



# Sistemas de control secuencial

## Tema 1

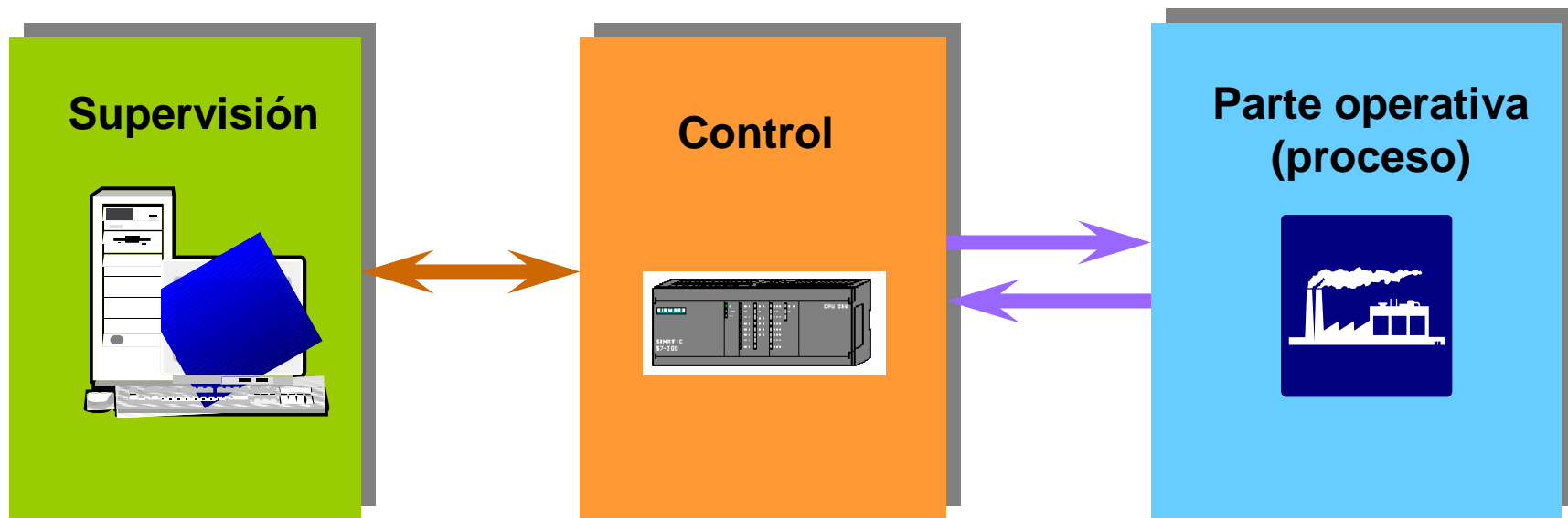


# Índice

- Esquema general de un sistema automatizado
- Tecnologías para la automatización
- Sistemas de control secuencial
- Autómatas programables
- Metodologías de diseño de sistemas secuenciales
- SCADA
- CIM
- Bibliografía

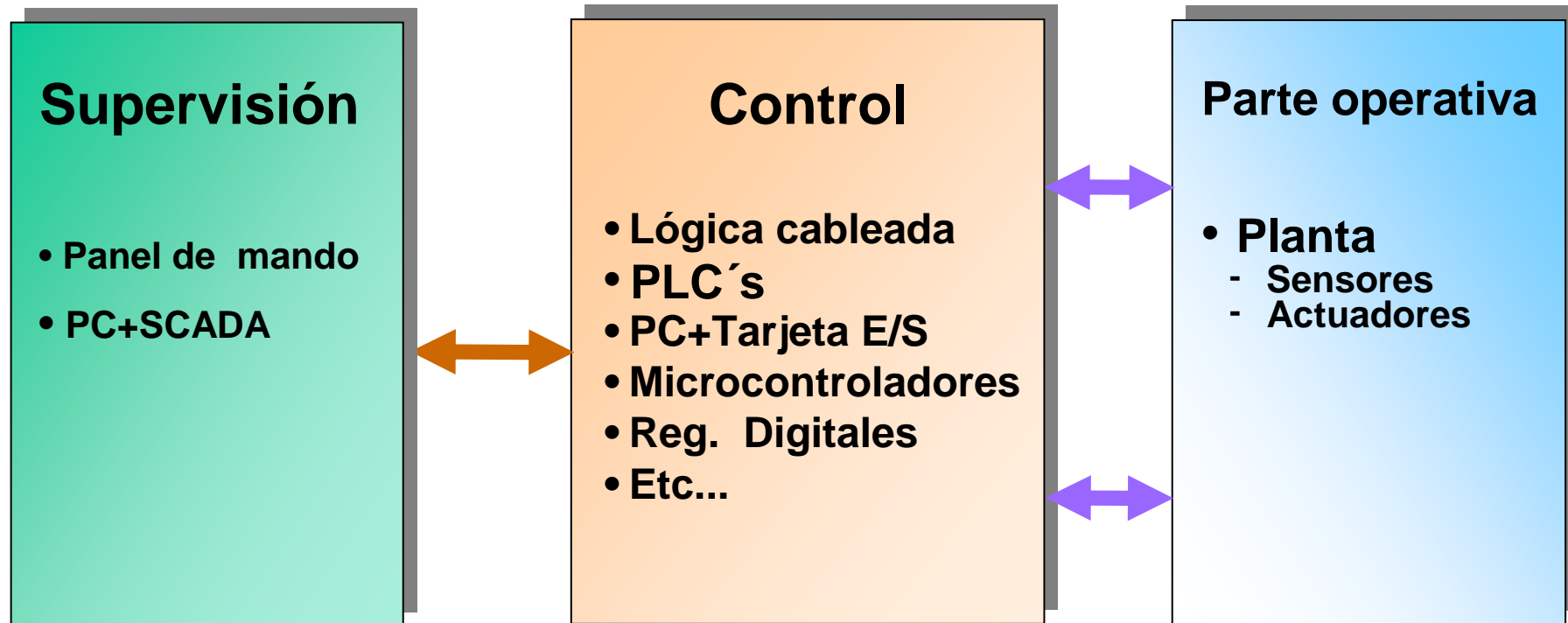


## Esquema general de un Sistema Automatizado





## Esquema general de un Sistema Automatizado





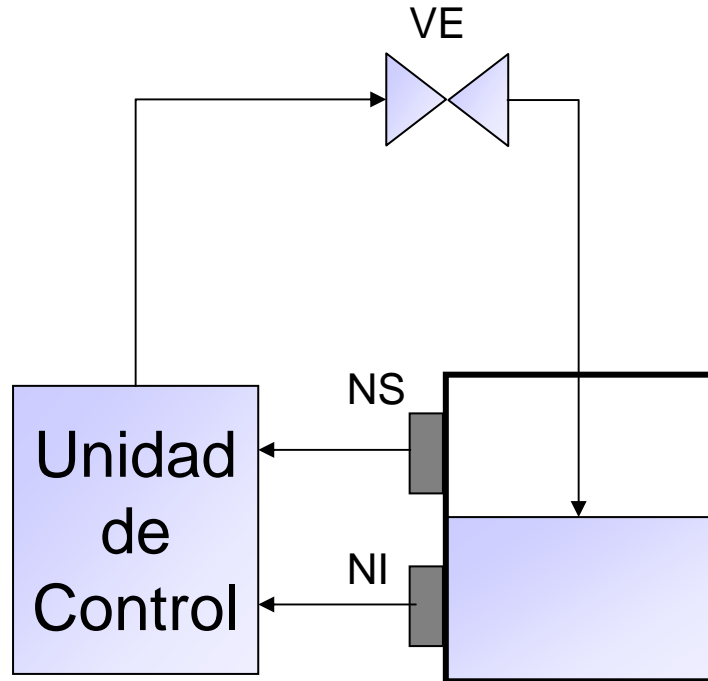
## Clasificación de sistemas de control

Los sistemas de control se pueden dividir en dos grandes grupos:

- **secuenciales**: variables todo/nada;
- **continuos** o de **regulación**: variables analógicas.



### Sist. de control Secuencial



#### Automatismo

función lógica:

