



Sistemas de control secuencial

Tema 1

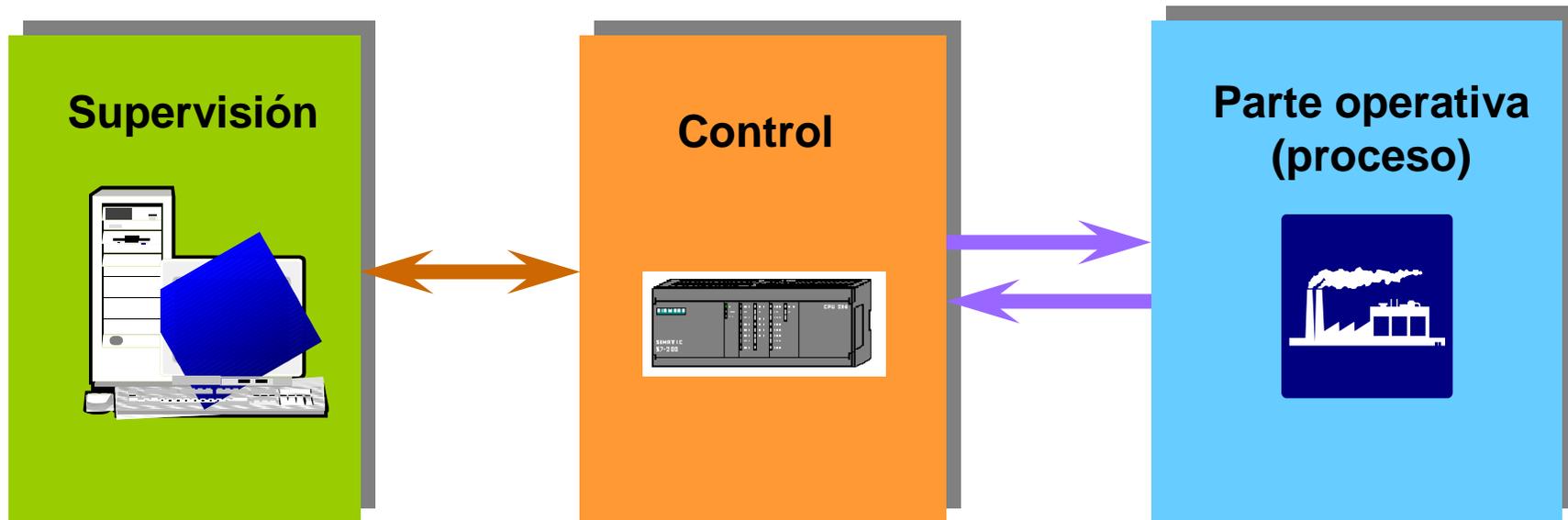


Índice

- 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



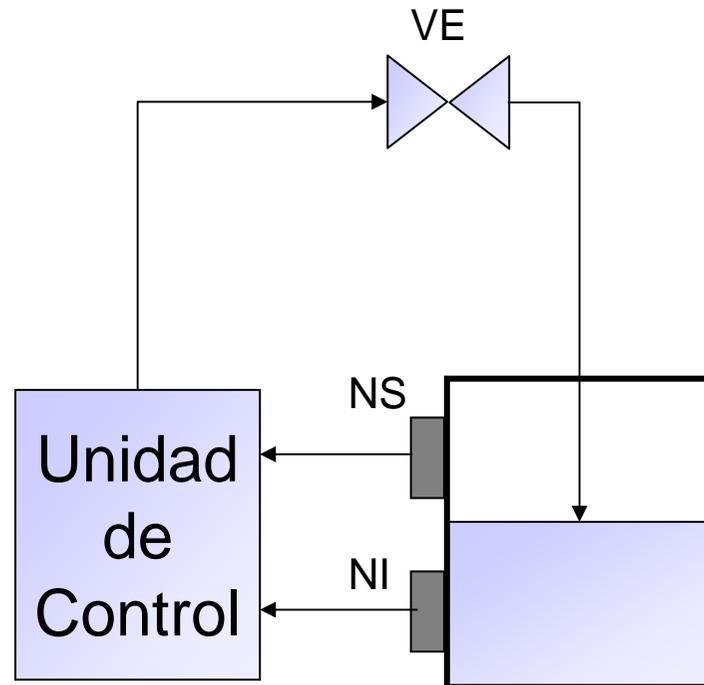


Clasificación de sistemas de control

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

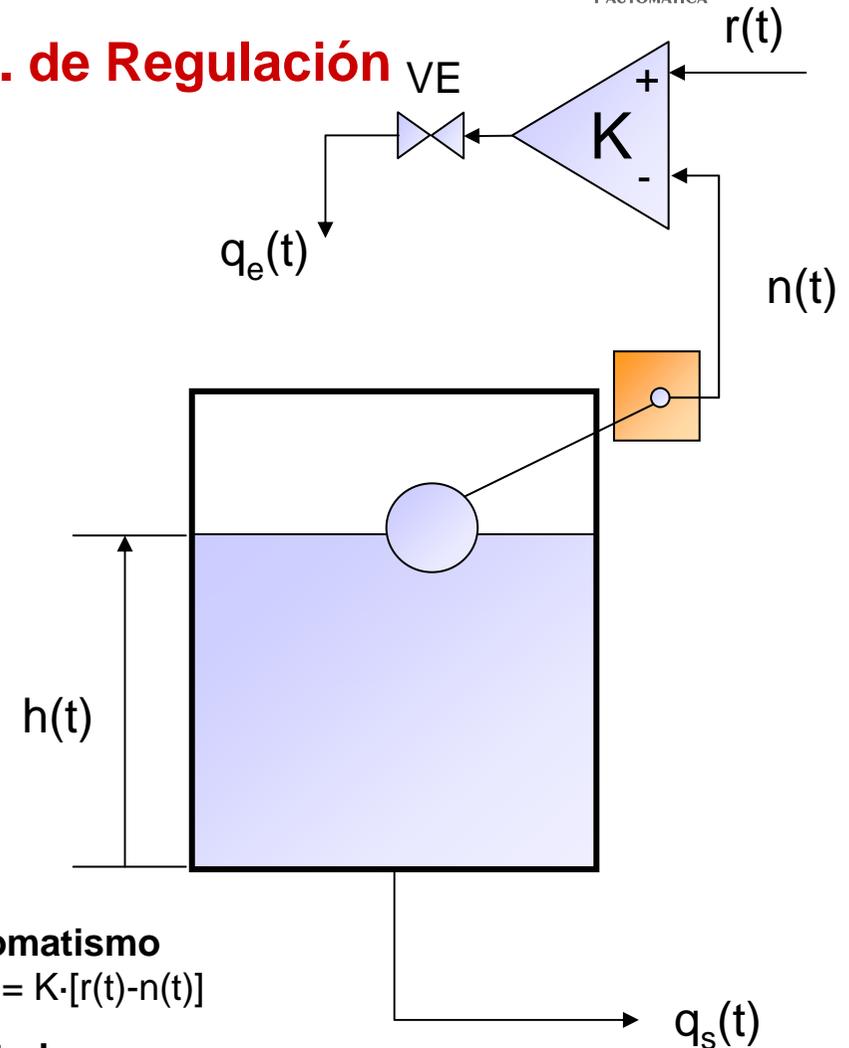
Sensores de nivel NS, NI

Actuadores

Válvula todo-nada VE

2007

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

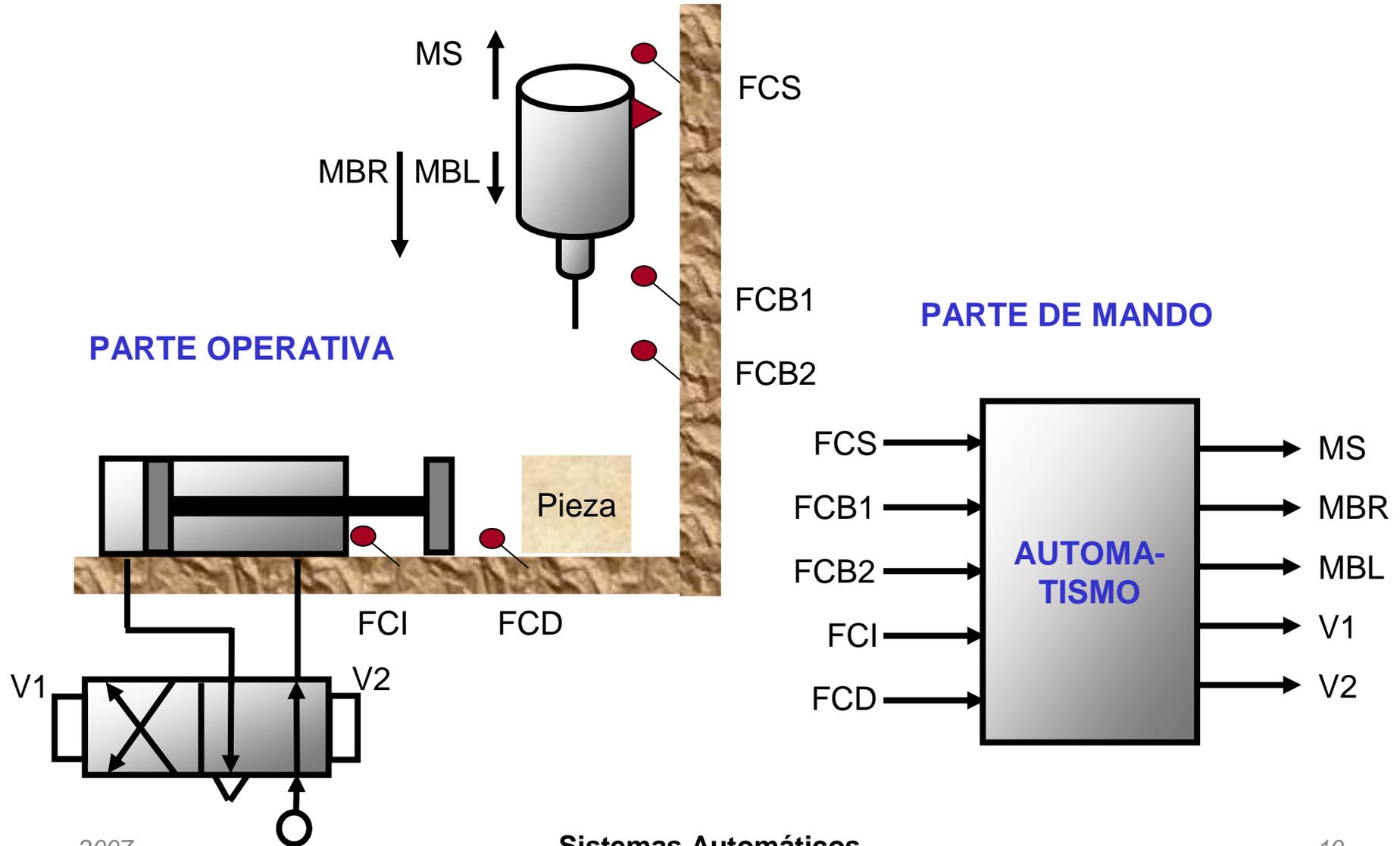
Ejemplos:

- 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)

