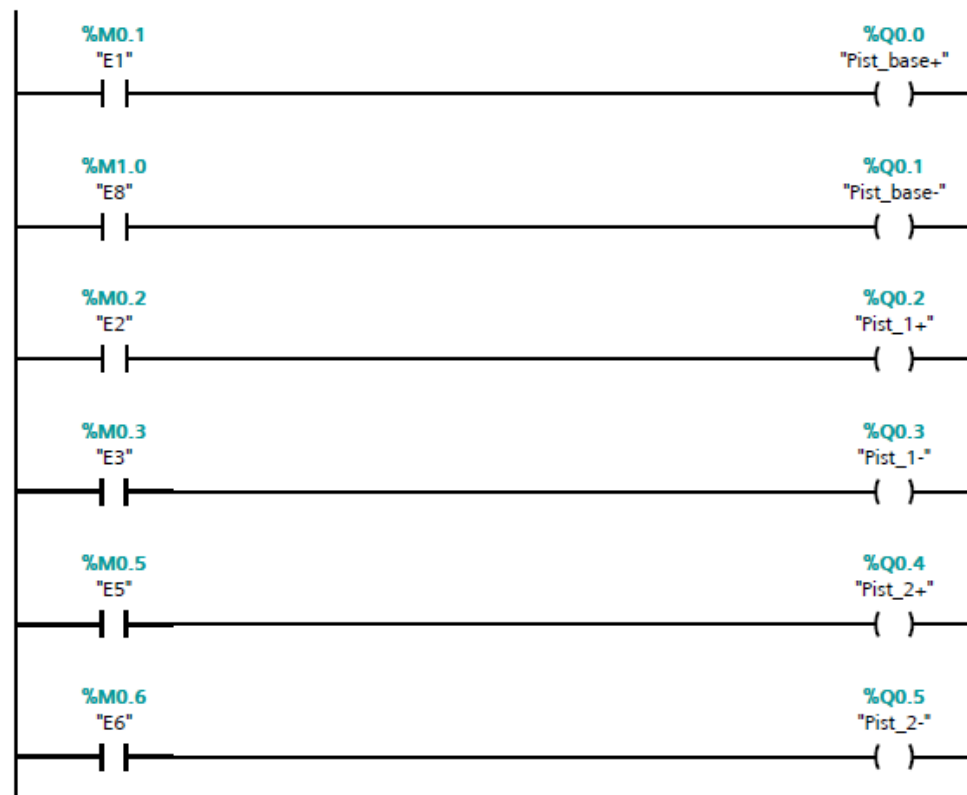
**Pist\_2+ = E5**

**Pist\_2- = E6**



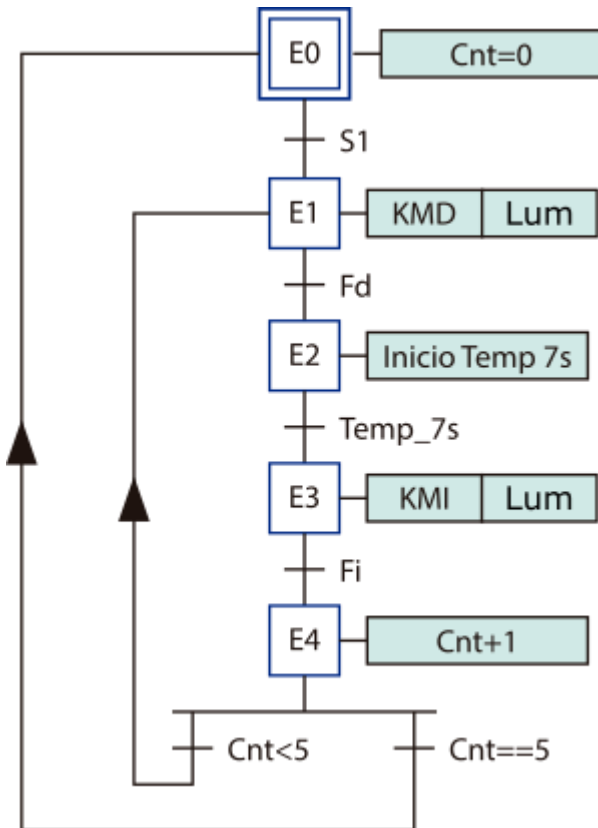
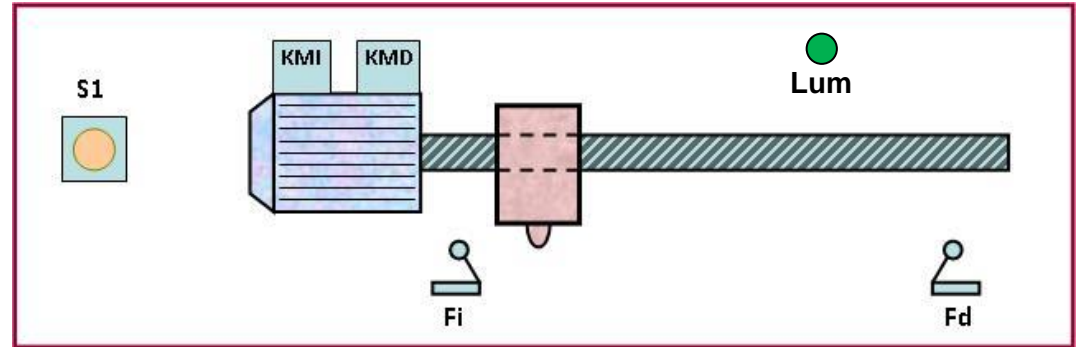
# Implementación de automatismos Grafcet