*si NS=1 entonces VE=0*  
*si NI=0 entonces VE = 1*

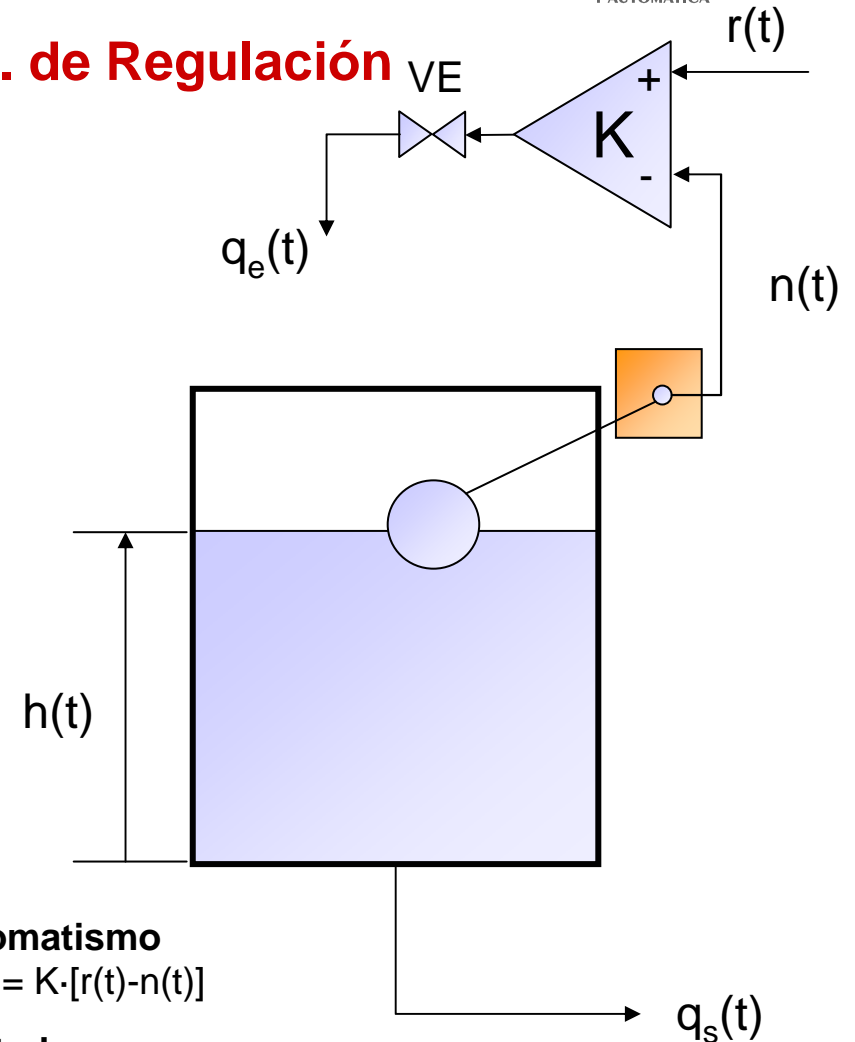
#### Captadores

Sensores de nivel NS, NI

#### Actuadores

Válvula todo-nada VE

### Sist. de Regulación



#### Automatismo

$$q_e(t) = K \cdot [r(t) - n(t)]$$

#### Captador

Flotador

#### Actuadores

Válvula proporcional VE

#### Referencia

Se da una señal de referencia de forma explícita



## Tecnologías para la automatización

Atendiendo a la forma en que se implanta el algoritmo de control se pueden clasificar en:

- **Programadas:** si la solución consiste en un algoritmo codificado en un dispositivo programable.
- **Cableadas:** si la solución no es programada, sino que se lleva a cabo por medios físicos.



# Tecnologías cableadas

Implementación física de la lógica de la Unidad de Control.

## Familias tecnológicas:

- Mecánicos
- Neumáticos
- Hidráulicos
- Eléctricos
- Electrónicos, etc.

## Ventajas:

- Simplicidad
- Adecuadas para problemas sencillos

## Ejemplos:

- Control de nivel de líquido por flotador
- Regulador de Watt
- Cuadros de mando por contactores

## Inconvenientes:

- Ocupa mucho espacio
- Poca flexibilidad
- Mantenimiento costoso
- No adaptados a funciones de control complejas





# Tecnologías programadas

Utilización de dispositivos capaces de ejecutar algoritmos, dotados de entradas y salidas analógicas y/o digitales

## Familias tecnológicas:

- Microprocesadores (ordenadores de proceso)
- Microcontroladores
- Autómatas Programables (PLC's)
- DSP's

## Inconvenientes:

- Complicados y caros para aplicaciones simples

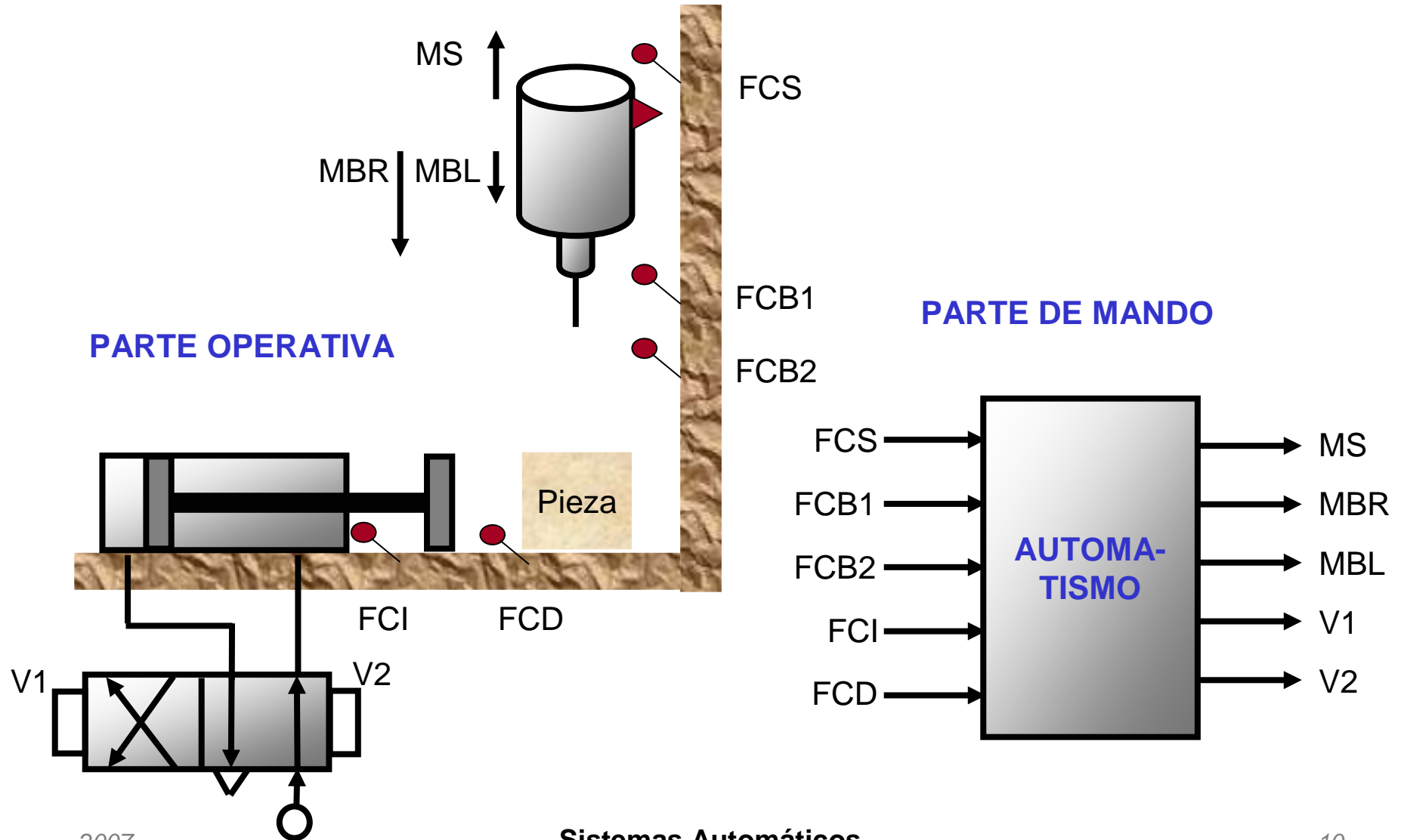
## Ejemplos:

- Automatización industrial con PLC's
- Accionamientos de Control Vectorial basados en DSP's

## Ventajas:

- Flexibilidad
- Ocupan poco espacio
- Coste compensa para aplicaciones de complicación media/alta
- Mantenimiento sencillo

# Ejemplo de Sistema Automático de control Secuencial





# Índice

- Esquema general de un sistema automatizado
  - Tecnologías para la automa
  - Sistemas de control secuer
  - **Autom. Programables** →
  - Metodologías de diseño de
  - SCADA
  - CIM
  - Bibliografía
- Definición
  - Sustitución de armarios de relés
  - Estructura
  - Memoria
  - Ciclo de funcionamiento
  - Interfaces de E/S
  - Direccionamiento
  - Comunicaciones
  - Norma IEC 61131
  - Programación



# Autómatas Programables

Un autómata programable (AP) , también llamado PLC (Programmable Logic Controller) es:

- un sistema electrónico programable
- diseñado para ser utilizado en un entorno industrial,
- que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario,
- para implantar unas soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencia, temporización, recuento y funciones aritméticas
- con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos.