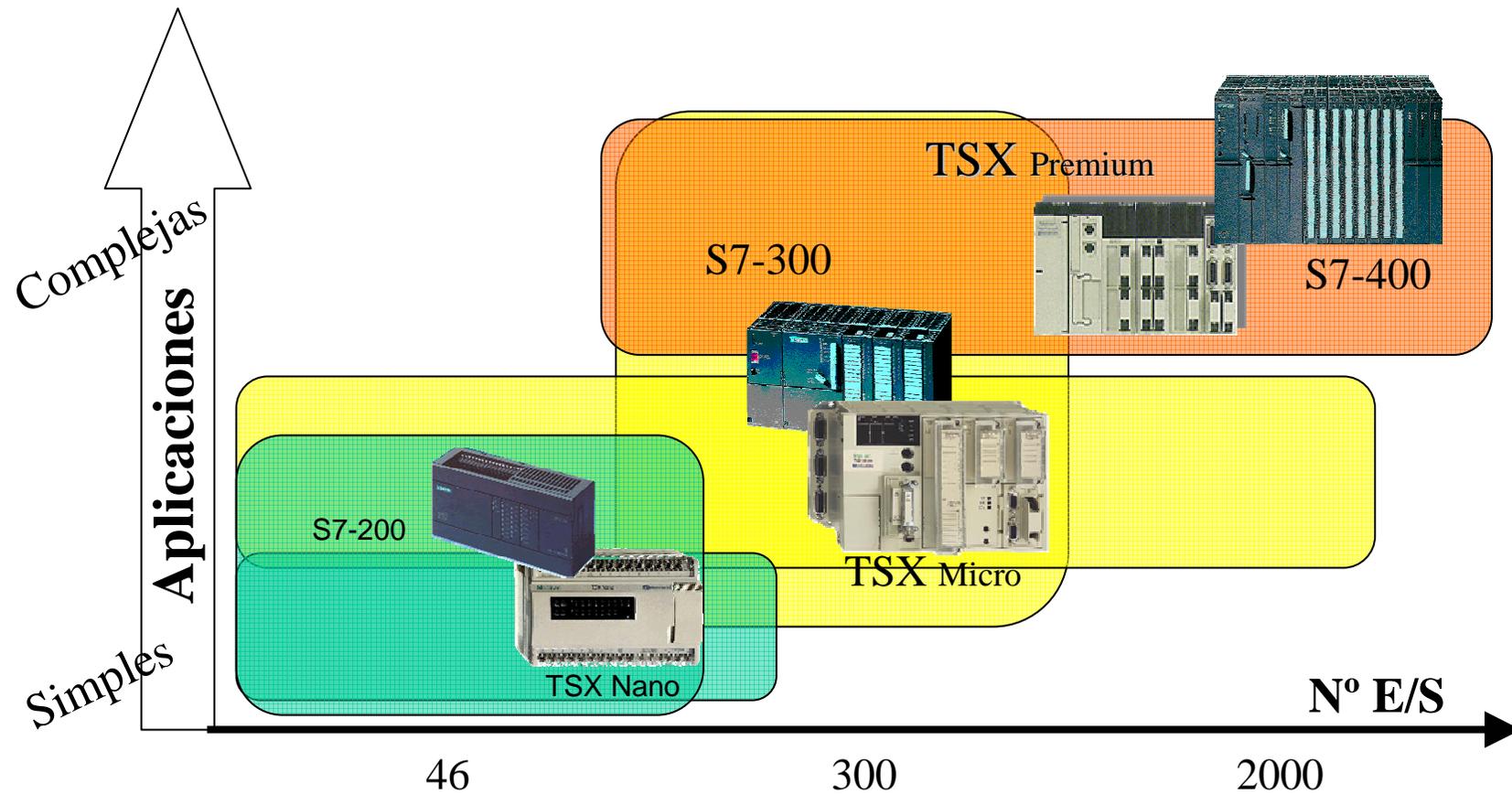
S7-300



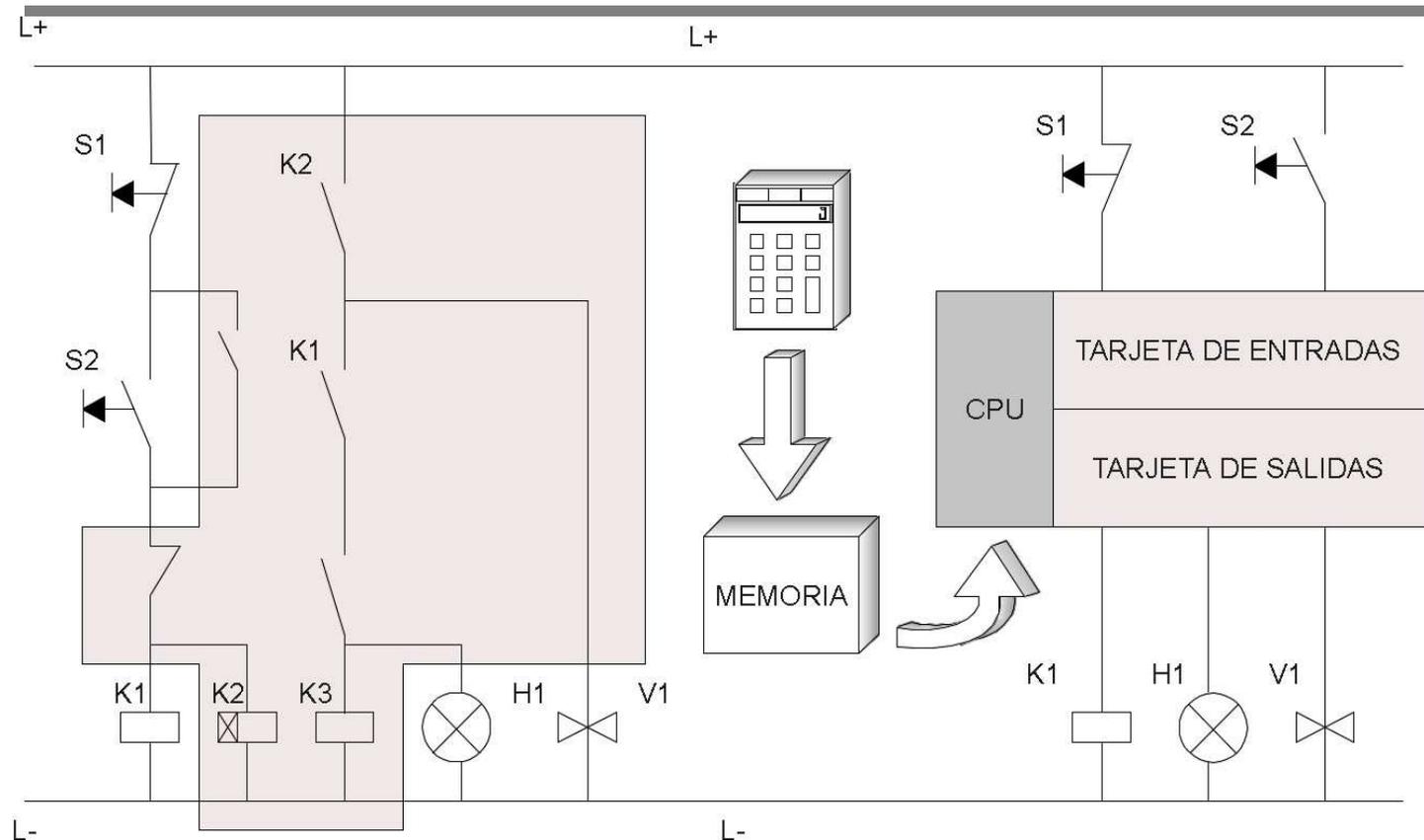
TSX-Micro



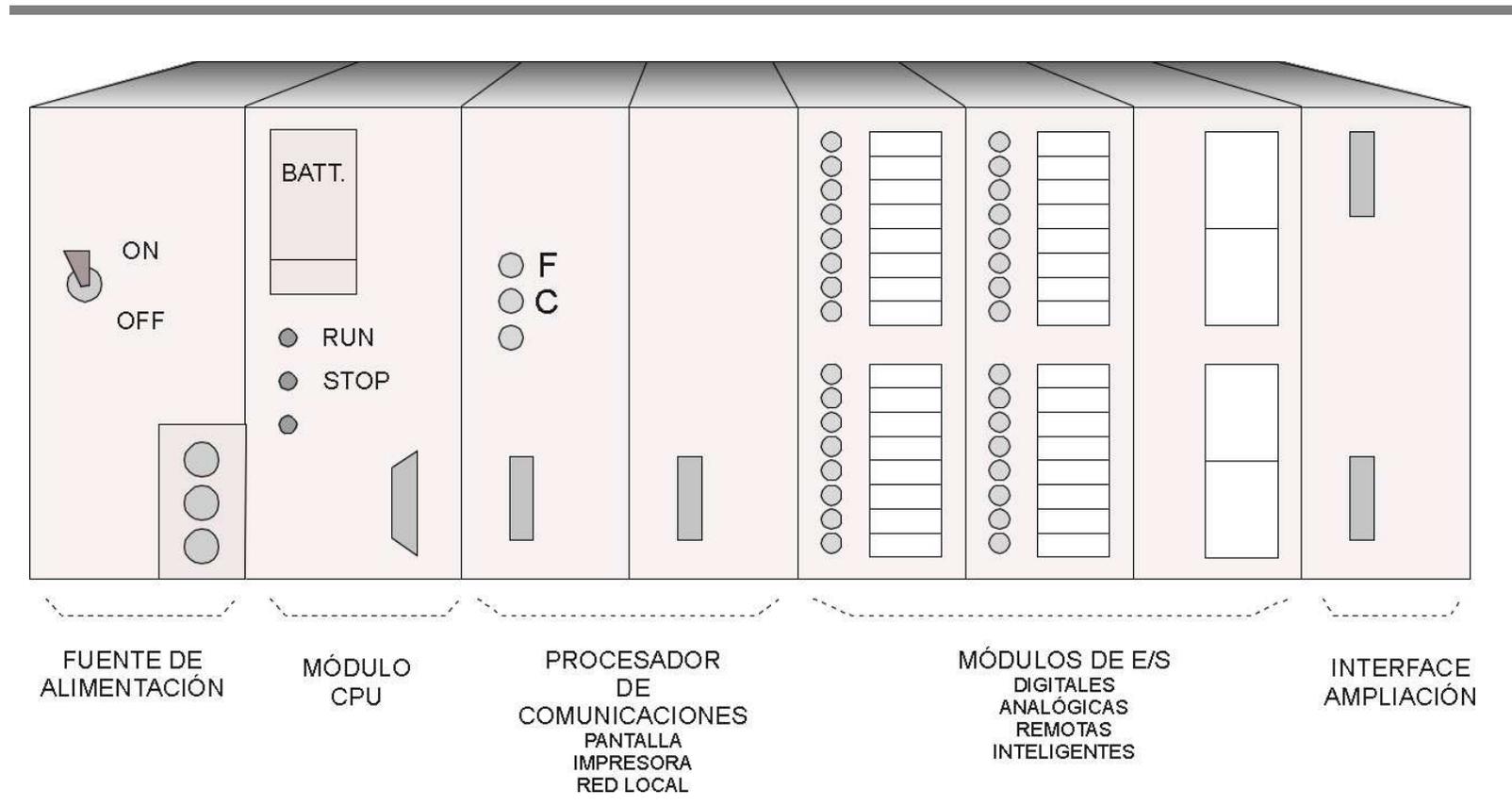
Gama de autómatas TSX (Schneider) y Siemens



