

# Lenguaje SFC (Sequential Function Chart)

## Controladores Lógicos Programables

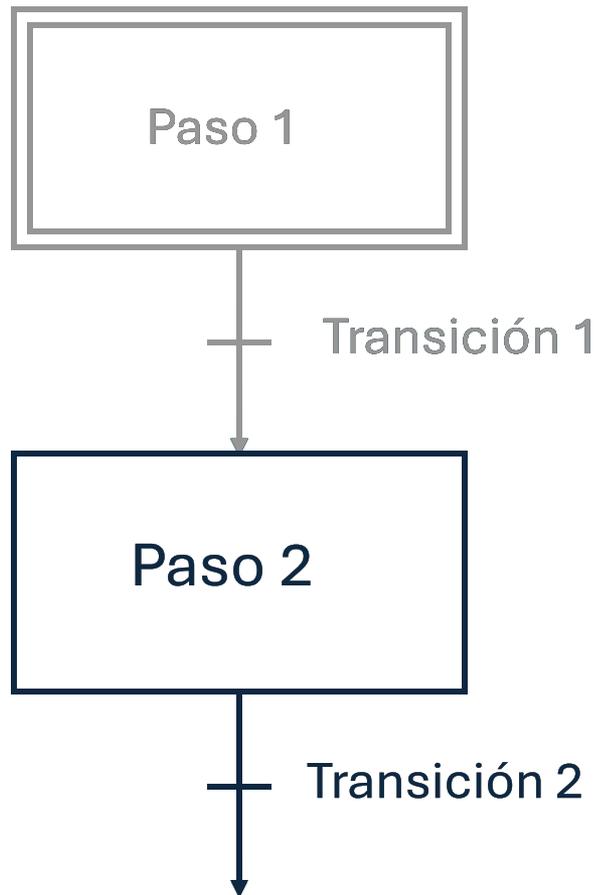
# Introducción

Lenguaje gráfico basado en operaciones secuenciales

Programa SFC: secuencia de pasos, transiciones y saltos

- 1 Entre dos pasos debe existir al menos una transición
- 2 Entre dos transiciones debe existir al menos un paso
- 3 Debe existir al menos un paso inicial

# Secuencia de ejecución en SFC



Paso 1 inactivo

Transición 1 inhibida

Paso 2 activo

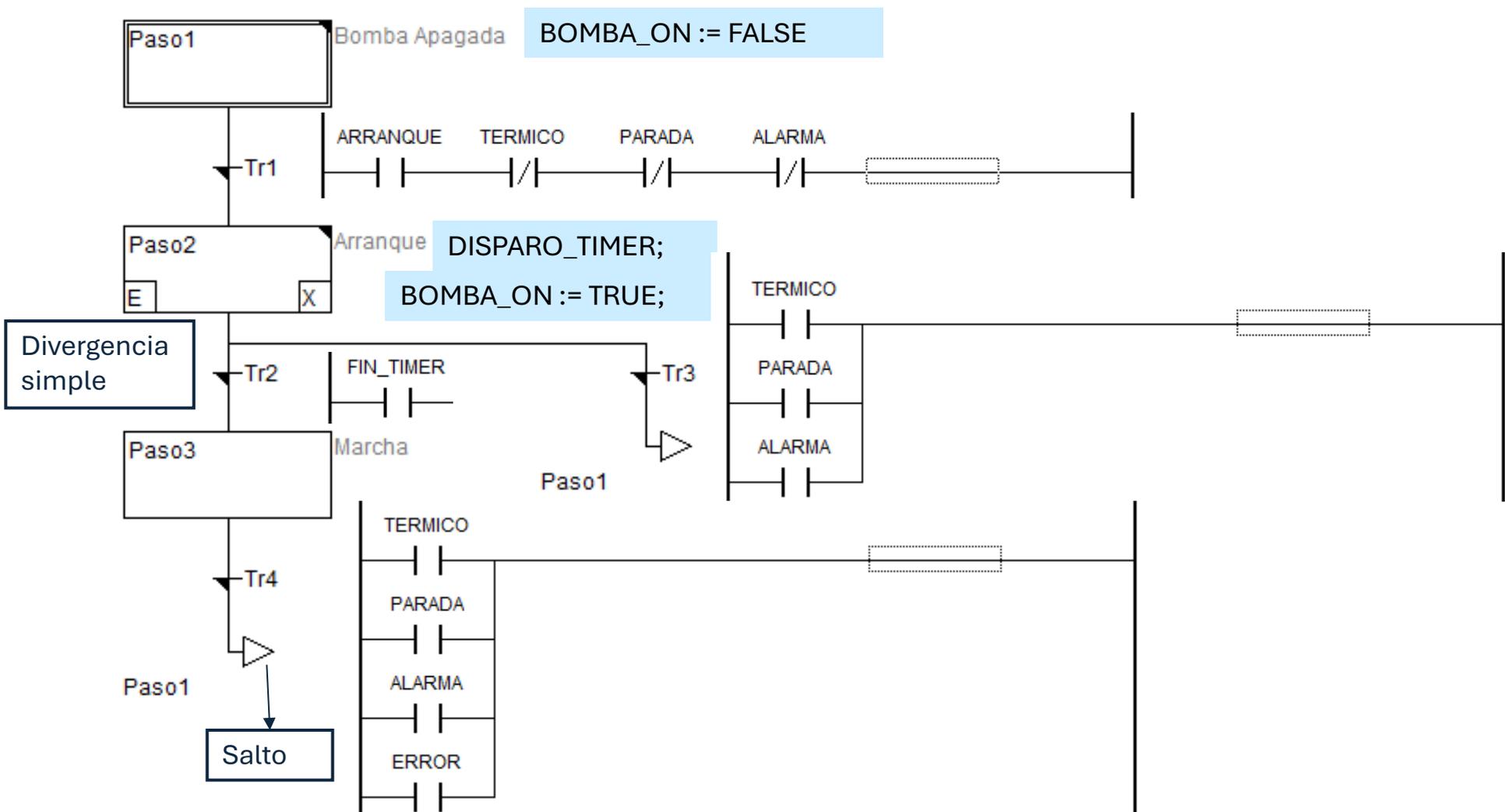
Transición 2 habilitada

- Gestión de pasos y transiciones por parte del SO
- Segmentación de código: solo se ejecuta el código de los pasos activos

# Ejemplo

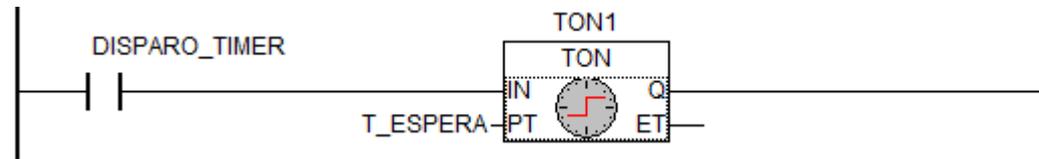
- La bomba será encendida si:
  - Se pulsa botón de arranque
  - Protección térmica deshabilitada
  - Botón de emergencia abierto
  - Botón de parada abierto
- Después de un tiempo  $T$  a partir del encendido no puede existir ni sobre ni baja corriente
- Apagado:
  - Se pulsa botón de parada
  - Salta protección térmica
  - Se pulsa botón de emergencia
  - Se pasa uno de los límites de corriente

# Ejemplo: Niveles 1 y 2

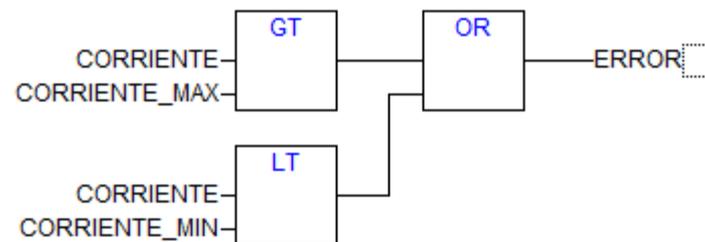


# Ejemplo: Nivel 2

## TRANSICION 2



## PASO 3

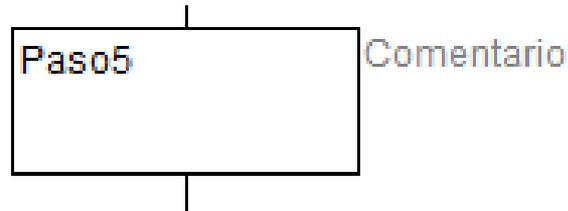


# Componentes SFC

- Componentes básicos:
  - pasos
  - pasos iniciales
  - transiciones
  - saltos a pasos

# El Paso

- Representación:



- Nivel 1: nombre y comentario
- Estados: activo o inactivo
- Estado Activo: desde el disparo de una transición cualquiera anterior hasta el disparo de una transición cualquiera posterior

# El Paso

Consiste en una secuencia de acciones. Existen 3 tipos de acciones:

Tipo *boolean*: relacionan valor de variables booleanas y estado del paso

**VAR;** VAR = actividad del paso

**/ VAR;** VAR = actividad del paso negada

**VAR(S);** Setea VAR con la actividad del paso

**VAR(R);** Resetea VAR con la actividad del paso

Tipo N (*non-stored*): se ejecutan en cada ciclo mientras el paso está activo

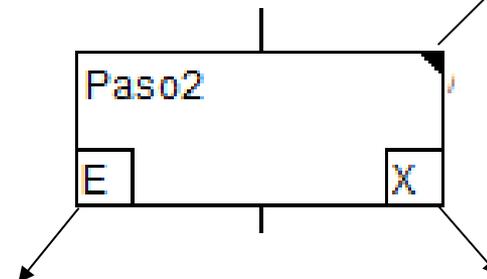
```
ACTION (N):  
    (* Instrucciones *)  
END_ACTION;
```

Tipo P (*pulsed*): se ejecutan una sola vez cada vez que el paso está activo

```
ACTION (P):  
    (* Instrucciones *)  
END_ACTION;
```

# Acciones

En el PLC del laboratorio disponemos de 3 acciones principales:



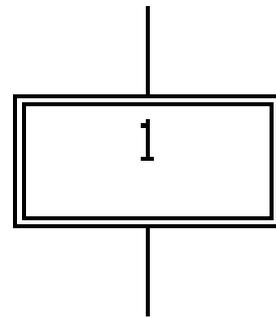
Tipo P de entrada: se ejecutan una sola vez cuando se ingresa al paso (“Entry Action”)

Tipo P de salida: se ejecutan una sola vez cuando se sale del paso (“Exit Action”)

Tipo N: se ejecutan en cada ciclo mientras el paso está activo

# El Paso Inicial

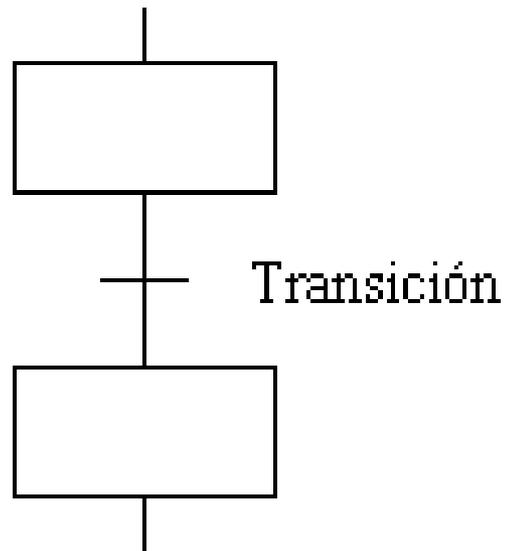
- Un programa comienza en el paso inicial.
- El paso inicial se representa con doble recuadro:



Paso Inicial

# La Transición

- Representación:



# La Transición

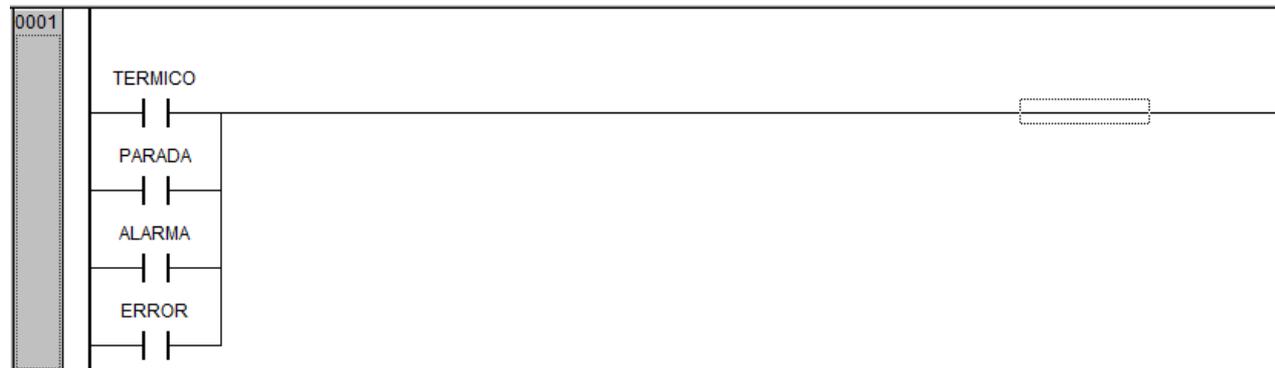
- Nivel 1: nombre y comentario
- Dos estados posibles: habilitada o deshabilitada
- Una transición está habilitada si todos los pasos unidos a ella están en estado activo.

# La Transición

- Nivel 2: secuencia de sentencias con resultado booleano
- Condición de disparo: resultado = TRUE
- El disparo activa el paso siguiente

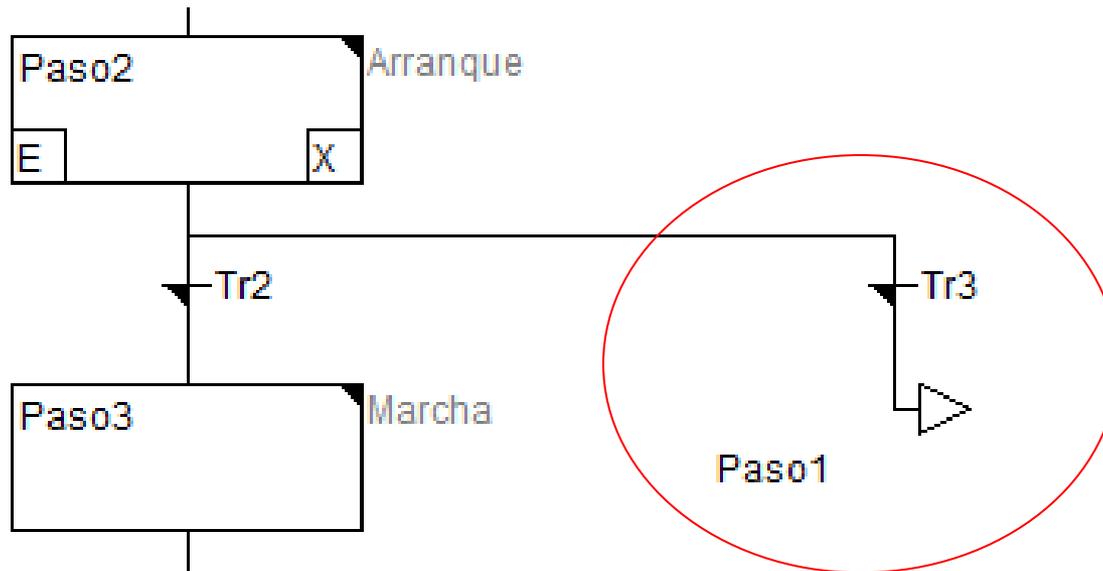
# La Transición

- Lenguajes posibles en el PLC del laboratorio:
  - IL
  - LD
  - FBD
  - ST



# Salto

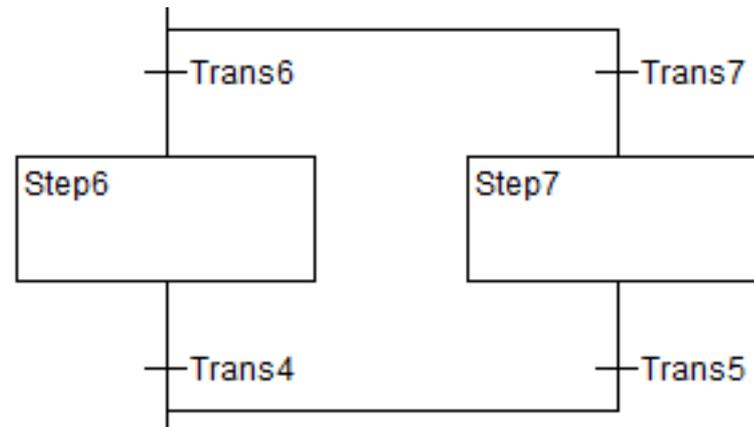
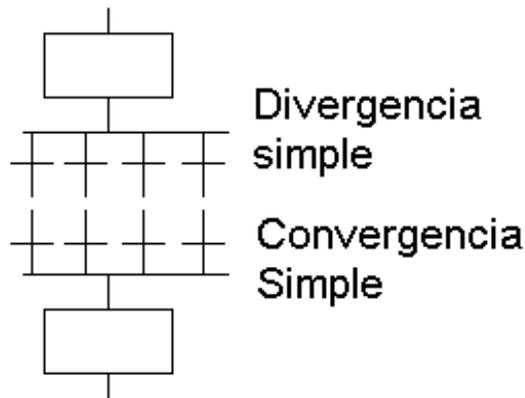
- Representación:



# Divergencias y Convergencias

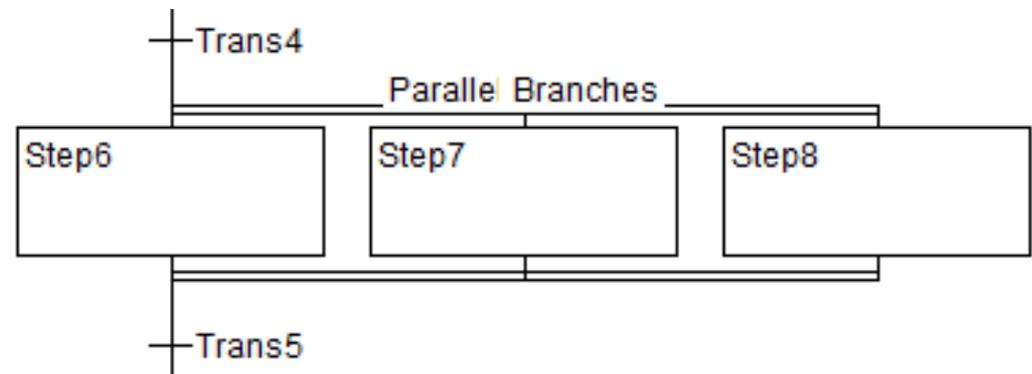
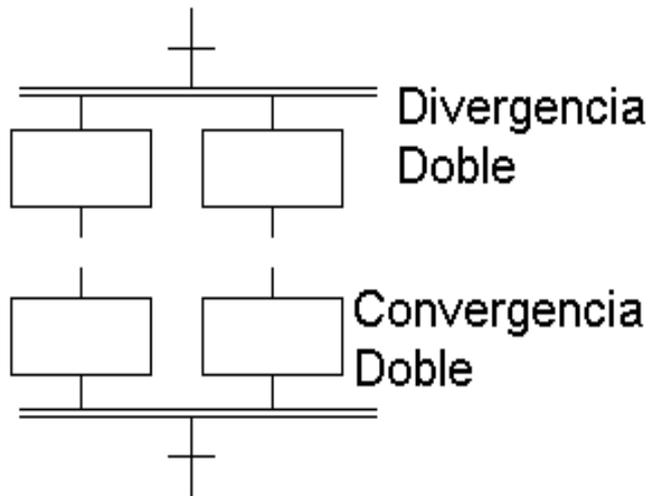
- Divergencias/Convergencias
  - Simples – Ramas Alternativas (OR)
  - Dobles – Ramas Simultáneas (AND)

# Convergencias/Divergencias Simples (Alternativas)



- Divergencia simple: La actividad del paso previo habilita todas las transiciones.
- Convergencia simple: El disparo de una transición cualquiera activa el paso siguiente.

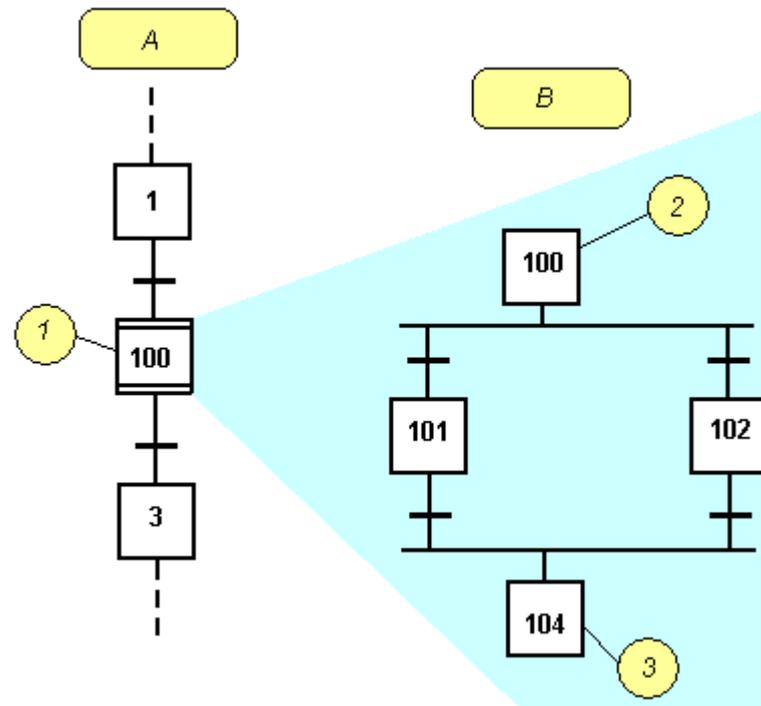
# Convergencias/Divergencias Dobles (Simultáneas)



- Divergencia doble: el disparo de una transición activa todos los pasos.
- Convergencia doble: la transición está habilitada si todos los pasos están activos

# Macros (Subsecuencias)

- Grupo de pasos y transiciones
- Ayuda a simplificar secuencias complejas

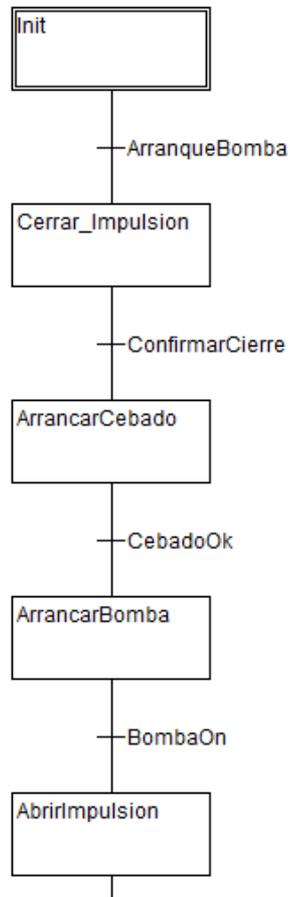


# Aplicación: Arranque de Bomba



# Control de Secuencia

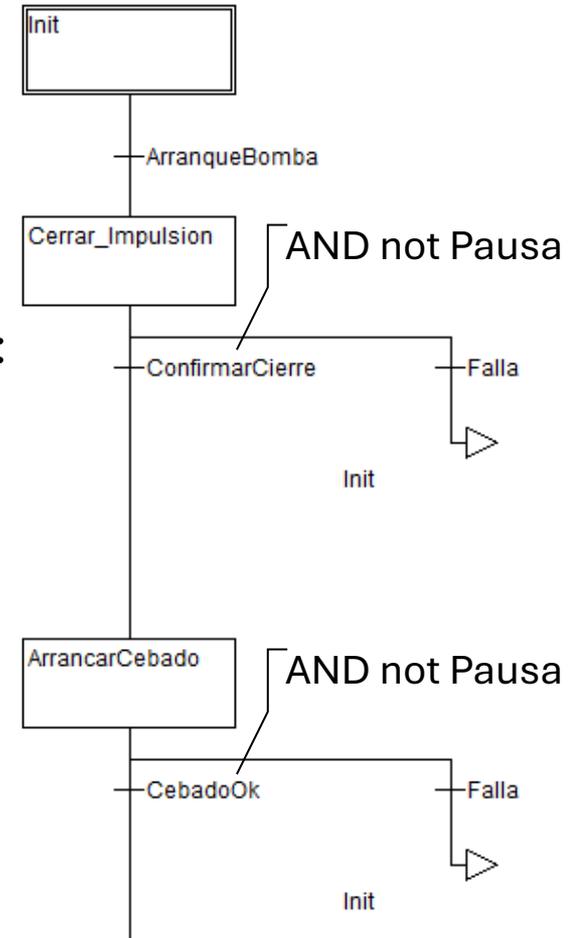
- Secuencia de Arranque de Bomba



■ Requerimiento 1: ante “Falla” finalizar la secuencia

■ Requerimiento 2: el operario debe poder pausar la secuencia

**Solución engorrosa y propensa a errores**



# Control de Secuencia

- En PLC de laboratorio: SFC Flags
- Variables disponibles que controlan la secuencia
  - SFCInit – lleva la secuencia al paso inicial y detiene la ejecución del paso
  - SFCReset – ídem pero ejecuta el paso inicial
  - SFCPause –detiene la secuencia
- Usadas en prog por fuera de la sec