*(Según IEC 61131)*



## Autómatas Programables (II)

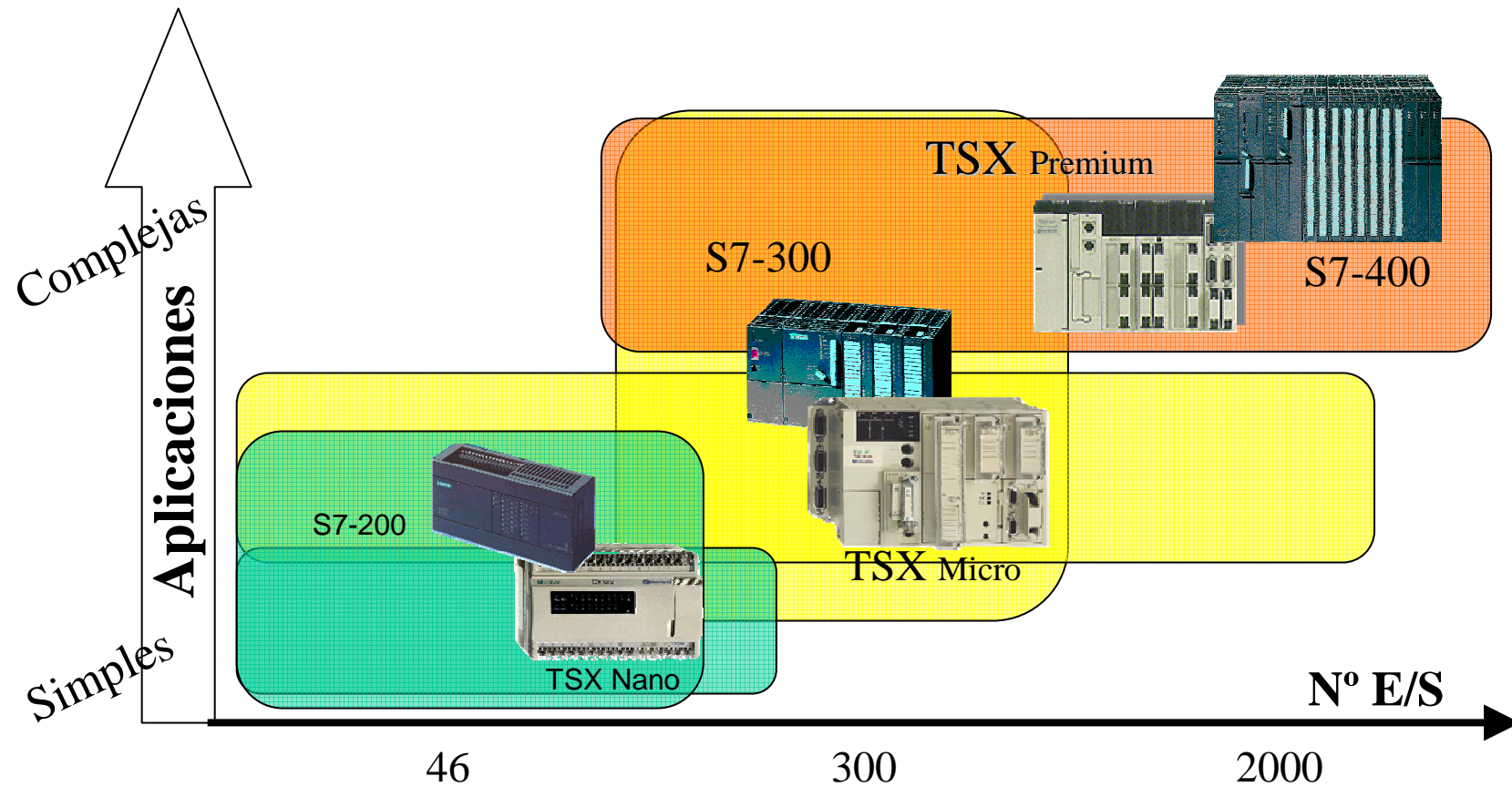
S7-300



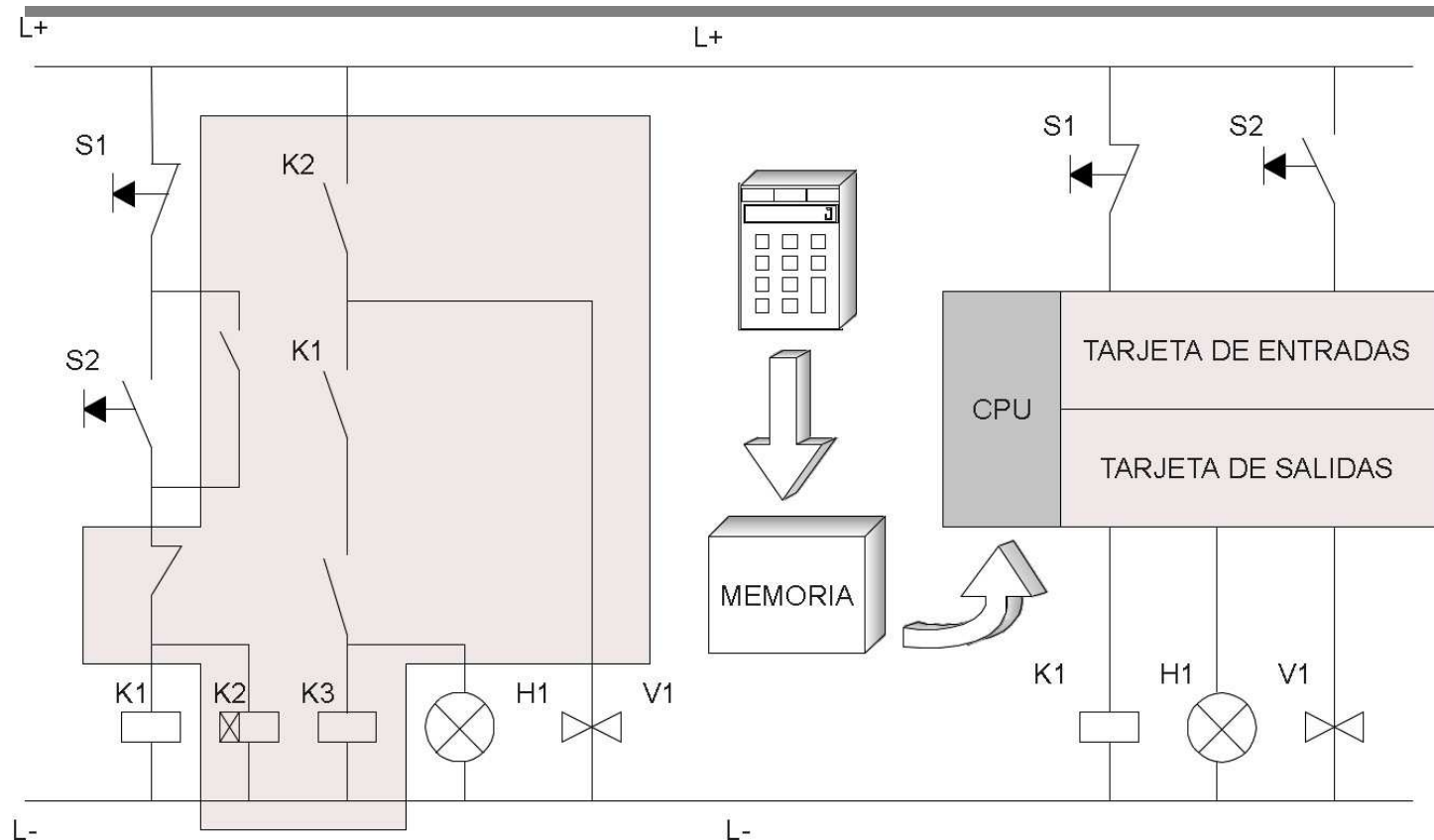
TSX-Micro



## Gama de autómatas TSX (Schneider) y Siemens

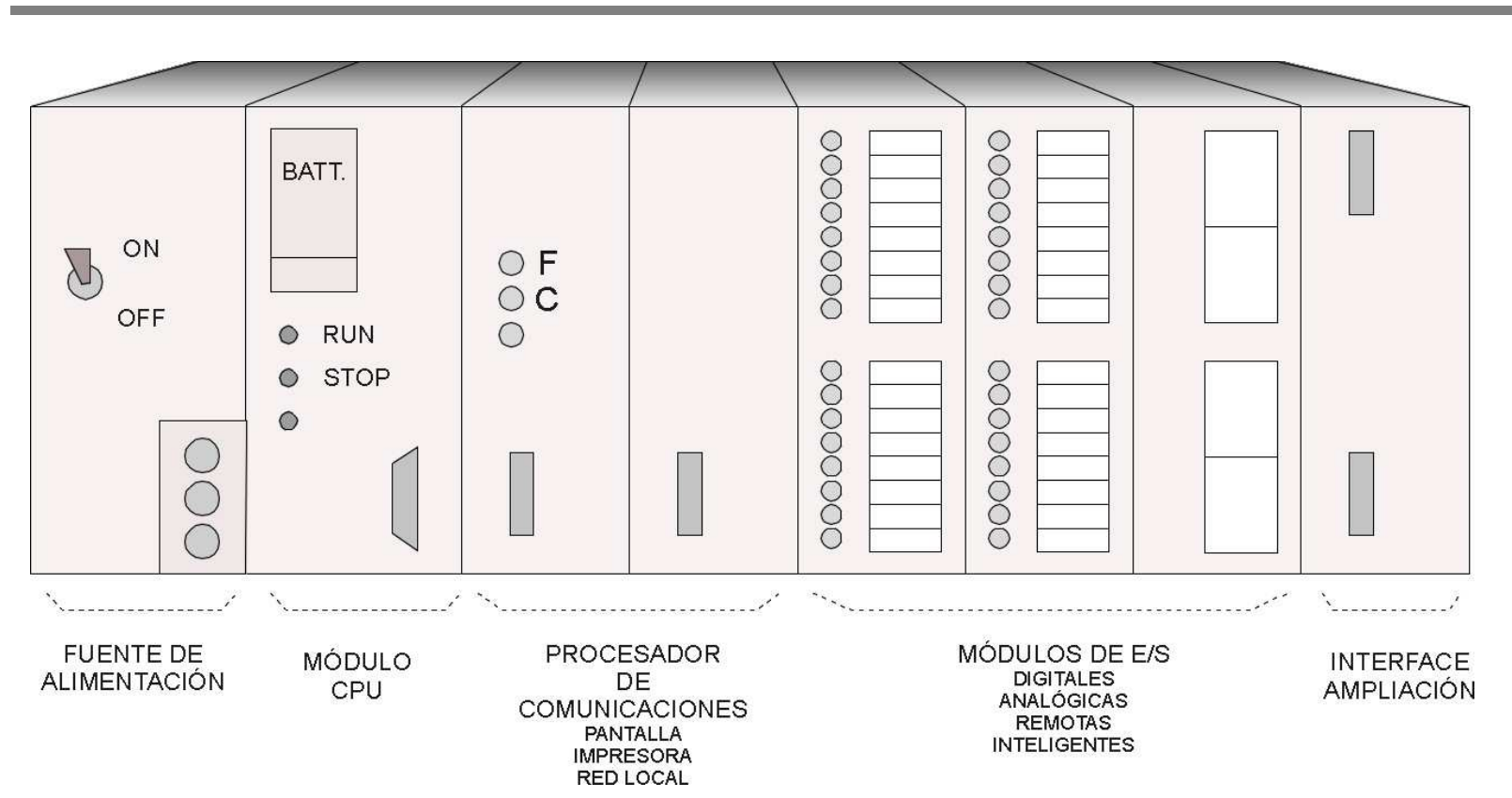


## Sustitución de armarios de relés





# Estructura

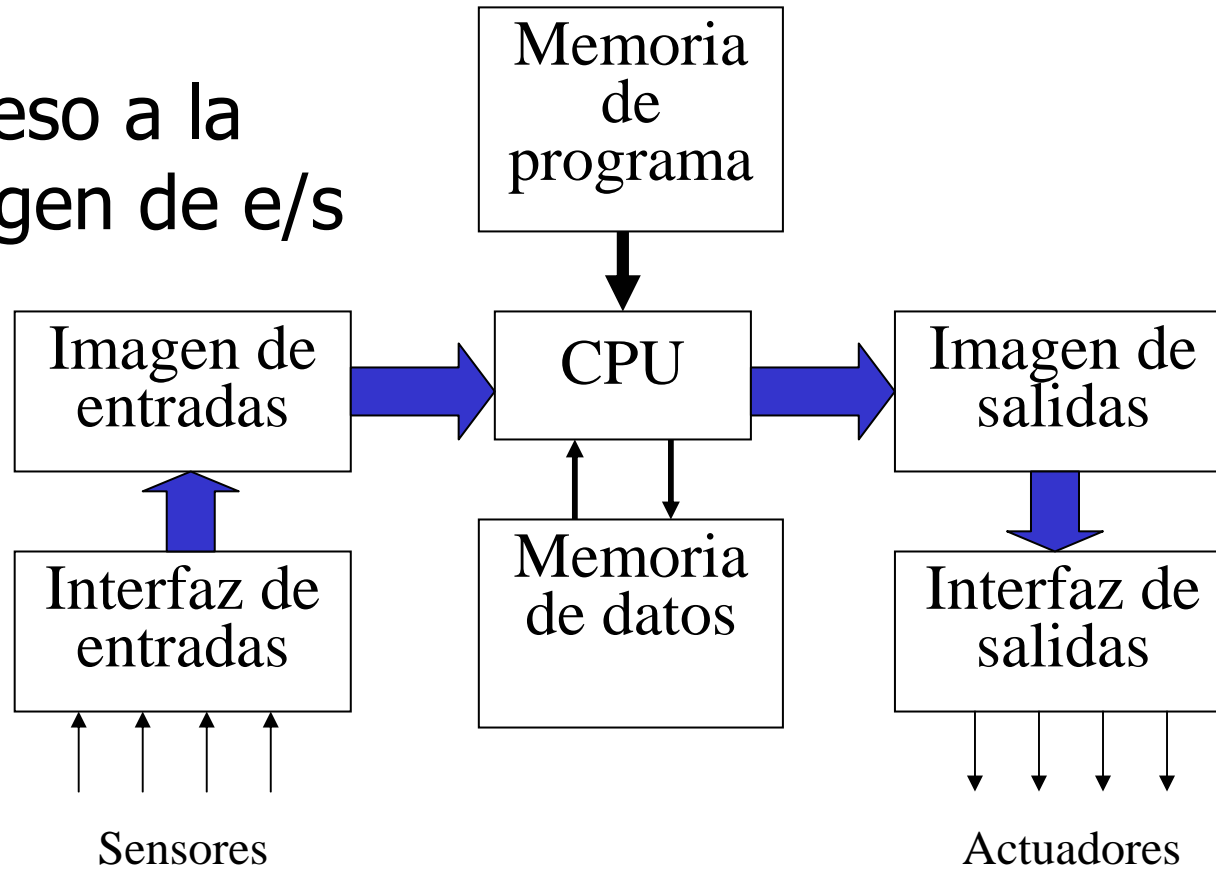