Sustitución de armarios de relés



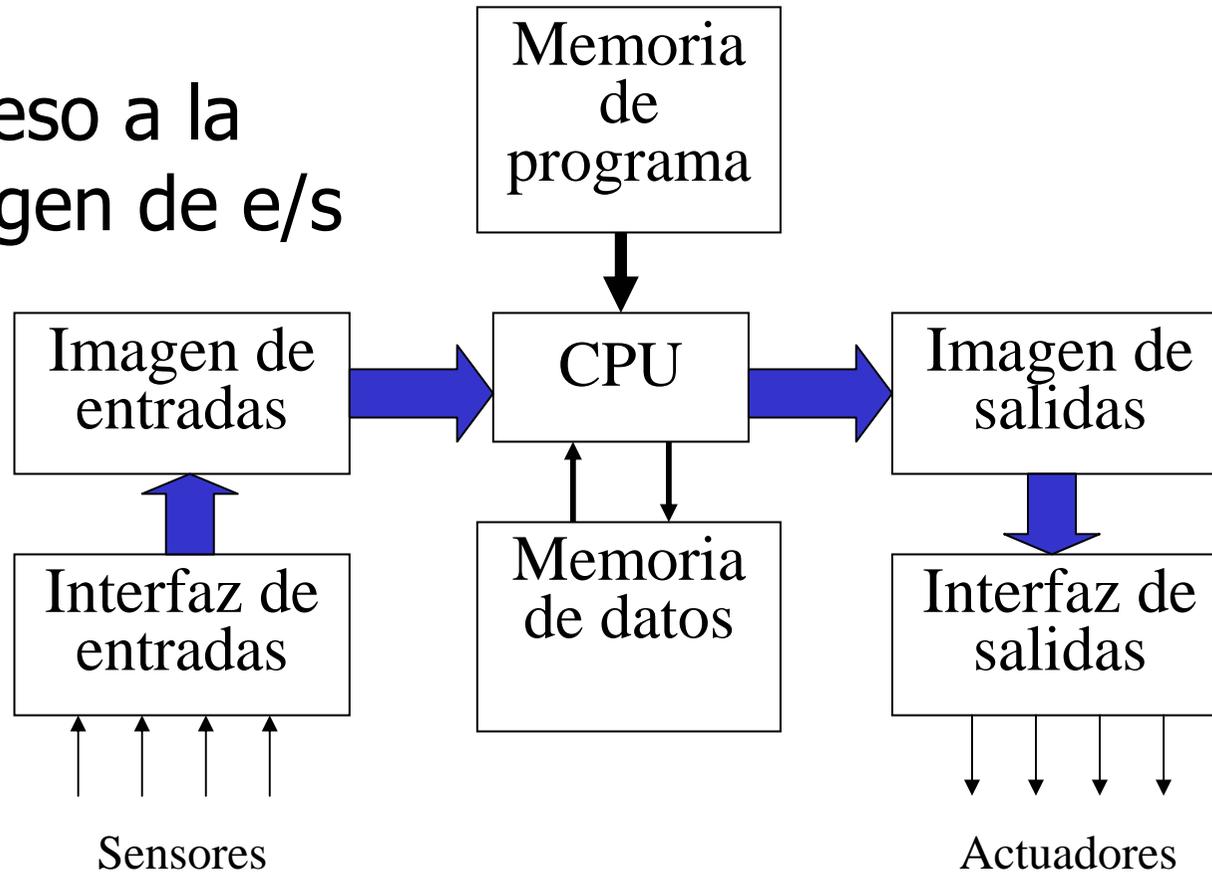
Estructura





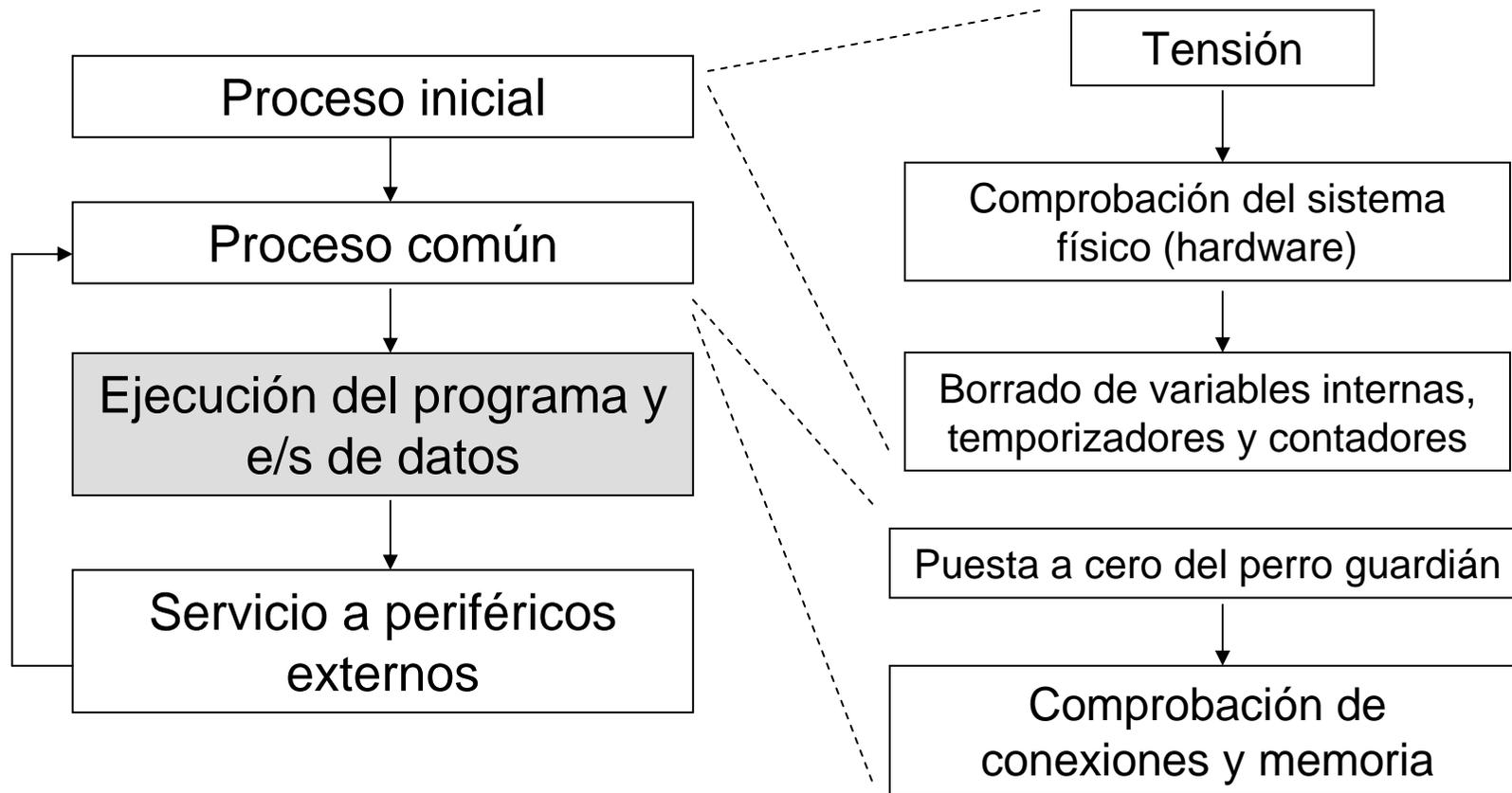
Memoria

Acceso a la
imagen de e/s





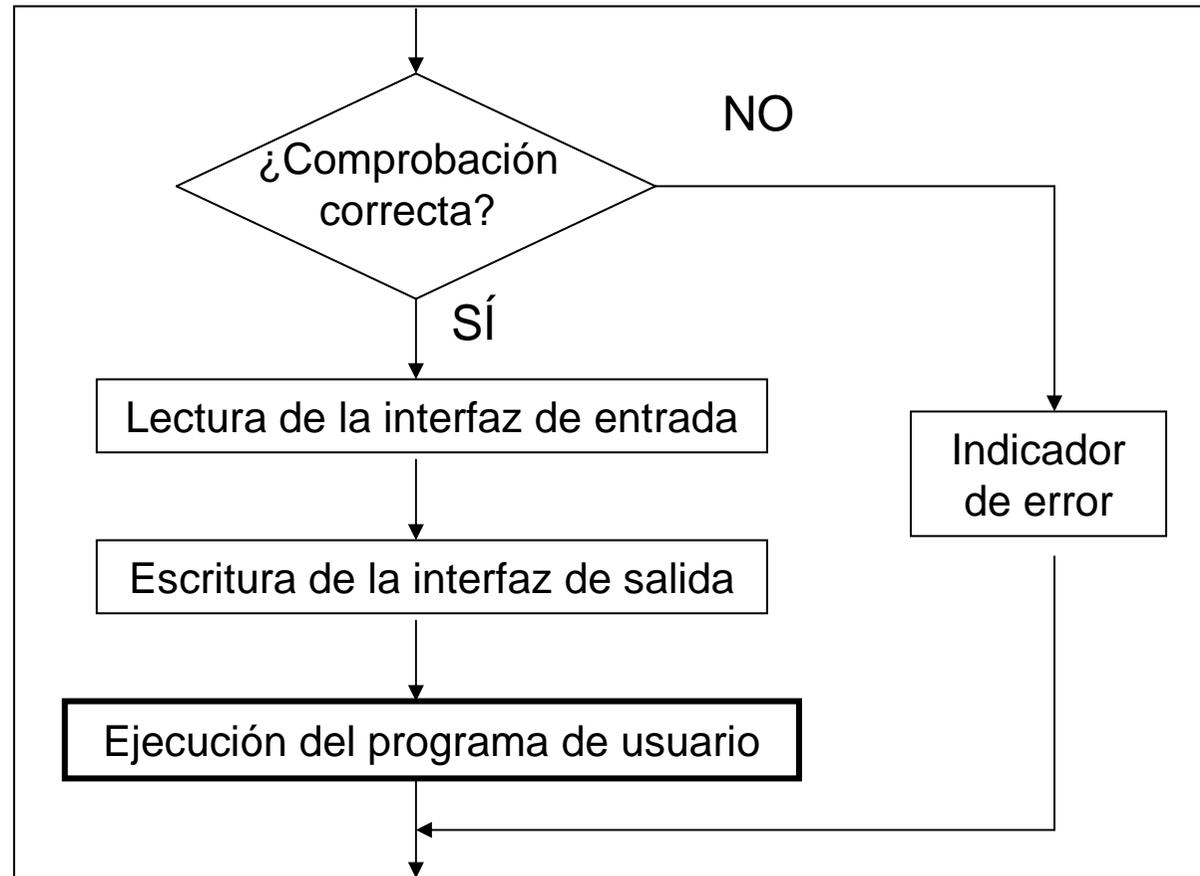
Ciclo de funcionamiento





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)