# VARIABLES IMPLÍCITAS EN SFC

- Activación de un paso:
  - <nombre\_paso> indica paso activo en el ciclo actual
  - \_<nombre\_paso> indica paso activo en el siguiente ciclo
- Tiempo de un paso:
  - \_time<nombre\_paso> tiempo transcurrido en el paso (requiere declaración TIME)

Step Attributes ×

Minimum time:  OK

Maximum time:  Cancel

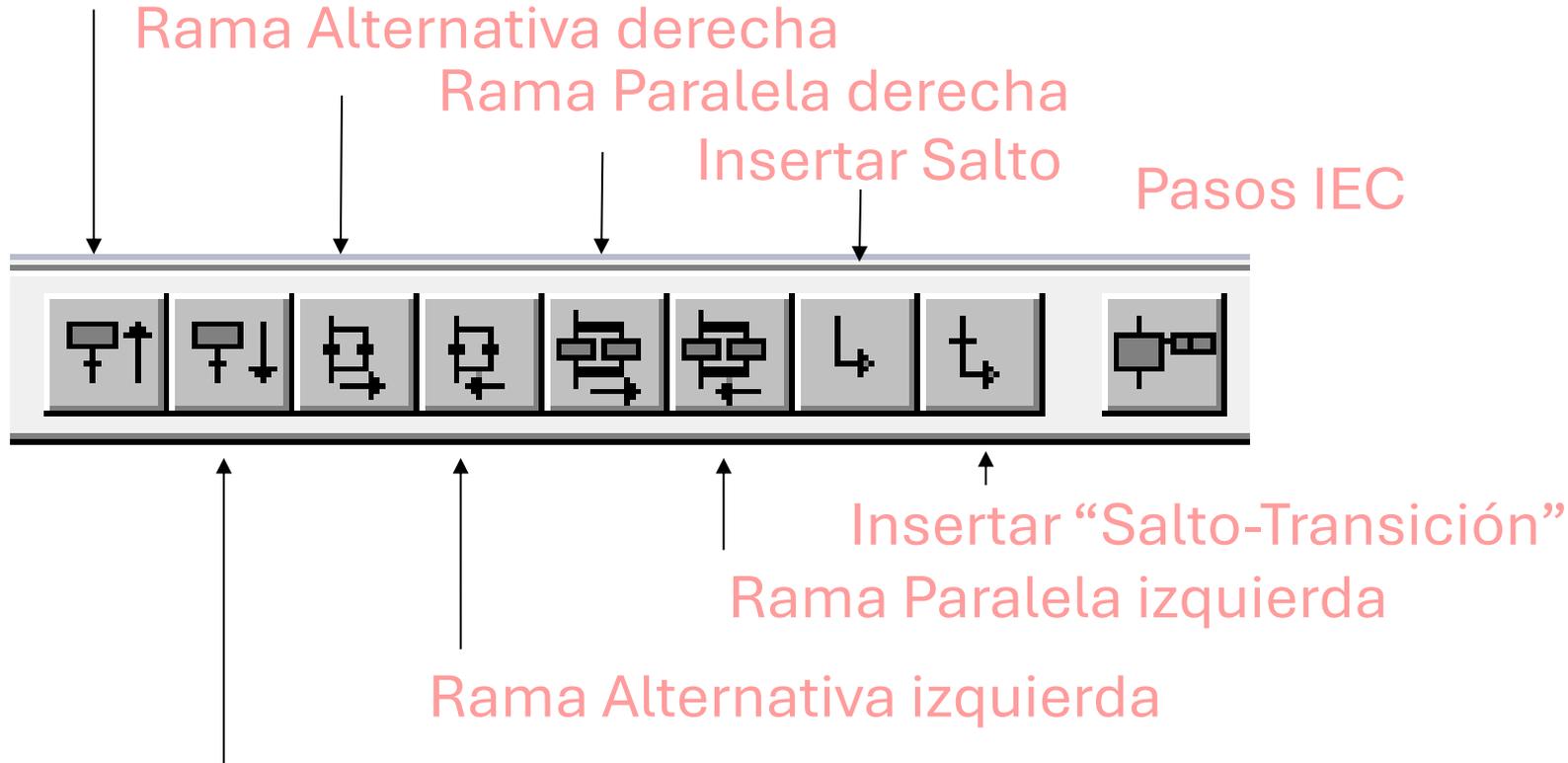
Comment:

## Time of a step via TIME variables:

The following implicit variables give the current time span which has passed since the step had got active; this is only for steps which have a minimum time configured in the [step attributes](#).

# Herramientas SFC

Insertar "Paso-Transición" antes

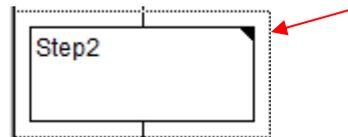


Insertar "Paso-Transición" después

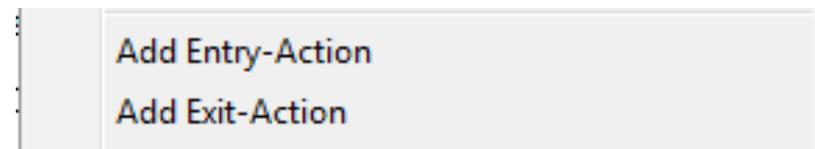
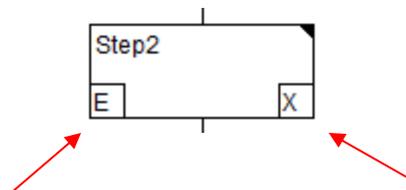
# Ambiente de Desarrollo SFC

- Acciones en los pasos:

- Tipo N – doble click en el paso

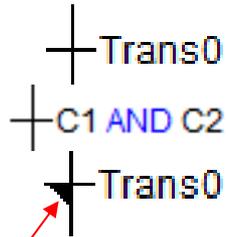


- Tipo P – botón derecho:

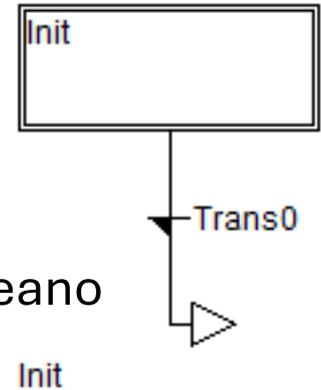


# Ambiente de Desarrollo SFC

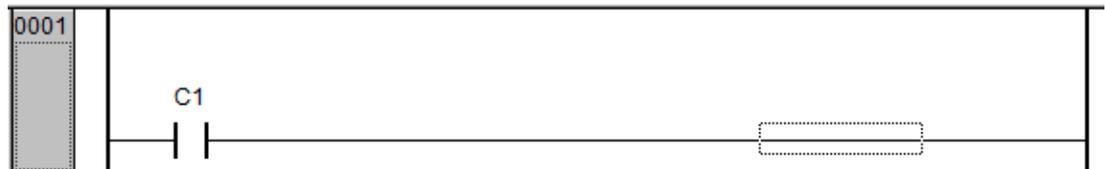
- Transición:



- Variable booleana directa o
- Sentencia directa con AND/OR o
- Sentencia en IL, LD, FBD, ST con resultado booleano



- Ej en LD:



- Ej en FBD:



# Ambiente de Desarrollo SFC

- Botón derecho sobre SFC
  - Zoom Action/Transition
    - Ver código asociado
  - Clear Action/Transition
    - Borrar código asociado

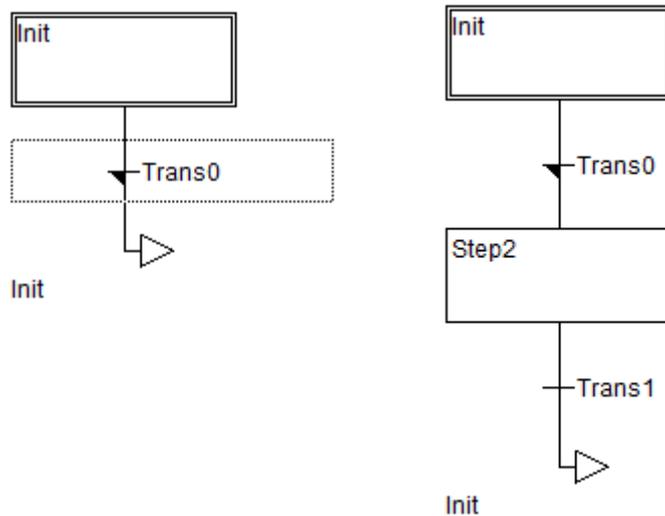
Step-Transition (before)	Ctrl+T
Step-Transition (after)	Ctrl+E
Alternative Branch (right)	Ctrl+A
Alternative Branch (left)	
Parallel Branch (right)	Ctrl+L
Parallel Branch (left)	
Jump	Ctrl+U
Transition-Jump	
Add Entry-Action	
Add Exit-Action	
Paste Parallel Branch (right)	
Add Label to Parallel Branch	
Paste after	
<b>Zoom Action/Transition</b>	<b>Alt+Enter</b>
Clear Action/Transition	
Step Attributes ...	
Time Overview ...	
Into new watch list	
Add to watch list	
Show cross references	Strg+F3
Options ...	
Associate Action	
Use IEC-Steps	