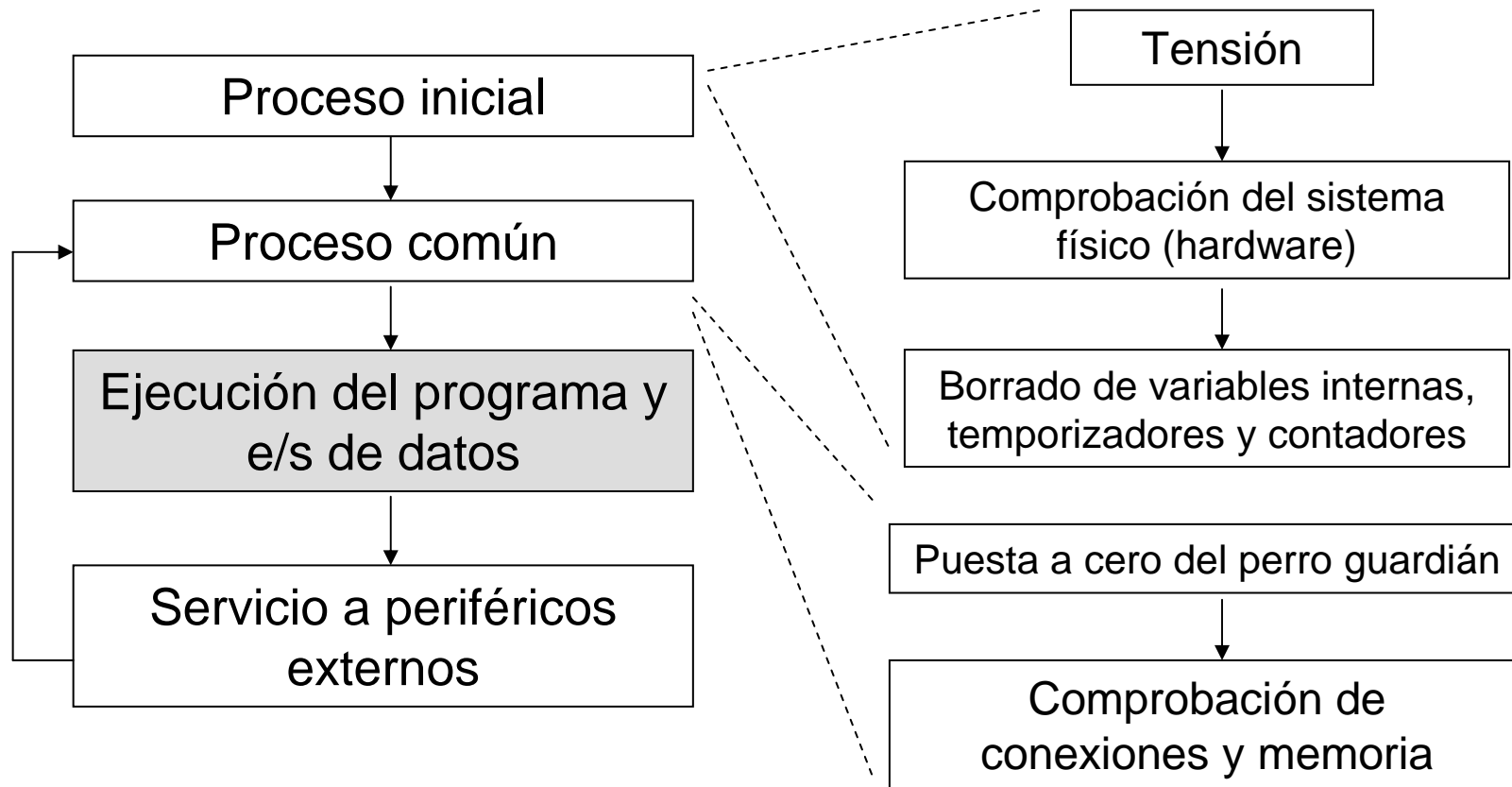
# Memoria

Acceso a la imagen de e/s





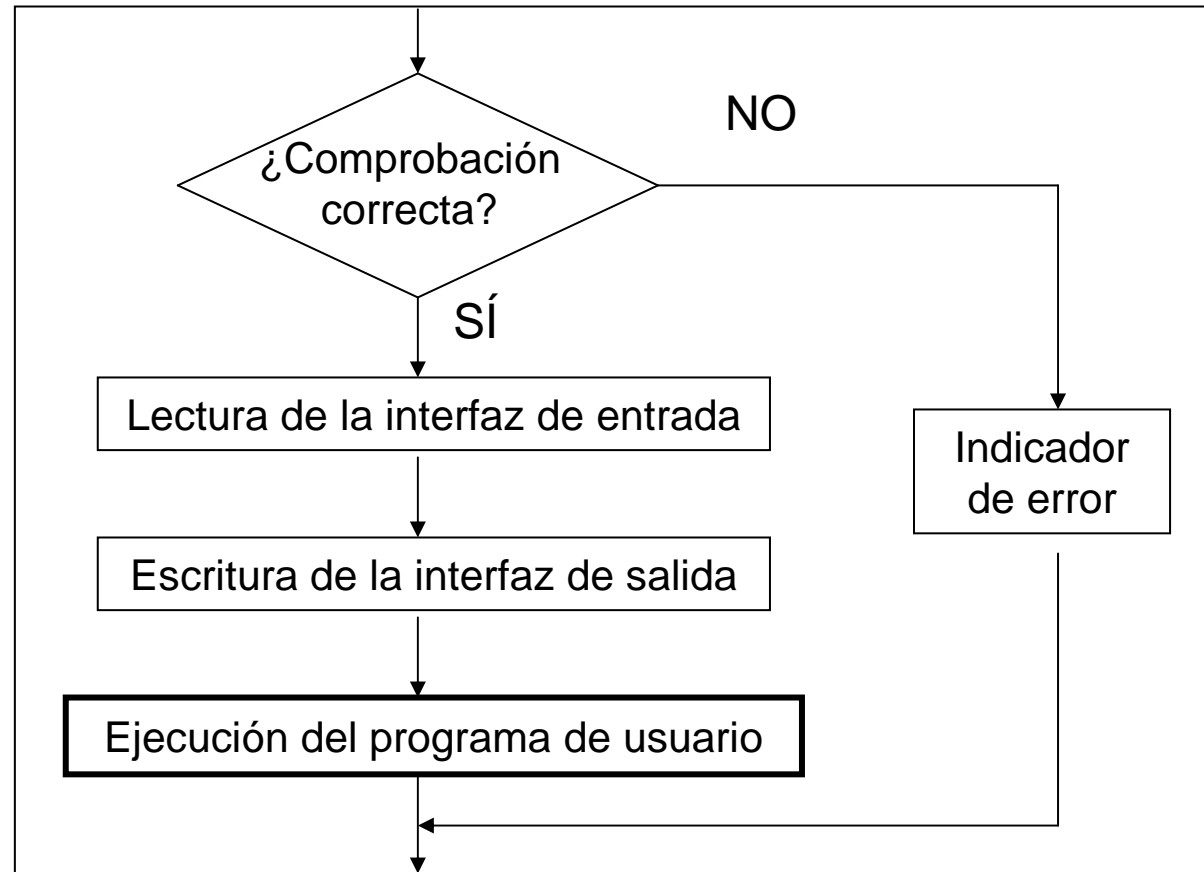
## Ciclo de funcionamiento





## Ciclo de funcionamiento (II)

Ejecución del programa y entrada/salida de datos





## Modos de funcionamiento

El modo habitual es la ejecución cíclica.