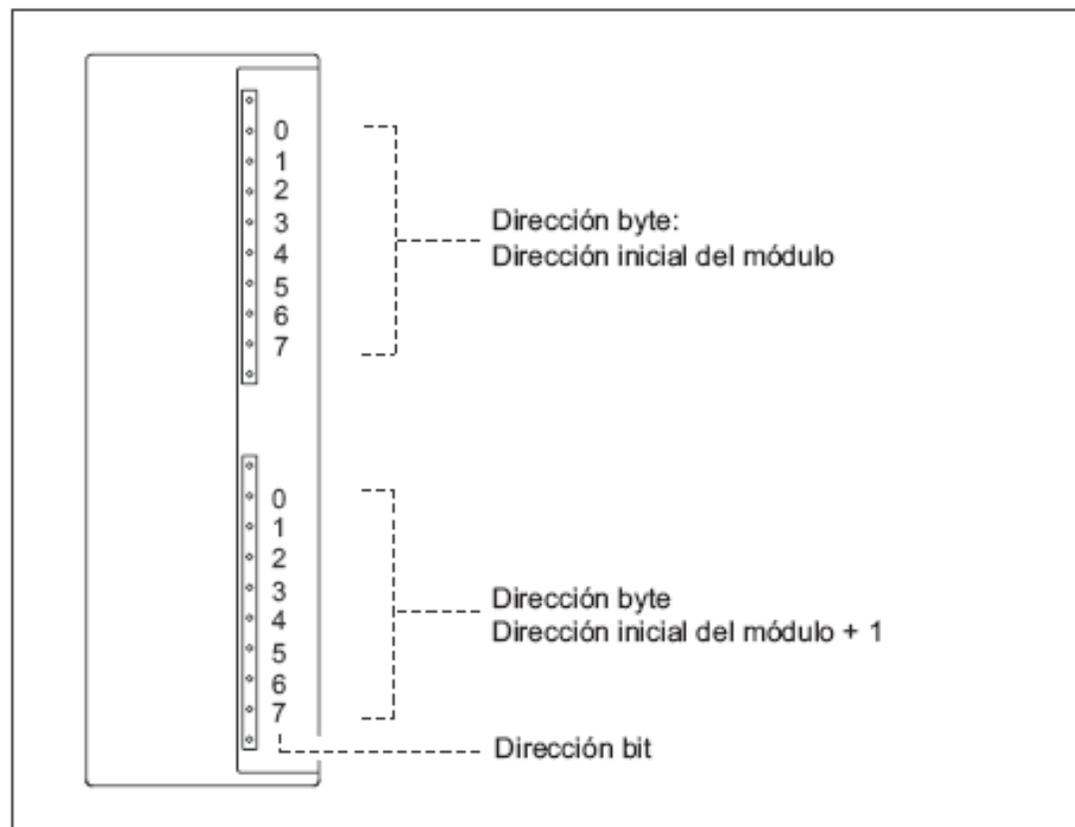


Figura 8-2 Direcciones de las entradas y salidas de módulos digitales



Direccionamiento

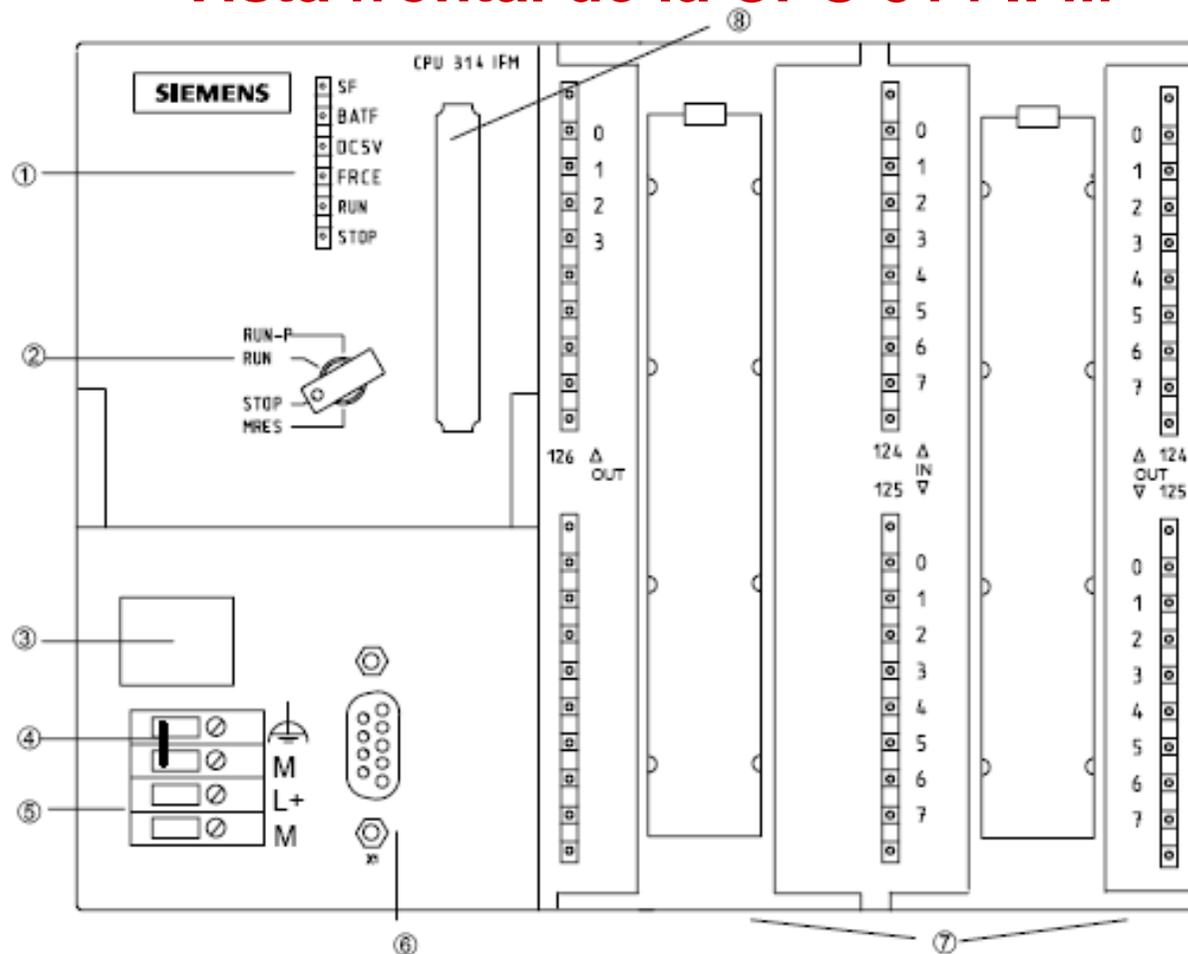
CPU 314IFM

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

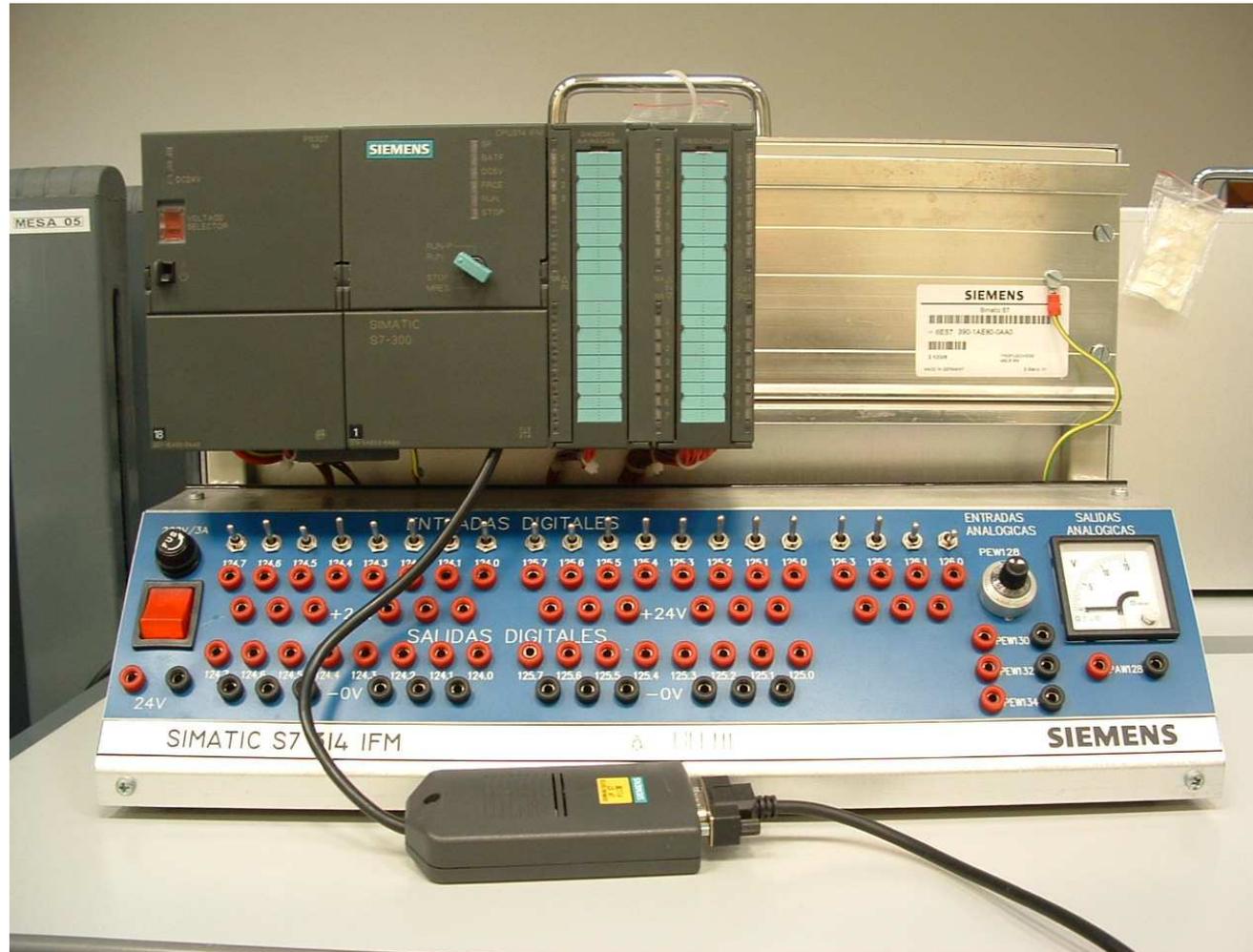
Entradas/salidas	Direcciones	Observaciones
20 Entradas digitales	124.0 a 126.3 de las cuales, 4 entradas sirven para las funciones integradas: 126.0 a 126.3	Posibilidad de uso de las entradas para las funciones integradas: <ul style="list-style-type: none">• Contaje• Contaje