## Ejercicio 3: control secuencial de tres pistones con movimiento simultáneo



# Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 4:** control de un husillo en movimiento de ida y vuelta mediante un motor de giro a izquierdas y derechas



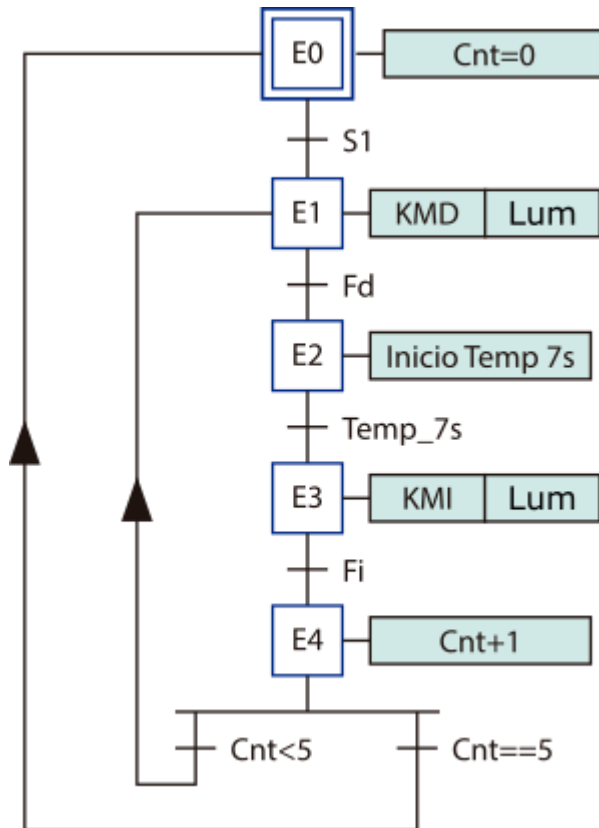
Etapas
E0: %M0.0
E1: %M0.1
E2: %M0.2
E3: %M0.3
E4: %M0.4