En algunos casos son necesarios otros modos:

- Ejecución controlada por tiempo
- Ejecución controlada por alarmas



## Interfaces de E/S

- Establecen la comunicación entre CPU y proceso:
  - Filtran, adaptan y codifican las señales de entrada
  - Decodifican y amplifican las señales de salida.
- Entradas habituales:
  - CC a 24 ó 48  $V_{CC}$ .
  - AC a 110 ó 220  $V_{AC}$ .
  - Analógicas de 0-10 V o 4-20 mA.
- Salidas típicas:
  - Por relé
  - Estáticas por triac a 220 V (max.)
  - Colector abierto a 24 ó 48  $V_{CC}$ .
  - Analógicas de 0-10 V o 4-20 mA.



## Direccionamiento

- La dirección de una entrada o salida de un módulo digital se compone de la dirección de byte y la dirección de bit.
- Normalmente la dirección de byte o bit suele ir asociada a al posición del módulo en el bastidor.
- Ejemplo con Siemens: **E 1.2**  
Entrada **E**, dirección de byte **1** y dirección de bit **2**
- Ejemplo con Schneider: **%I1.12**  
Entrada **%I**, dirección de palabra **1** y dirección de bit **12**

## Direcciones de entradas y salidas en módulos digitales (Siemens)

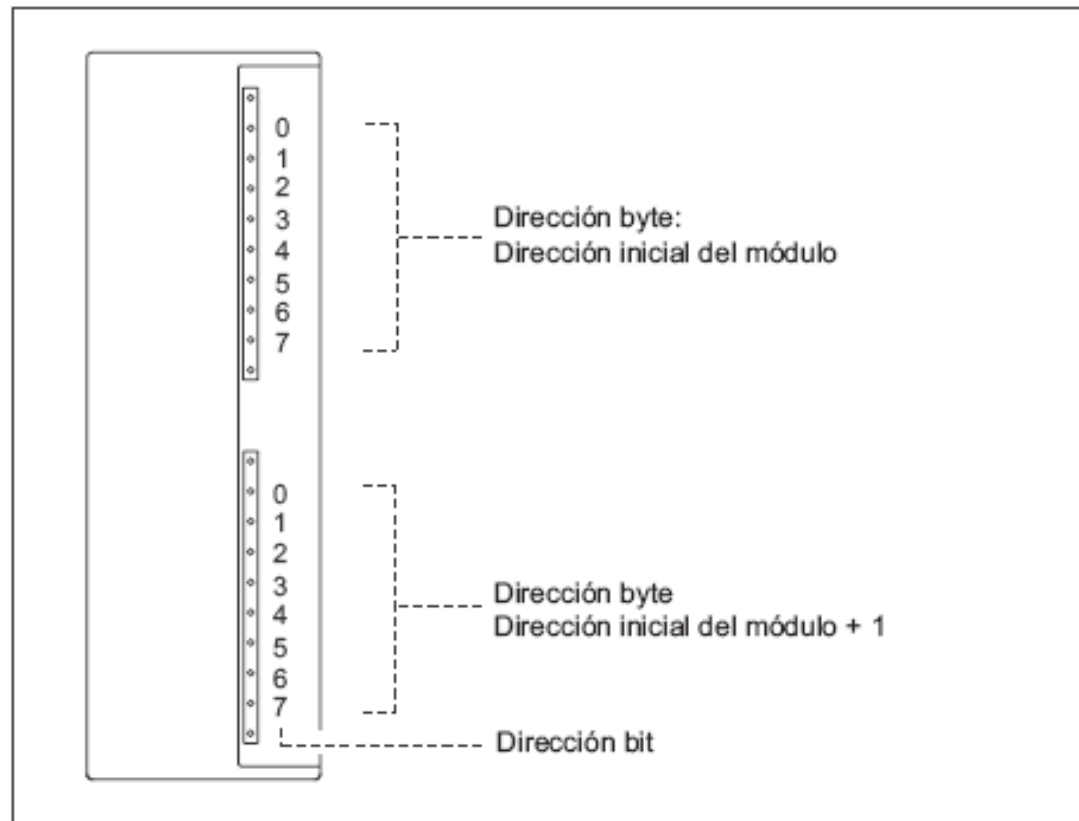


Figura 8-2 Direcciones de las entradas y salidas de módulos digitales



# Direccionamiento

## CPU 314IFM

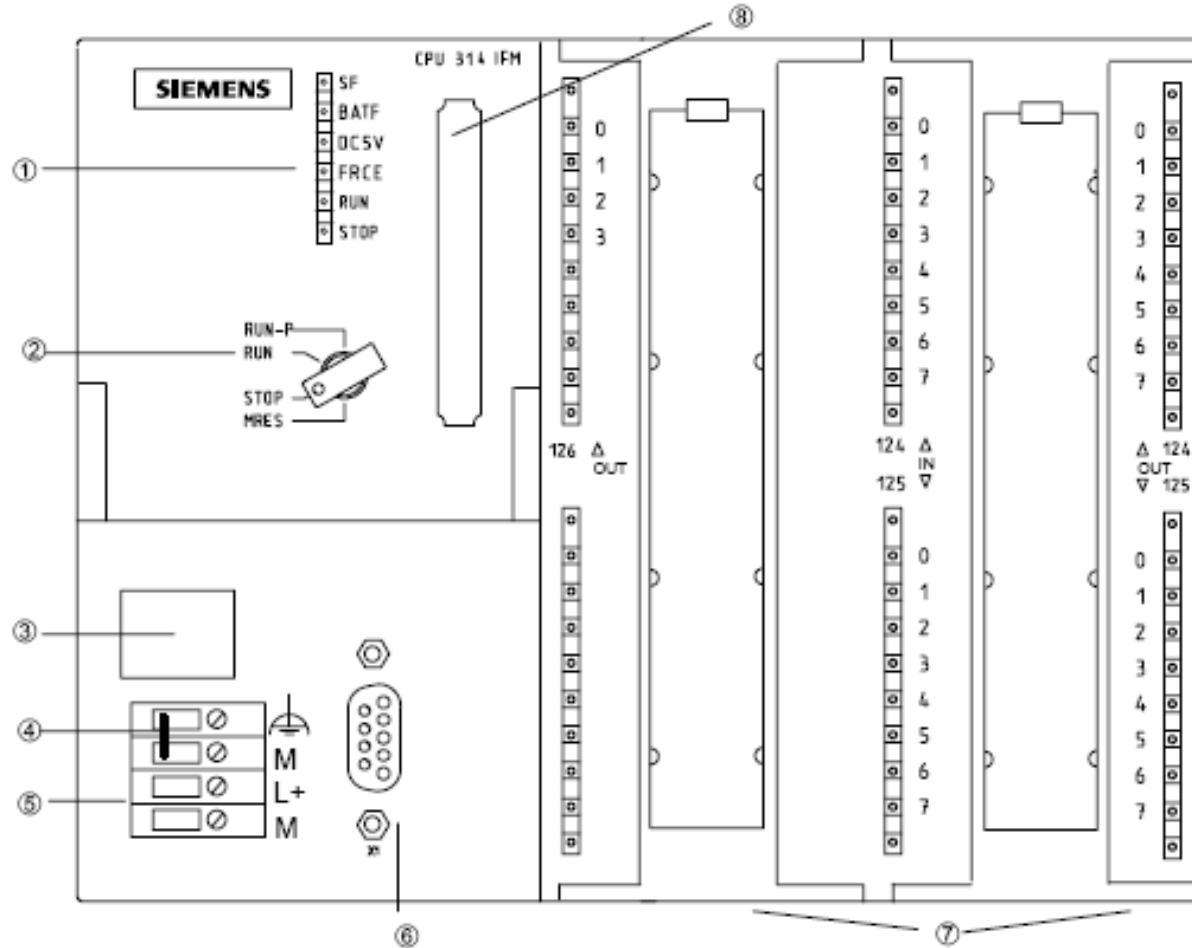
Las entradas y salidas integradas en la CPU 314 IFM tienen las direcciones siguientes:

Tabla 8-2 Entradas y salidas integradas de la CPU 314 IFM

Entradas/salidas	Direcciones	Observaciones
20 Entradas digitales	124.0 a 126.3 de las cuales, 4 entradas sirven para las funciones integradas: 126.0 a 126.3	Posibilidad de uso de las entradas para las funciones integradas: <ul style="list-style-type: none"><li>• Contaje</li><li>• Contaje A/B</li><li>• Medición de frecuencia</li><li>• Posicionamiento</li><li>• Entrada de alarma</li></ul> Véase el manual <i>Funciones integradas</i>
16 Salidas digitales	124.0 a 125.7	–
4 Entradas analógicas	128 a 135	–
1 Salida analógica	128 a 129	–