A/B• Medición de frecuencia• Posicionamiento• Entrada de alarma 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, μ 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)

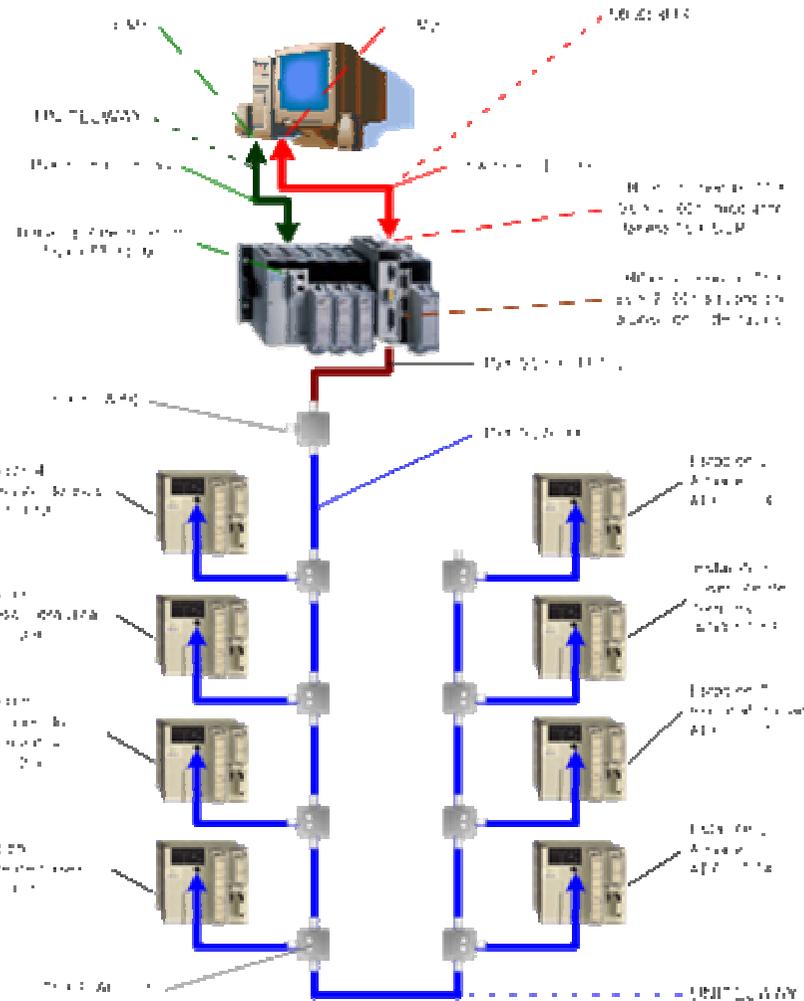
Comunicaciones

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

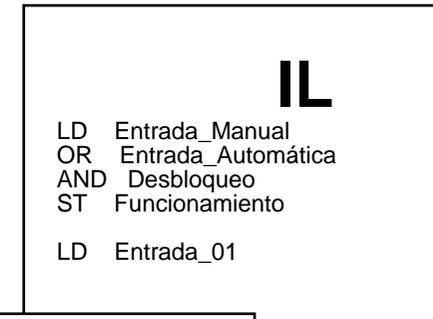
Partes de la norma IEC61131

- **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

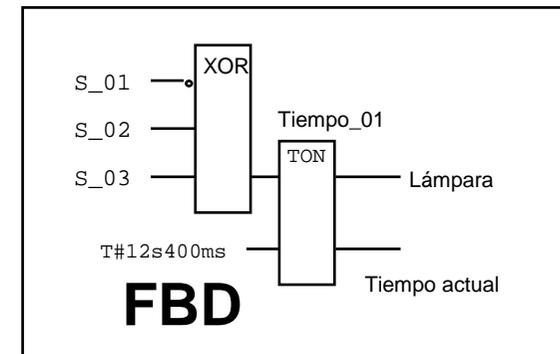
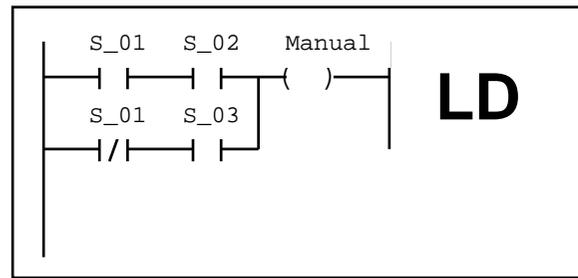
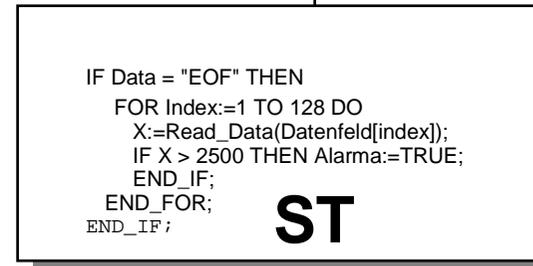
- Lenguajes literales