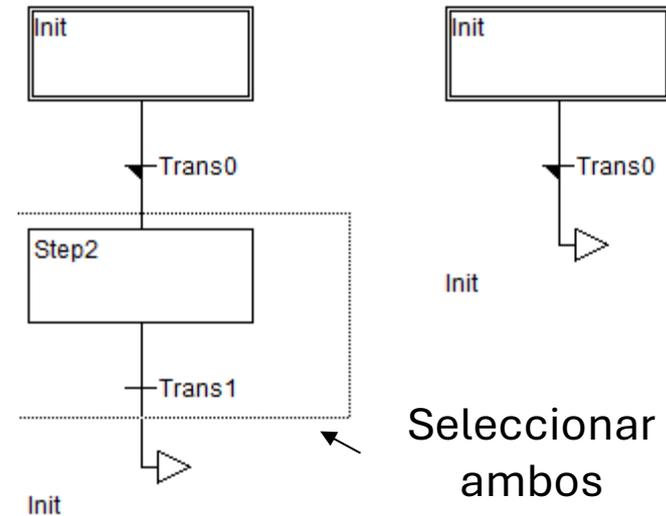
# Ambiente de Desarrollo SFC

- Insertar/Borrar Pasos-Transiciones

## Insertar Paso/Transición



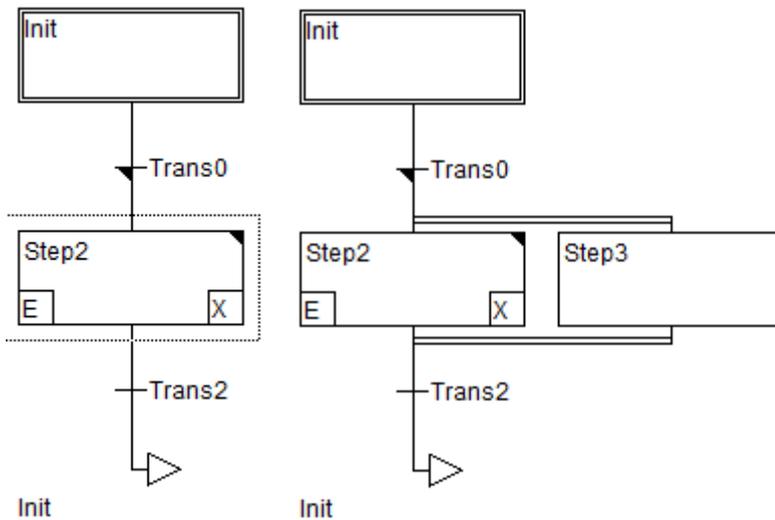
## Borrar Paso/Transición



# Ambiente de Desarrollo SFC

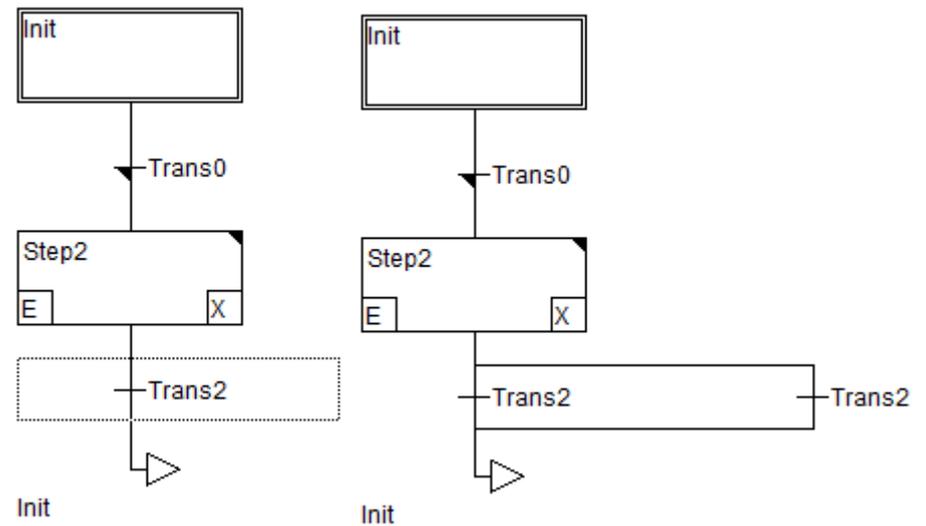
- Ramas Paralelas / Alternativas

Insertar Rama Paralela



Seleccionar el paso

Insertar Rama Alternativa



Seleccionar la transición

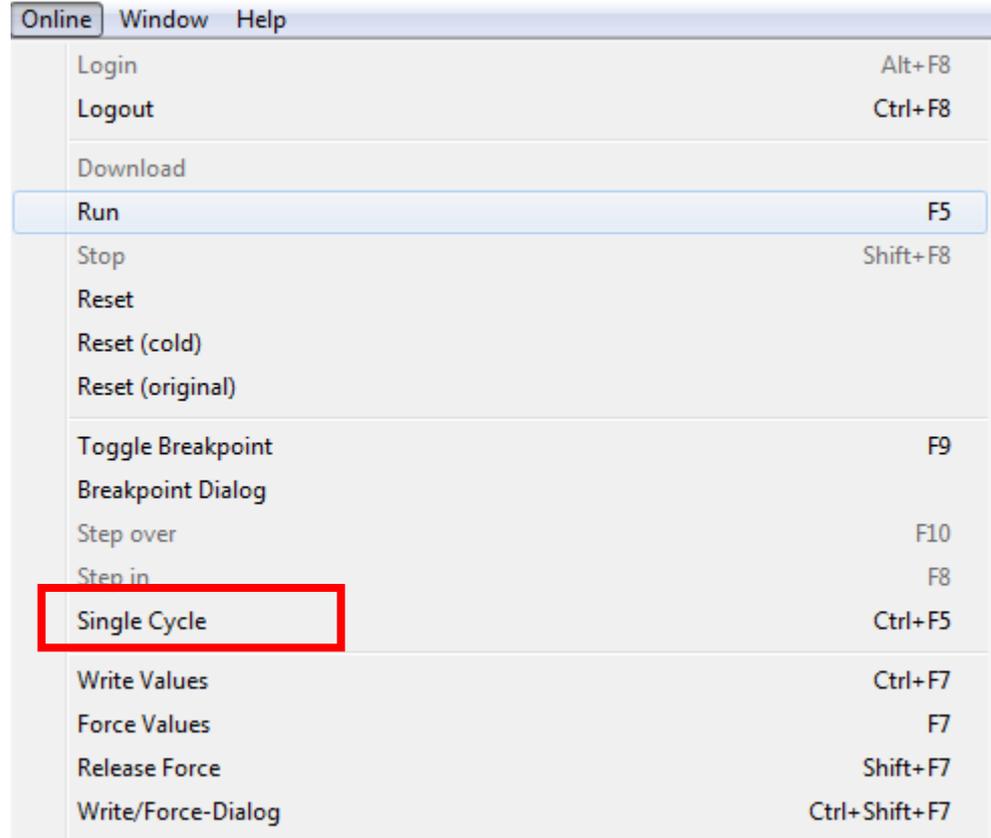
# Ambiente de Desarrollo SFC

- Variables de control de Secuencia:
  - Declaración como variables locales o globales:
    - SFCInit: BOOL;
    - SFCReset: BOOL;
    - SFCPause: BOOL;
  - Tienen acción directa sobre la secuencia