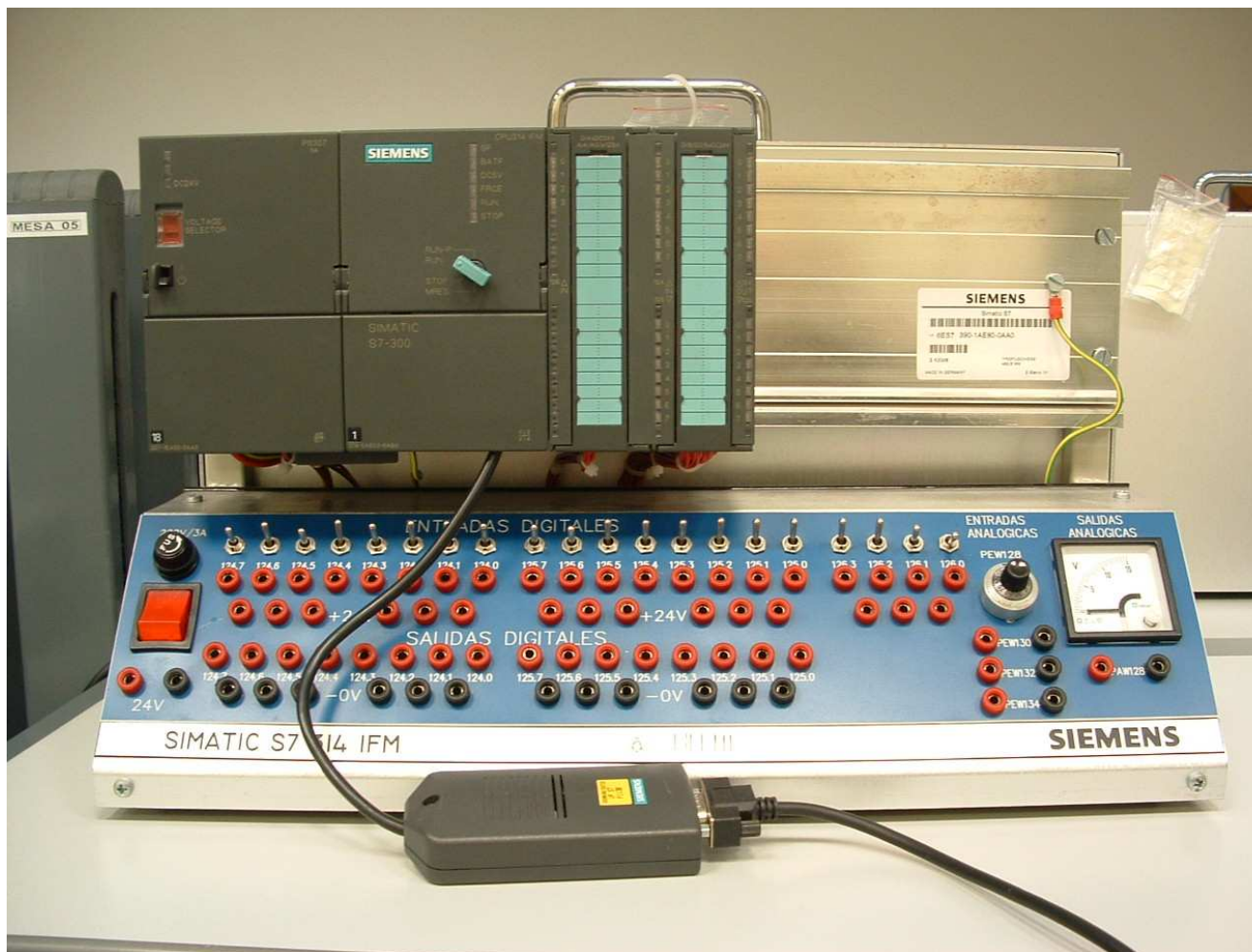


## Vista frontal de la CPU 314 IFM



- |                                          |                                                                  |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| ① Indicadores de estado y error          | ⑤ Conexión para el suministro de corriente y la tierra funcional |
| ② Selector de modo de operación          | ⑥ Interfase multipunto MPI                                       |
| ③ Receptáculo para pila tampón o batería | ⑦ Entradas/salidas integradas                                    |
| ④ Puente (desmontable)                   | ⑧ Slot para Memory Card (sólo -5AE10-)                           |

## Equipo de entrenamiento con CPU 314 IFM





## Configuración del sistema de E/S

- **Centralizadas**
  - Autómatas compactos,  $\mu$ autómatas (+módulos)
  - Autómatas modulares (+módulos y +bastidores)
- **Distribuidas**
  - Locales. Bastidor de expansión
  - Remotas. Bus de campo
  - Pueden disminuir los costes de instalación (menos cableado)
  - Aumenta la seguridad de la transmisión (menos cables, y transmisión digital de la información)

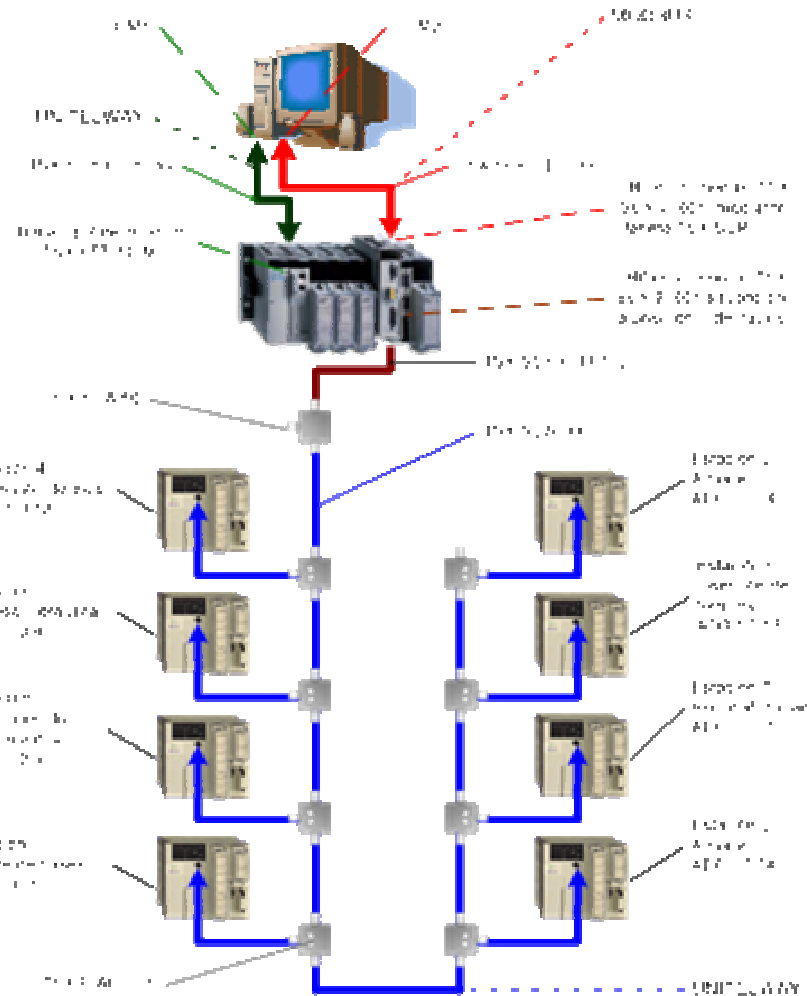
# Comunicaciones

## Buses de campo:

- AS-i
- PROFIBUS
- Uni-Telway

## Redes industriales:

- ETHERNET Industrial
- MODBUS
- Inalámbricas
  - Wifi
  - Bluetooth
  - Zigbee





## Estándar IEC 61131

Especifica las funciones que ha de tener un autómata programable, y estandariza el modelo de software y los lenguajes de programación para estos equipos

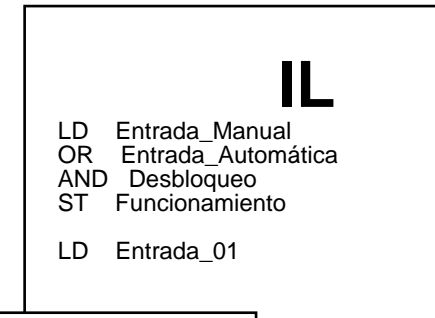
### Partes de la norma IEC61131

- **Parte 1: *Información general***
- **Parte 2: *Especificaciones y ensayos de los equipos***
- **Parte 3: *Lenguajes de programación***
- **Parte 4: *Guías de usuario***
- **Parte 5: *Comunicaciones***
- ...

# Programación

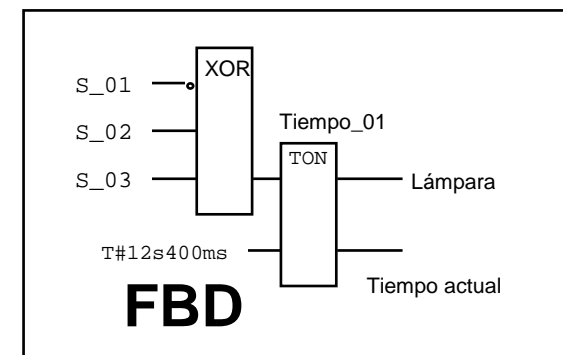
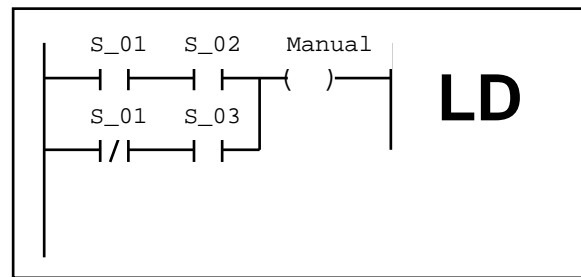
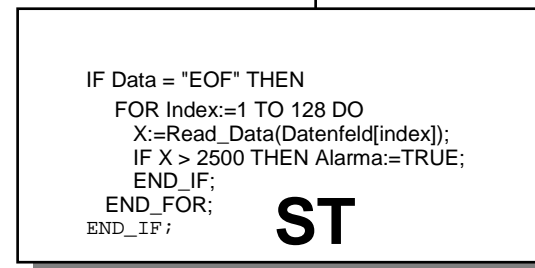
- Lenguajes literales

- Lista de instrucciones (*Instruction List, IL*)
- Texto estructurado (*Structured Text, ST*)



- Lenguajes gráficos

- Diagrama de bloques funcionales (*Function Block Diagram, FBD*)
- Diagrama de escalera (*Ladder Diagram, LD*)





## Programación con STEP 7

STEP 7 es el software de programación de los equipos de las gamas S7-300 y S7-400 de Siemens.