- 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

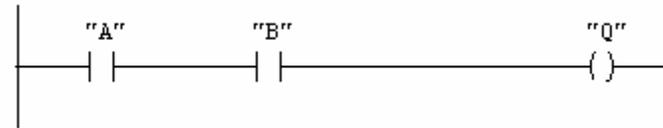
- El diseño de la mayor parte automatismos combinacionales y secuenciales se puede resolver a partir de las siguientes funciones básicas:
 - Funciones lógicas (AND, OR, NOT)
 - Biestables (SET, RESET)
 - Temporizadores
 - Contadores



Funciones lógicas en KOP (LD)

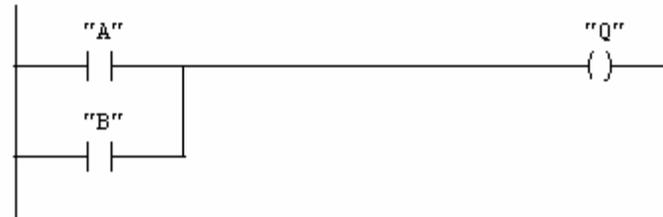
- AND

$$Q = A \cdot B$$



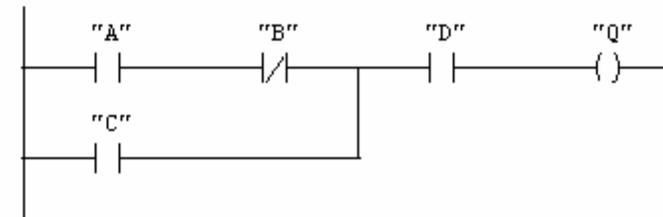
- OR

$$Q = A + B$$



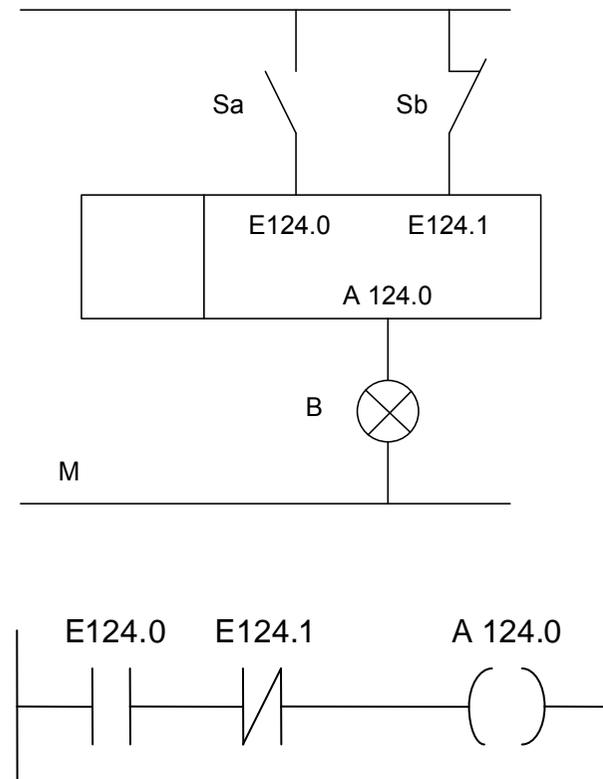
- Combinación de AND, OR, NOT

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



Consideraciones sobre el emisor

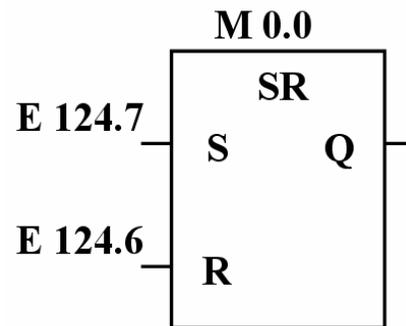
- La programación depende de los emisores de señal (sensores, pulsadores, etc.)
- No es lo mismo si son de nivel activo alto que bajo.
- Ej: Se pretende gestionar el encendido y apagado de una bombilla en función de la información obtenida de los sensores Sa y Sb cuyo estado de reposo se observa en la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