# Ambiente de Desarrollo SFC

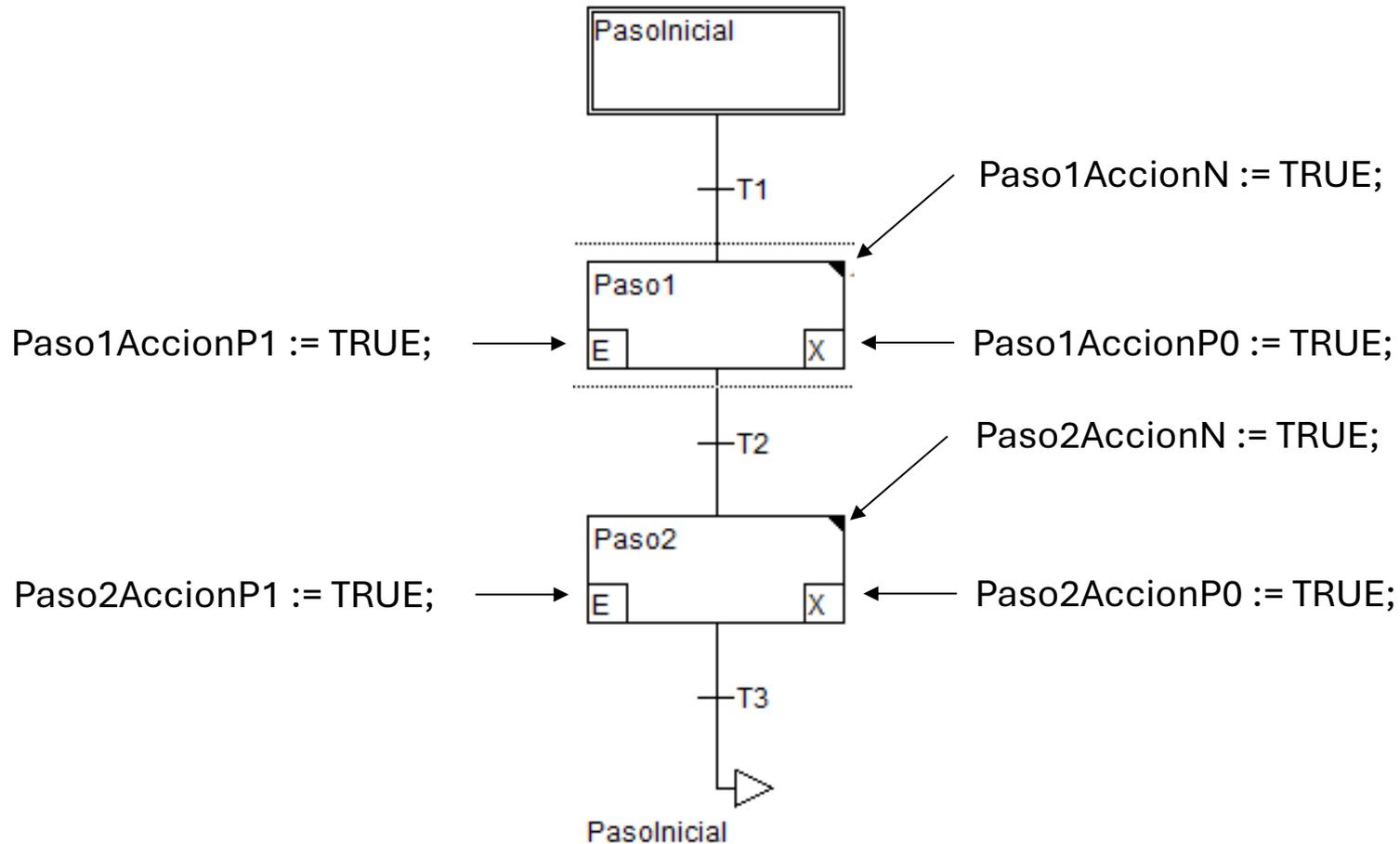
- Ejecutar un solo ciclo del PLC:

- Online -> “Single Cycle”  
Ctrl+F5



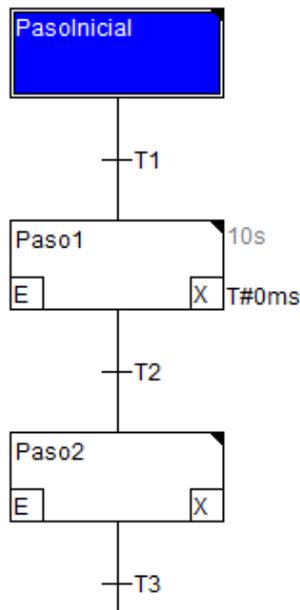
Menu Item	Shortcut
Login	Alt+F8
Logout	Ctrl+F8
Download	
Run	F5
Stop	Shift+F8
Reset	
Reset (cold)	
Reset (original)	
Toggle Breakpoint	F9
Breakpoint Dialog	
Step over	F10
Step in	F8
Single Cycle	Ctrl+F5
Write Values	Ctrl+F7
Force Values	F7
Release Force	Shift+F7
Write/Force-Dialog	Ctrl+Shift+F7

# Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC

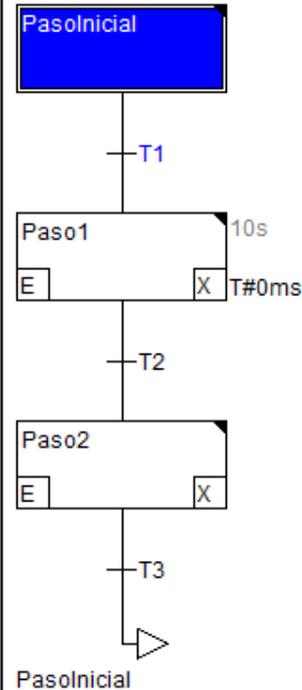


# Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC

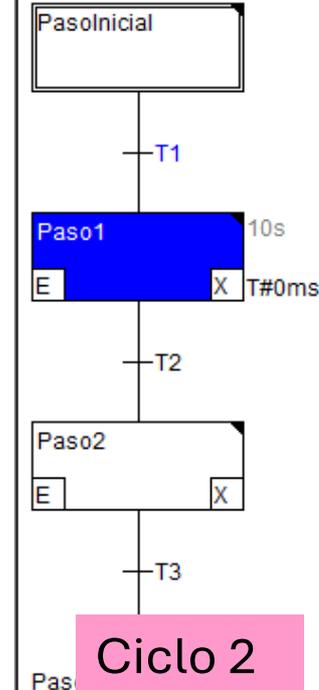
0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = FALSE
0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE



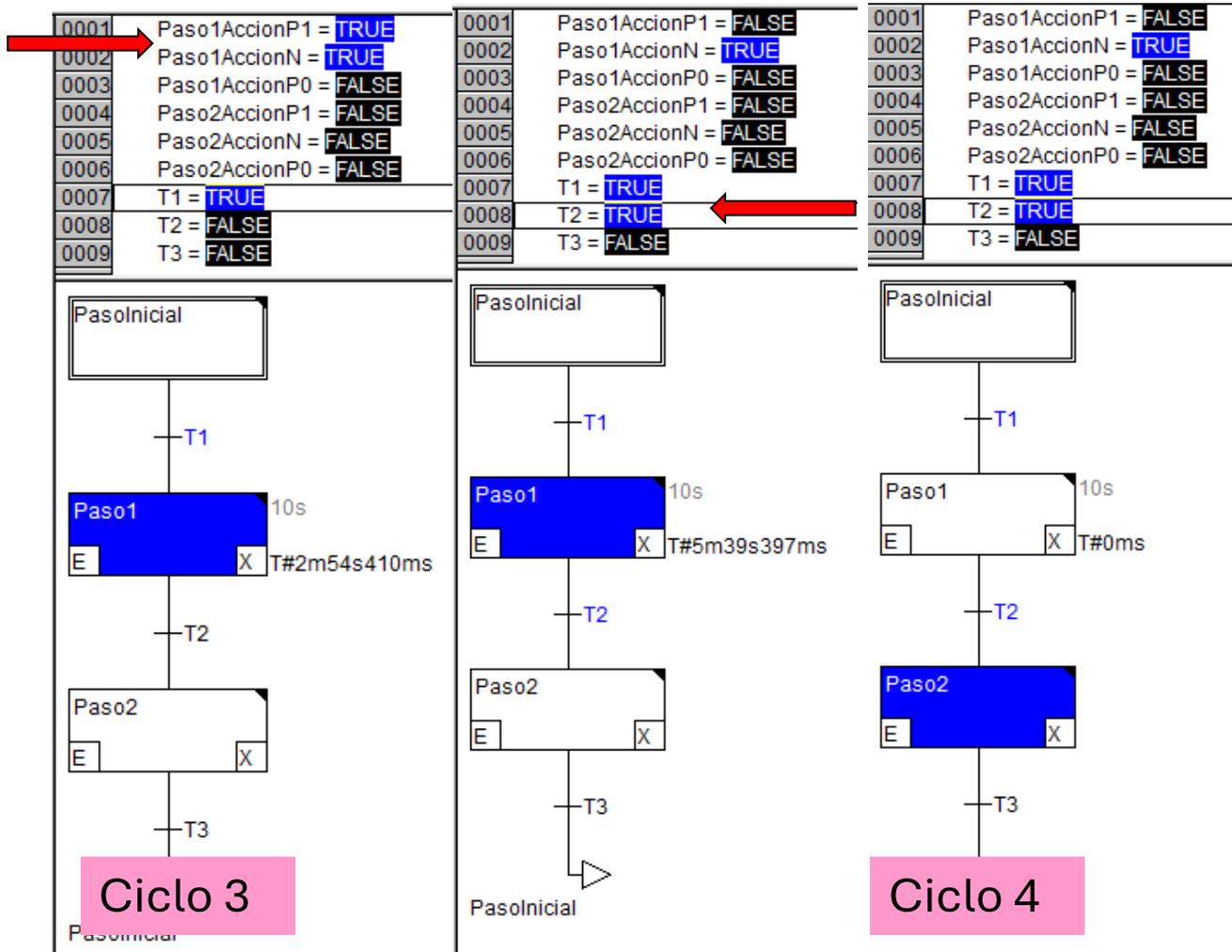
0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE



0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE

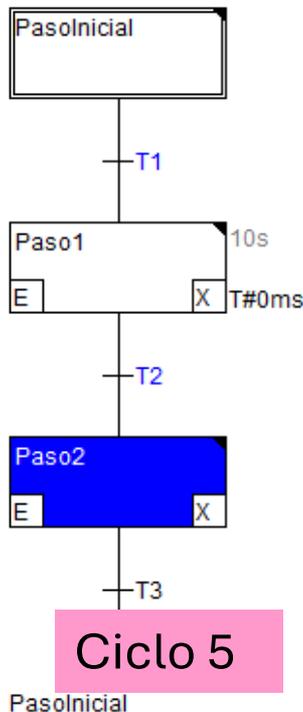


# Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC

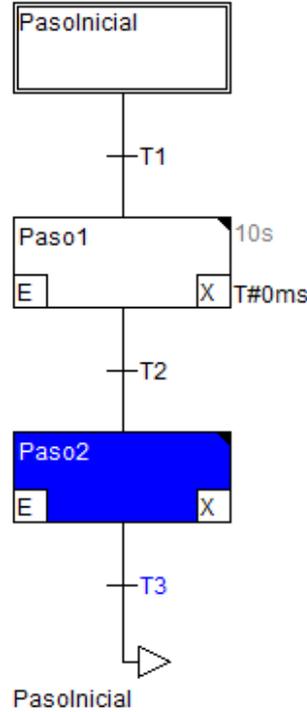


# Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC

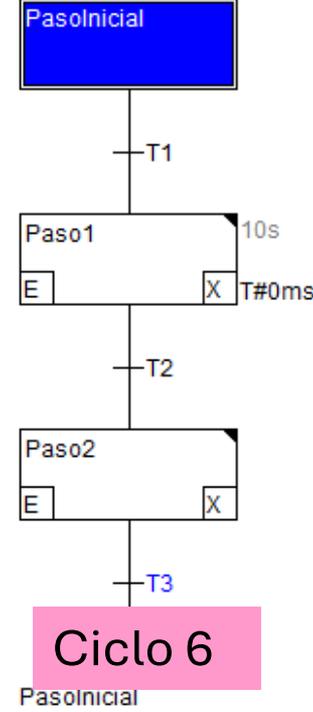
0001	Paso1AccionP1 = FALSE	0001	Paso1AccionP1 = TRUE	0001	Paso1AccionP1 = TRUE	0001	Paso1AccionP1 = TRUE
0002	Paso1AccionN = TRUE	0002	Paso1AccionN = TRUE	0002	Paso1AccionN = TRUE	0002	Paso1AccionN = TRUE
0003	Paso1AccionP0 = TRUE	0003	Paso1AccionP0 = TRUE	0003	Paso1AccionP0 = TRUE	0003	Paso1AccionP0 = TRUE
0004	Paso2AccionP1 = TRUE	0004	Paso2AccionP1 = TRUE	0004	Paso2AccionP1 = TRUE	0004	Paso2AccionP1 = TRUE
0005	Paso2AccionN = TRUE	0005	Paso2AccionN = TRUE	0005	Paso2AccionN = TRUE	0005	Paso2AccionN = TRUE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE	0006	Paso2AccionP0 = FALSE	0006	Paso2AccionP0 = FALSE	0006	Paso2AccionP0 = TRUE
0007	T1 = TRUE	0007	T1 = FALSE	0007	T1 = FALSE	0007	T1 = FALSE
0008	T2 = TRUE	0008	T2 = FALSE	0008	T2 = FALSE	0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE	0009	T3 = TRUE	0009	T3 = TRUE	0009	T3 = TRUE



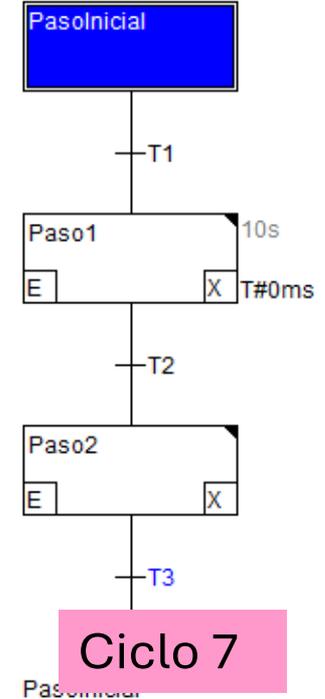
Ciclo 5



Pasoinicial



Ciclo 6



Ciclo 7

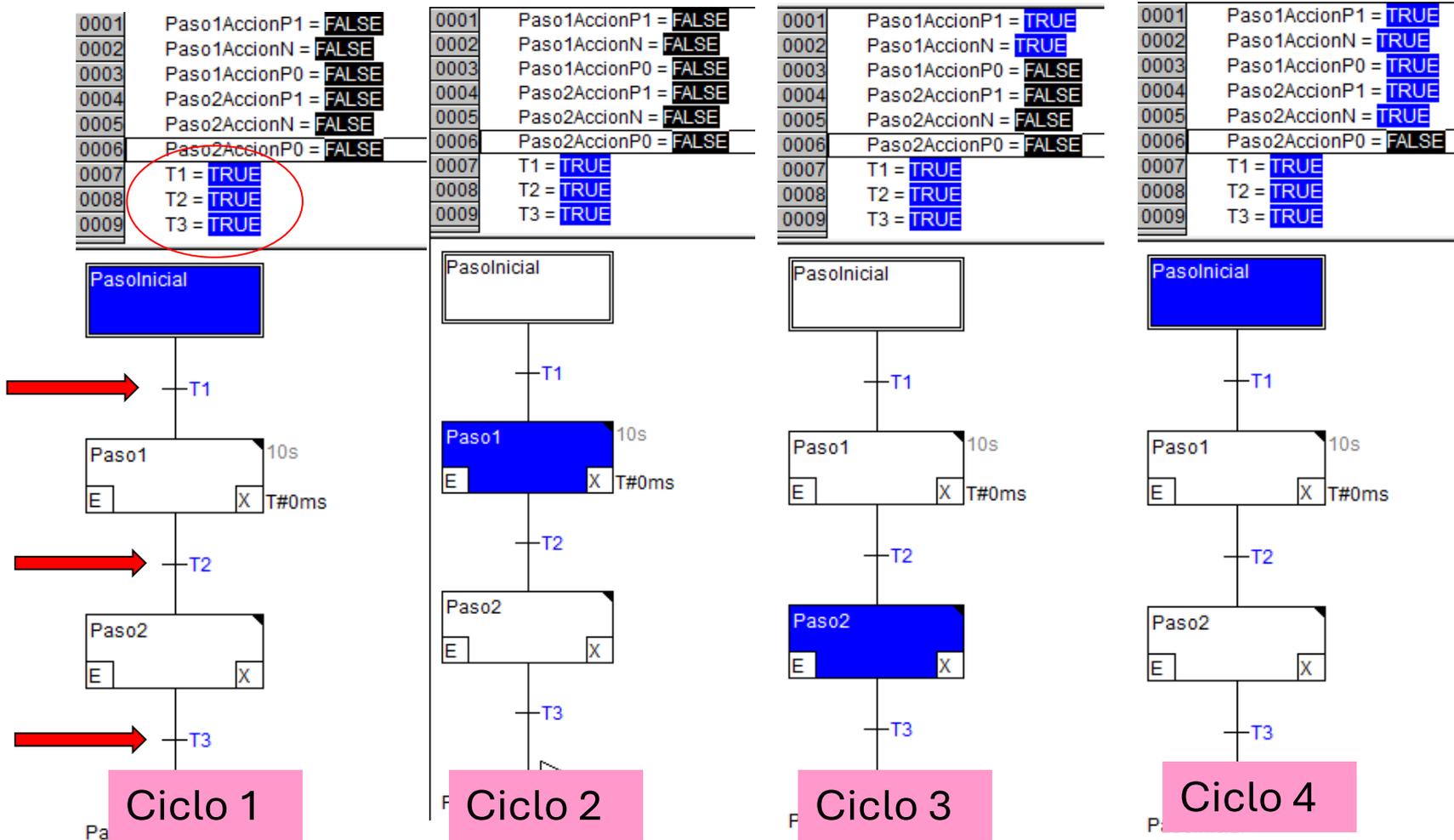
Pasoinicial

# Acciones en SFC

- Según IEC 61131-3:

Calificador	Descripción
N	Non-stored, ejecución mientras paso activo
R	Reset de acción activada
S	Activa una acción
L	Acción por tiempo limitado
D	Acción demorada
P	Acción ejecutada una vez cuando se activa el paso
P0	Acción ejecutada una vez al desactivar el paso
P1	Acción ejecutada una vez al activar el paso

# Transiciones Simultáneas



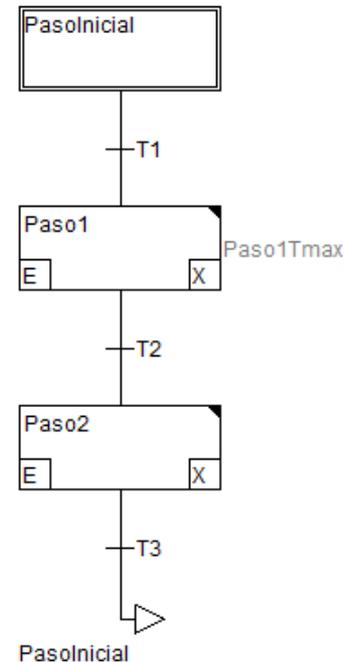
# Tiempos en SFC

- Tiempos mínimos/máximos por paso
- Timeouts (SFCErrors)
- Tiempo transcurrido en un paso (\_timeXX)

```

0012 SFCEnableLimit: BOOL:=TRUE;
0013 SFCErrors: BOOL;
0014 SFCErrorsStep: STRING;
0015 SFCErrorsPOU: STRING;
0016 Paso1Tmax: TIME:=T#10s;
0017 _timePaso1: TIME;
0018 END_VAR

```

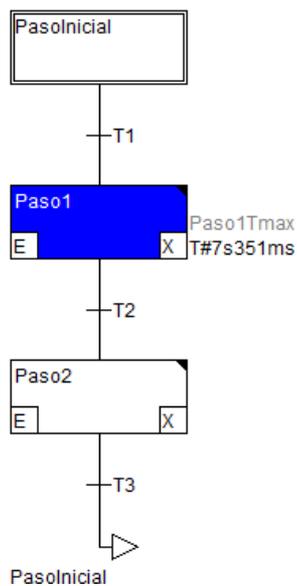


# Tiempos en SFC

```

0004 Paso2AccionP1 = FALSE
0005 Paso2AccionN = FALSE
0006 Paso2AccionP0 = FALSE
0007 T1 = FALSE
0008 T2 = FALSE
0009 T3 = FALSE
0010 SFCEnableLimit = TRUE
0011 SFCErrror = FALSE
0012 SFCErrrorStep = "
0013 SFCErrrorPOU = "
0014 Paso1Tmax = T#10s0ms
0015 _timePaso1 = T#7s351ms
0016
0017
0018

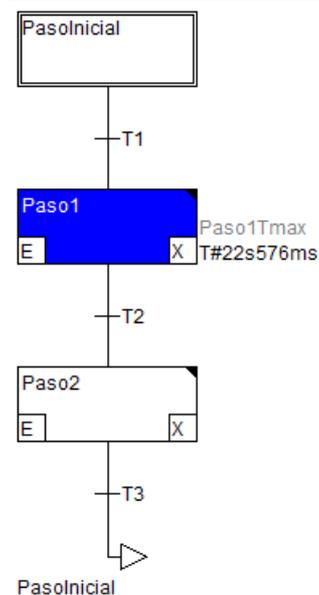
```



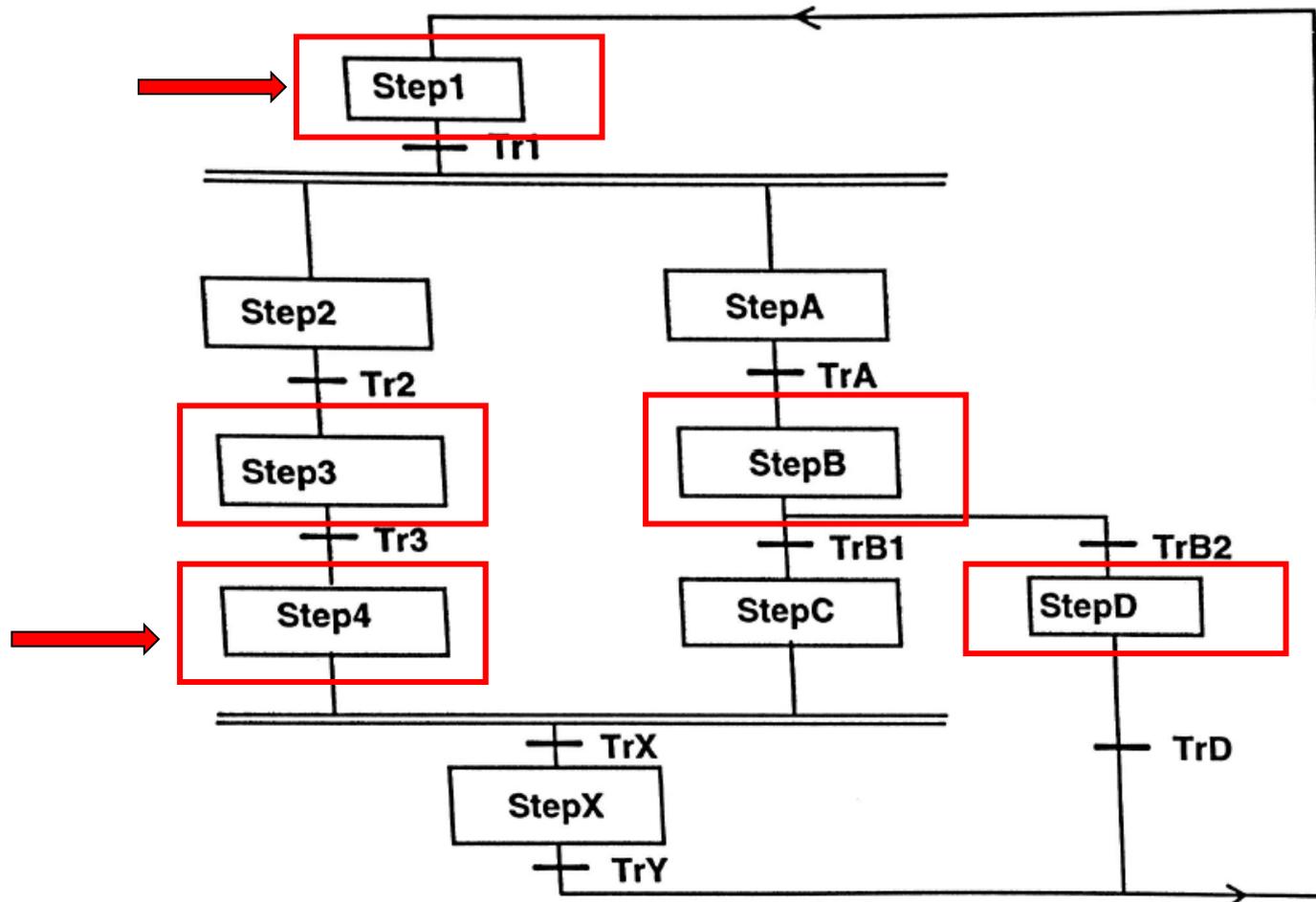
```

0004 Paso2AccionP1 = FALSE
0005 Paso2AccionN = FALSE
0006 Paso2AccionP0 = FALSE
0007 T1 = FALSE
0008 T2 = FALSE
0009 T3 = FALSE
0010 SFCEnableLimit = TRUE
0011 SFCErrror = TRUE
0012 SFCErrrorStep = 'Paso1'
0013 SFCErrrorPOU = 'TiemposSFC'
0014 Paso1Tmax = T#10s0ms
0015 _timePaso1 = T#22s576ms
0016
0017
0018

```



# Secuencias Inseguras



# Secuencias Inalcanzables