Presenta los siguientes lenguajes:

- AWL (IL)
- KOP (LD)
- FUP (FBD)

En la práctica se utilizará KOP.



## Variables y símbolos

- Variables (mnemónicos en alemán):
  - E Entradas (ej. E124.0)
  - A Salidas (ej. A124.0)
  - M Marcas (ej. M90.0)
  - T Temporizadores (ej. T5)
  - Z Contadores (ej. Z6)
- Es aconsejable crear tablas de símbolos para no tener que recordar las direcciones. Ej:
  - E124.0 “Pulsador\_arranque”
  - E124.1 “Térmico\_motor1”
  - ...





## Elementos básicos de programación

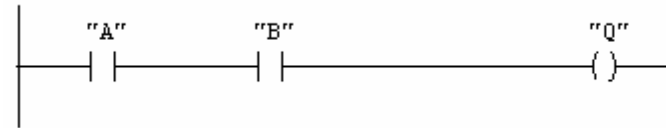
- El diseño de la mayor parte automatismos combinacionales y secuenciales se puede resolver a partir de las siguientes funciones básicas:
  - Funciones lógicas (AND, OR, NOT)
  - Biestables (SET, RESET)
  - Temporizadores
  - Contadores



## Funciones lógicas en KOP (LD)

- AND

$$Q = A \cdot B$$



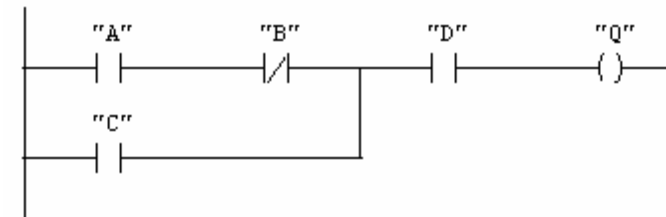
- OR

$$Q = A + B$$



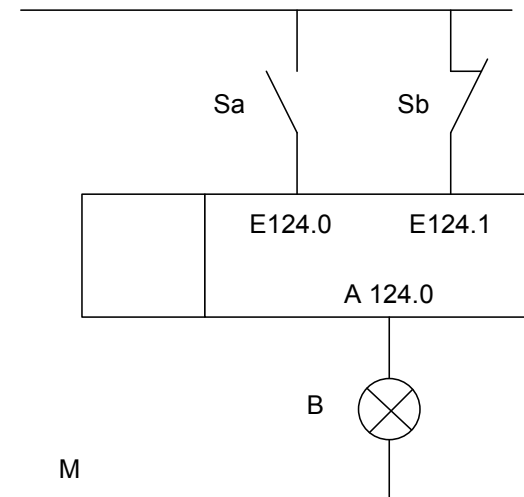
- Combinación de AND, OR, NOT

$$Q = (A \cdot \bar{B} + C) \cdot D$$



## Consideraciones sobre el emisor

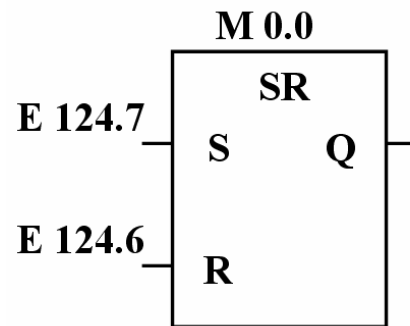
- La programación depende de los emisores de señal (sensores, pulsadores, etc.)
- No es lo mismo si son de nivel activo alto que bajo.
- Ej: Se pretende gestionar el encendido y apagado de una bombilla en función de la información obtenida de los sensores Sa y Sb cuyo estado de reposo se observa en la figura. La ley de control es la siguiente: *la bombilla debe lucir si y sólo si se produce simultáneamente detección ambos sensores.*



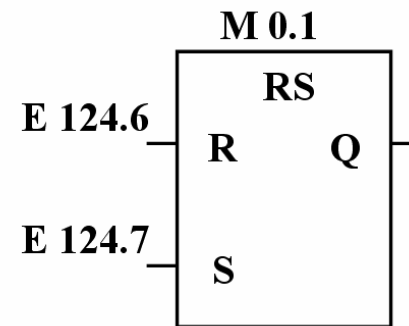


# Biestables

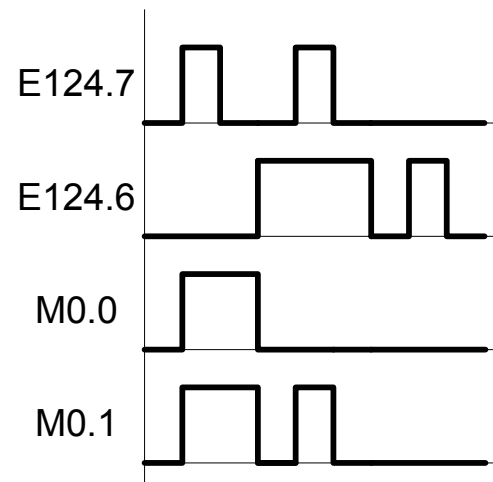
Borrado prioritario



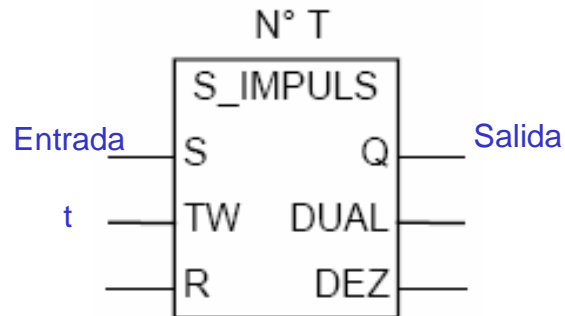
Inscripción prioritaria



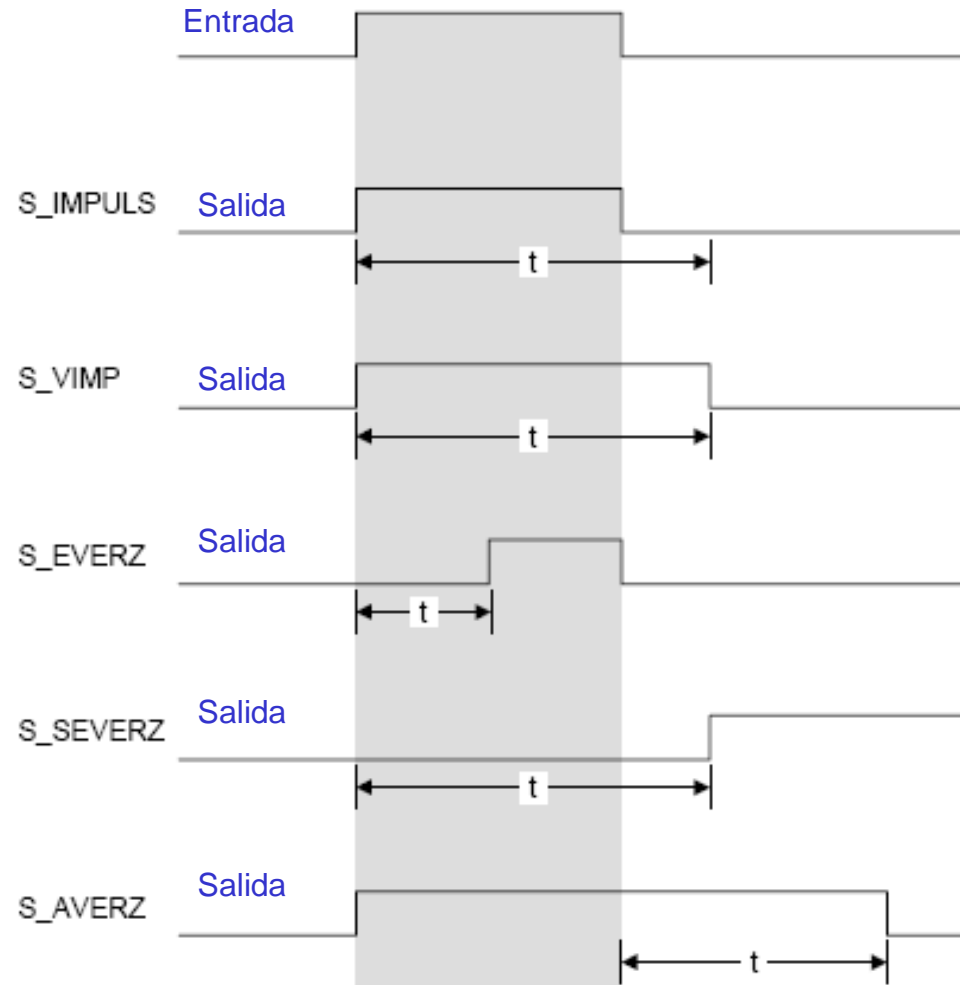
Funcionan por nivel



# Temporizadores



Se activan (comienza la temporización) por flanco ascendente en la entrada (excepto SA). La evolución de la salida depende del tipo de temporizador.