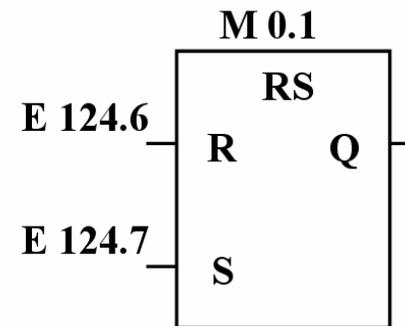


Biestables

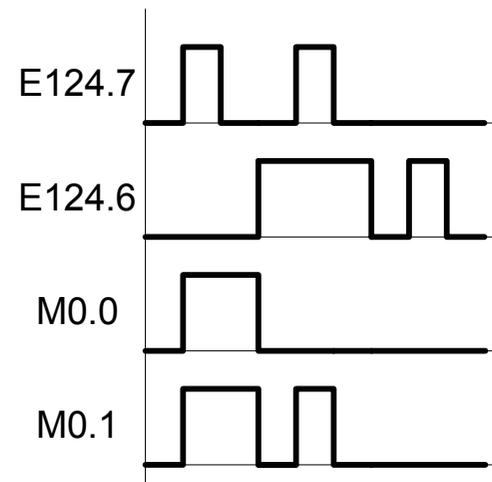
Borrado prioritario



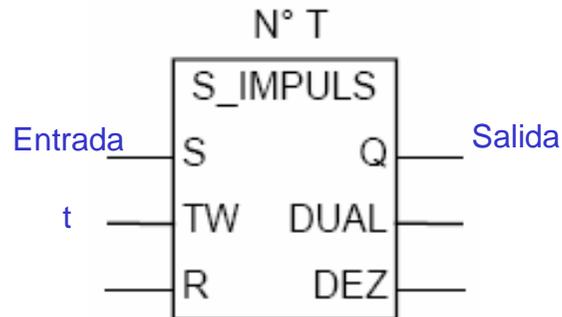
Inscripción prioritaria



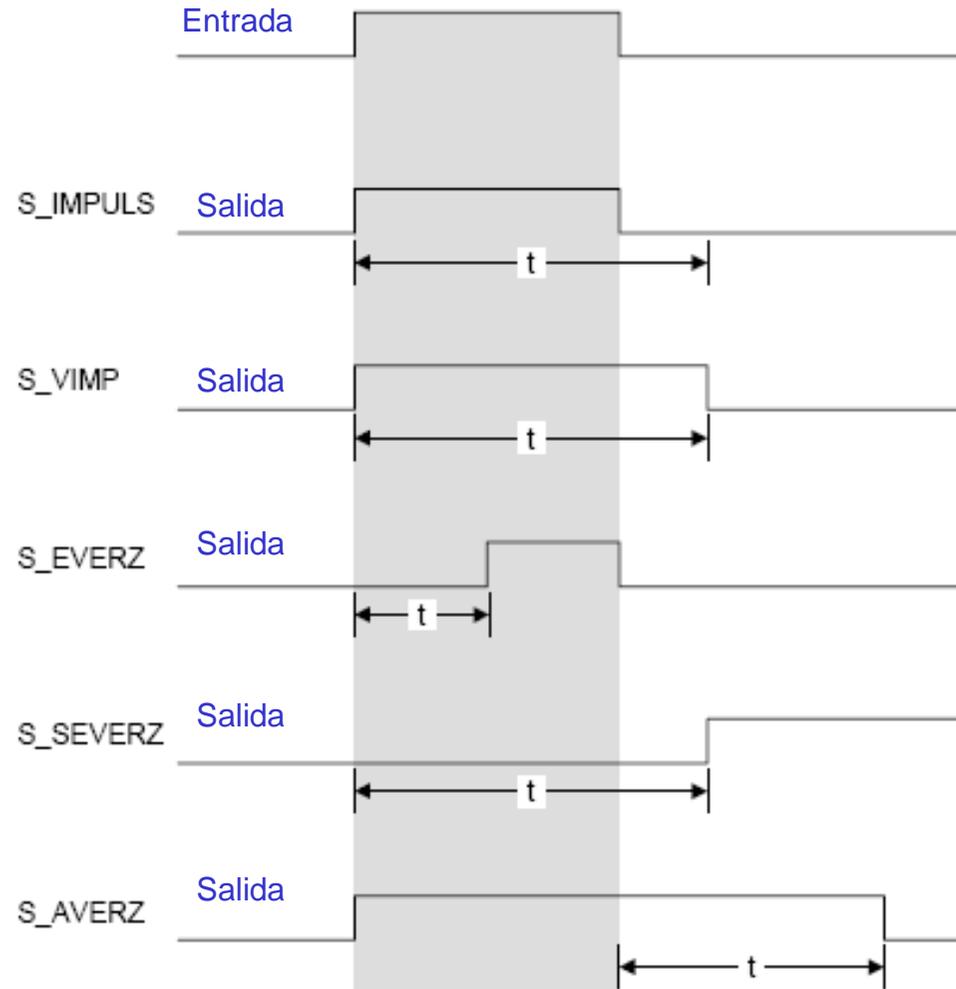
Funcionan por nivel



Temporizadores



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



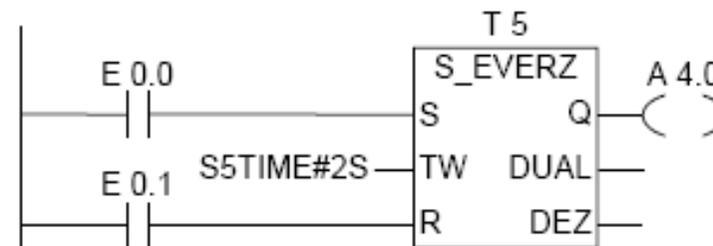


Tipos de temporizadores

Temporizadores	Descripción
S_IMPULS 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.
S_VIMP 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.
S_EVERZ 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.