Entradas	Salidas
S1: %I0.0	KMD: %Q0.0
Fd: %I0.1	KMI: %Q0.1
Fi: %I0.2	Lum: %Q0.2

Temporizador	Contadores
Temp: DB1	Cnt: DB2
Temp>7s: %M0.6	Cnt>=5: %M0.7

## Diseño de automatismos mediante Grafcet

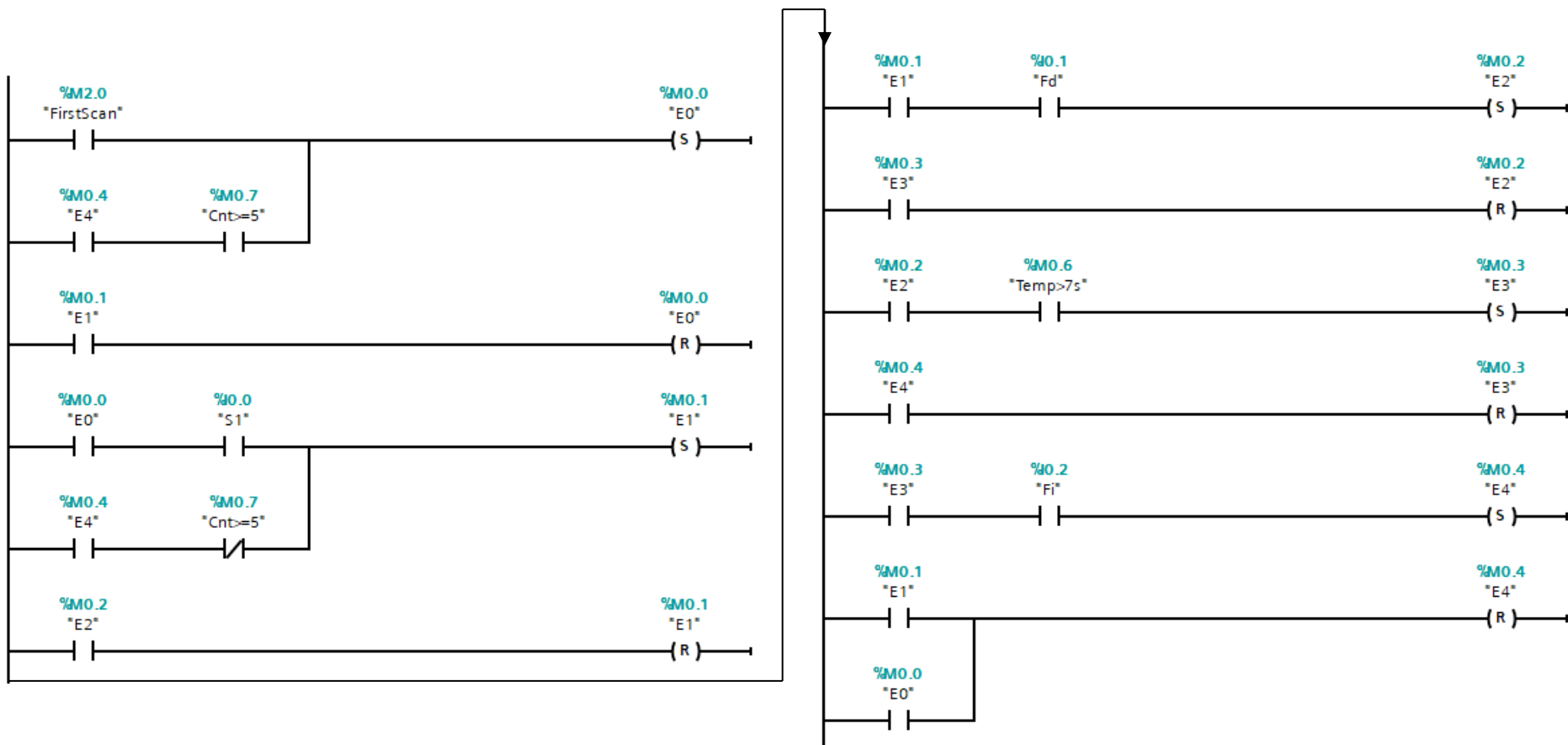
**Ejercicio 4:** control de un husillo en movimiento de ida y vuelta mediante un motor de giro a izquierdas y derechas



Etapas	Set / Reset
E0:	<b>Set E0</b> = FSM + E4*Cnt>=5 <b>Reset E0</b> = E1
E1:	<b>Set E1</b> : (E0 * S1) + (E4 * $\overline{\text{Cnt}>=5}$ ) <b>Reset E1</b> : E2
E2:	<b>Set E2</b> : E1 * Fd <b>Reset E2</b> : E3
E3:	<b>Set E3</b> : E2 * Temp>7s <b>Reset E3</b> : E4
E4:	<b>Set E4</b> : E3 * Fi <b>Reset E4</b> : E1 + E0

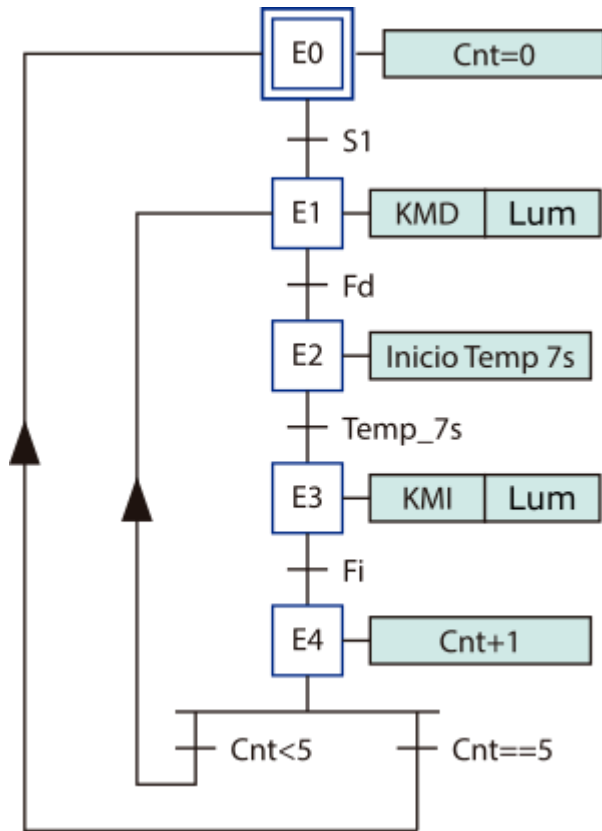
# Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 4:** control de un husillo en movimiento de ida y vuelta mediante un motor de giro a izquierdas y derechas



## Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 4:** control de un husillo en movimiento de ida y vuelta mediante un motor de giro a izquierdas y derechas



### Lógica de activación

**KMD = E1**

**KMI = E3**

**Lum = E1 + E3**

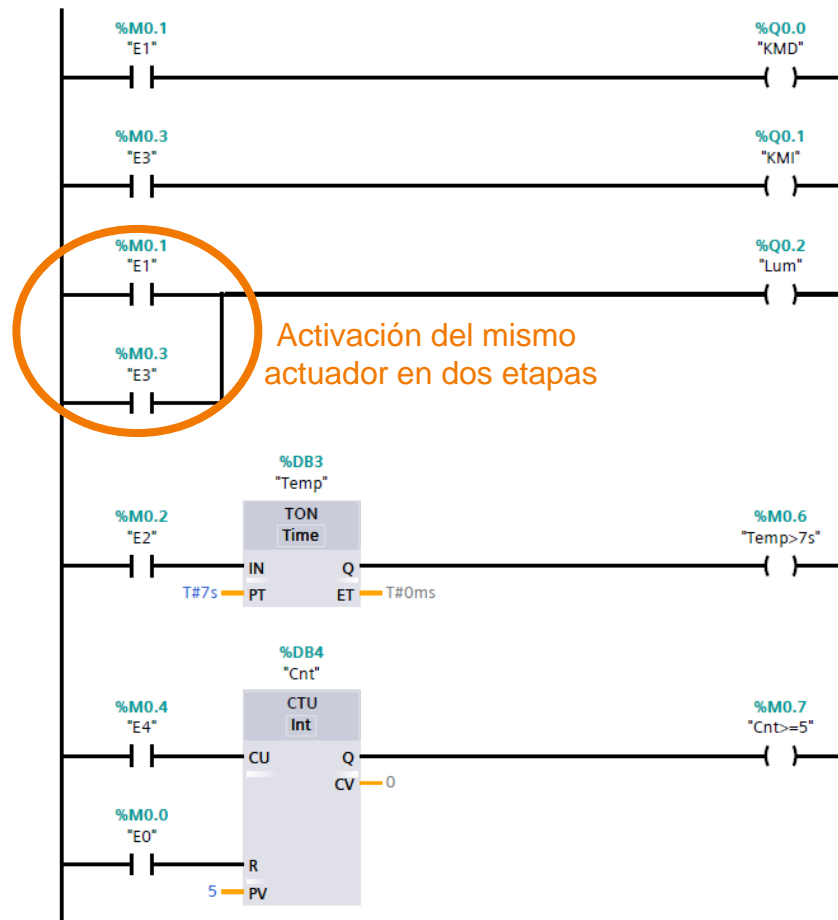
**Temp = E2**

**Cnt+1 = E4**

**Reset Cnt = E0**

# Diseño de automatismos mediante Grafcet

**Ejercicio 4:** control de un husillo en movimiento de ida y vuelta mediante un motor de giro a izquierdas y derechas



# Modos de marcha y parada. La guía GEMMA

- ✓ **GEMMA** es el acrónimo de *Guía de Estudios de Modos de Marcha y de Parada* (del francés *Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts*)
- ✓ Se trata de un procedimiento o guía (no es una norma IEC 61131) que permite representar de una manera gráfica todos los **modos de marcha** y **modos de paro** de un proceso de producción automatizado.
- ✓ Se asume que un proceso puede estar **en tres tipos de estado** diferentes:
  1. **F: Estados de funcionamiento (producción):** F1: producción normal, F2: Marcha de preparación, F3: Marcha de cierre...
  2. **A: Estados de parada.** A1: Parada en el estado inicial, A2: Parada fin de ciclo,..., A5: Preparación para puesta en marcha tras un defecto
  3. **D: Estados de alarma o defecto (producto no aprovechable):** D1: parada de emergencia, D2: Diagnóstico, D3: Producción a pesar de los defectos.
- ✓ Cada estado individual (F1,F2, A1, etc) se programa con un GRAFCET

## Ejemplo de uso de la guía GEMMA con 6 estados