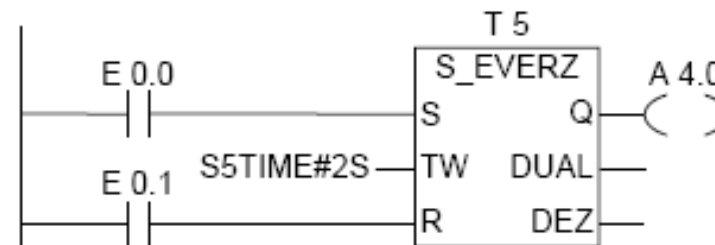
## Tipos de temporizadores

Temporizadores	Descripción
<b>S_IMPULS</b> Temporizador de impulso	El tiempo máximo que la señal de salida permanece a 1 corresponde al valor de temporización $t$ programado. La señal de salida permanece a 1 durante un tiempo inferior si la señal de entrada cambia a 0.
<b>S_VIMP</b> Temporizador de impulso prolongado	La señal de salida permanece a 1 durante el tiempo programado, independientemente del tiempo en que la señal de entrada esté a 1.
<b>S_EVERZ</b> Temporizador de retardo a la conexión	La señal de salida es 1 solamente si ha finalizado el tiempo programado y la señal de entrada sigue siendo 1.
<b>S_SEVERZ</b> Temporizador de retardo a la conexión con memoria	La señal de salida cambia de 0 a 1 solamente si ha finalizado el tiempo programado, independientemente del tiempo en que la señal de salida esté a 1.
<b>S_AVERZ</b> Temporizador de retardo a la desconexión	La señal de salida es 1 cuando la señal de entrada es 1 o cuando el temporizador está en marcha. El temporizador arranca cuando la señal de entrada cambia de 1 a 0.



## Temporizadores II

Ejemplo (retardo a la conexión)



- Si el estado de señal de la entrada E 0.0 cambia de "0" a "1" (flanco creciente), se activa el temporizador T5.
- Si transcurre el tiempo de dos segundos y el estado de señal en la entrada E 0.0 sigue siendo "1", la salida A 4.0 será "1".
- Si el estado de señal de la entrada E 0.0 cambia de "1" a "0", el temporizador se para y la salida A 4.0 será "0".
- Si el estado de señal de la entrada E 0.1 cambia de "0" a "1", el temporizador se pone a 0, tanto si estaba funcionando como si no.



## Metodologías de diseño de sistemas secuenciales

El enfrentamiento a sistemas de automatización cada vez más complejos exige la adopción de una metodología.

Las que más éxito han tenido son:

- GRAFCET (Gráfico de mando etapa transición)  
IEC-60848
- GEMMA (Guía de estudio de los modos de marcha y parada)

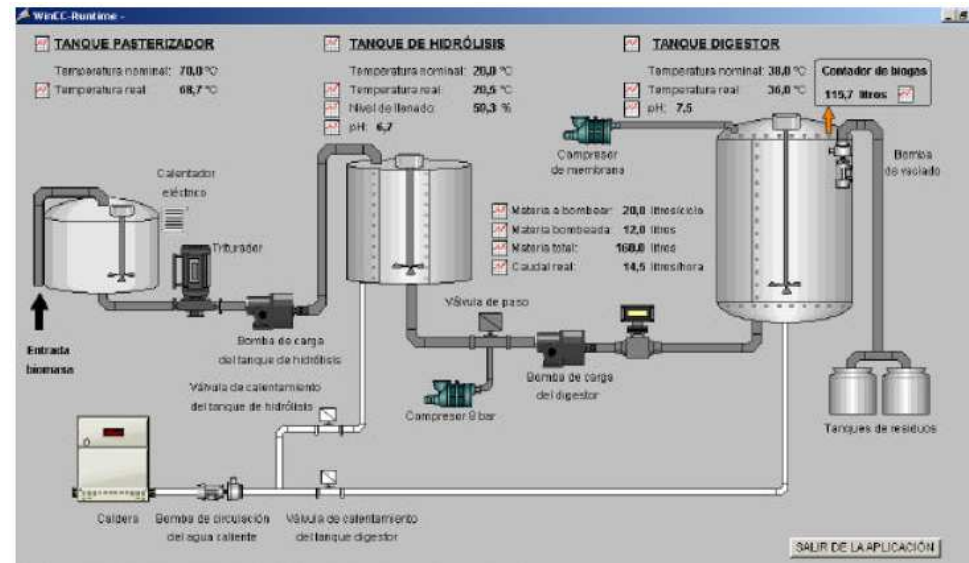




## SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition.

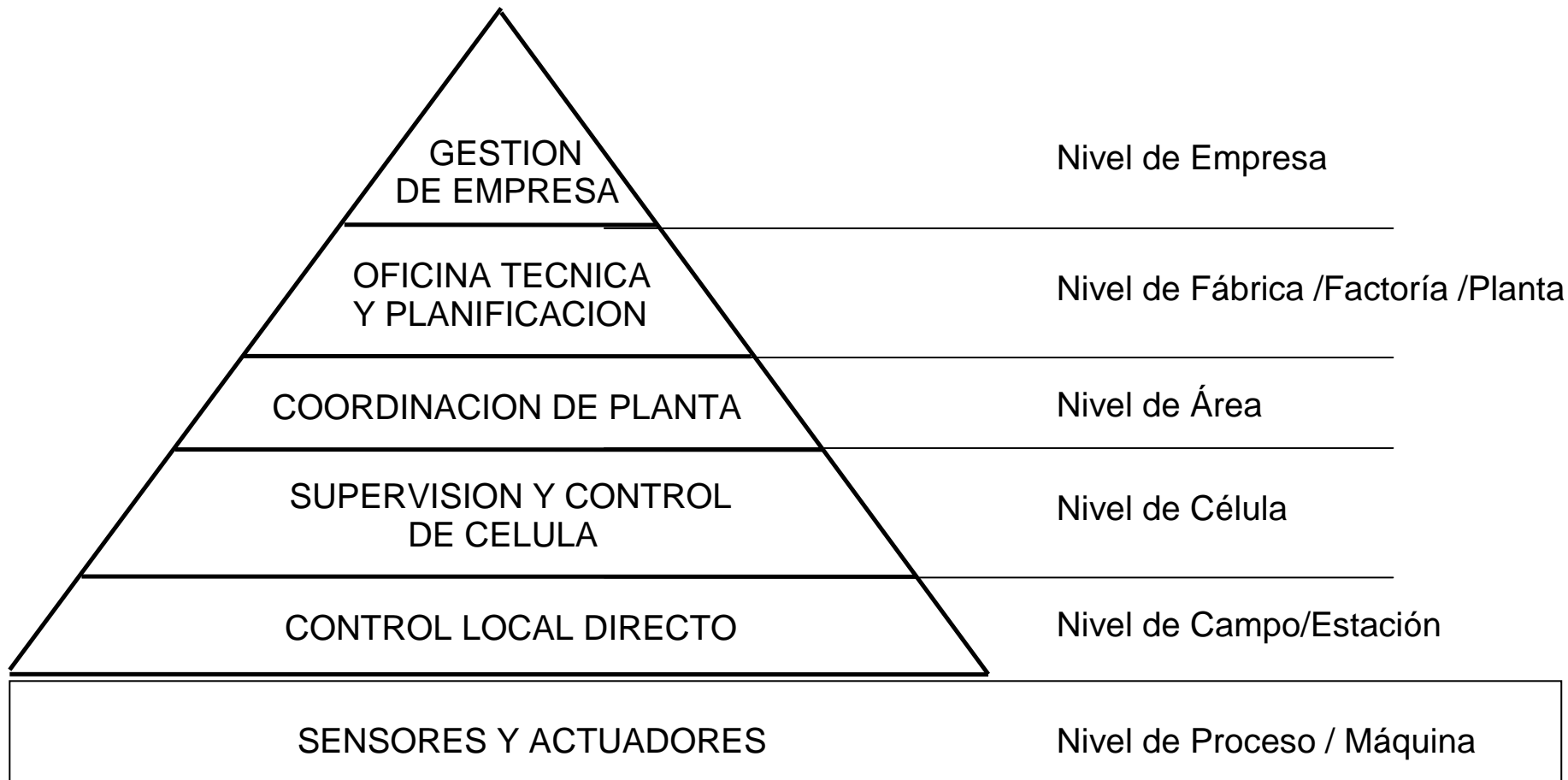
Aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta por comunicación digital con los controladores e interfaz gráfico de alto nivel con el usuario

Componente de la parte de supervisión





# CIM (Computer Integrated Manufacturing)





## En más profundidad

En las asignaturas de 5º:

- Ingeniería de automatización (2c, o)
- Ingeniería electrónica y automática (2c, v)
- Comunicaciones en entornos industriales (1c, libre)



## Bibliografía

- Siemens, *Manuales del S7-300*
  - *Introducción y ejercicios prácticos*  
[http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/18652511/S7gsv54\\_s.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=18652957&forcedownload=true](http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/18652511/S7gsv54_s.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=18652957&forcedownload=true)
  - *Esquema de contactos (KOP) para S7-300 y S7-400*  
[http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/18654395/KOP\\_s.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=18652981&forcedownload=true](http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/18654395/KOP_s.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=18652981&forcedownload=true)
- Ballcells, J. *Autómatas Programables*, Marcombo, 1997
  - Cap. 4. Arquitectura interna del autómata
  - Cap. 5. Ciclo de funcionamiento del autómata y control en tiempo real
  - Cap. 6. Configuración del autómata
- PLCopen, traducido por Felipe Mateos, *IEC 61131. Un recurso de programación estándar*