S_SEVERZ 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.
S_AVERZ 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.

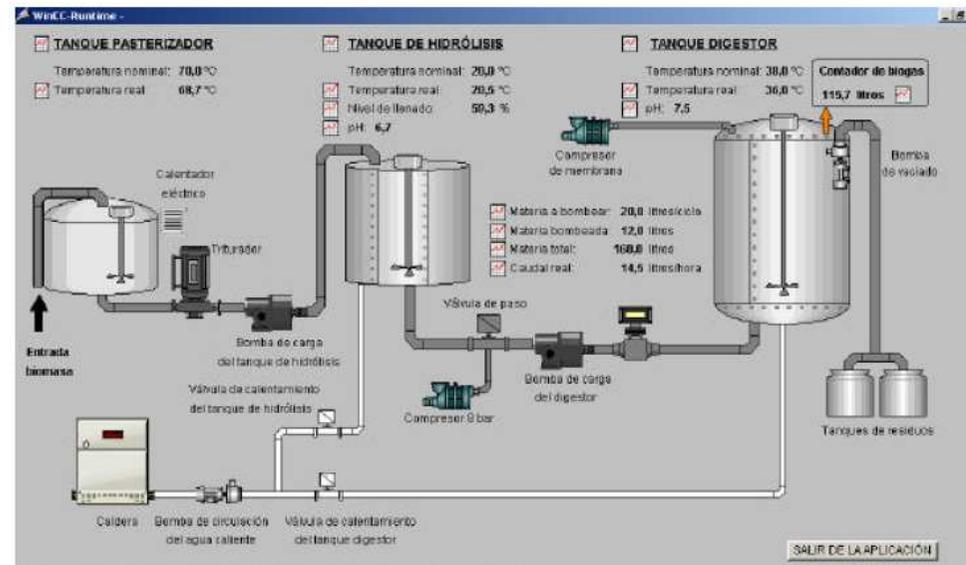
Las que más éxito han tenido son:

- 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.

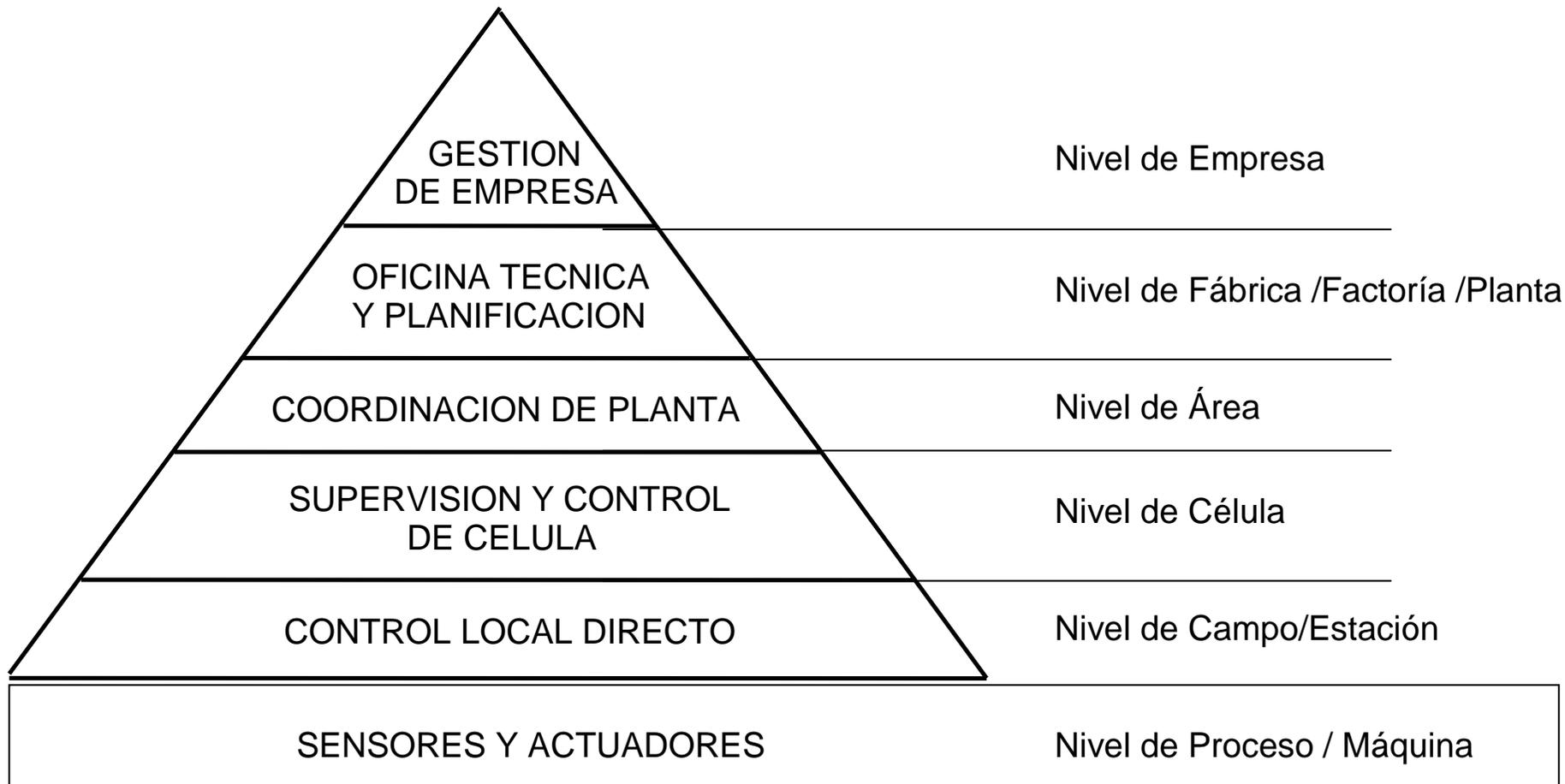
Aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta por comunicación digital con los controladores e interfaz gráfico de alto nivel con el usuario

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
 - *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
- 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*