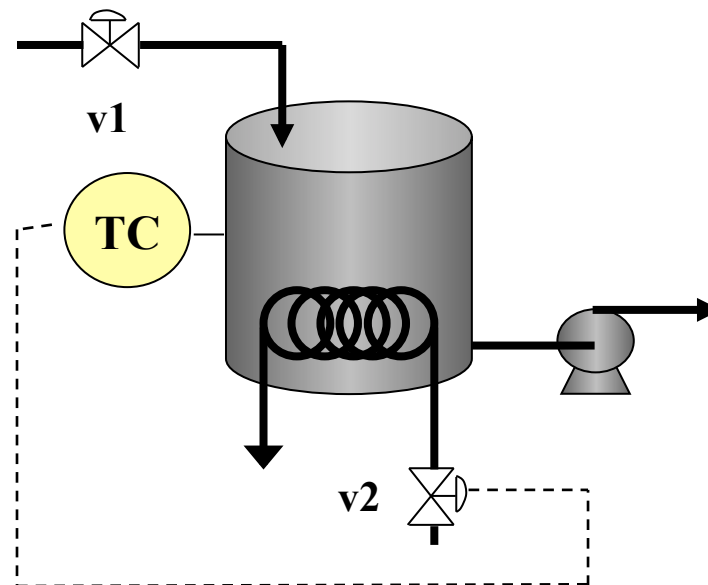


SISTEMAS DE CONTROL

- Controladores
- Sistemas de control: antecedentes
- Sistemas de control actuales
- Arquitectura de control

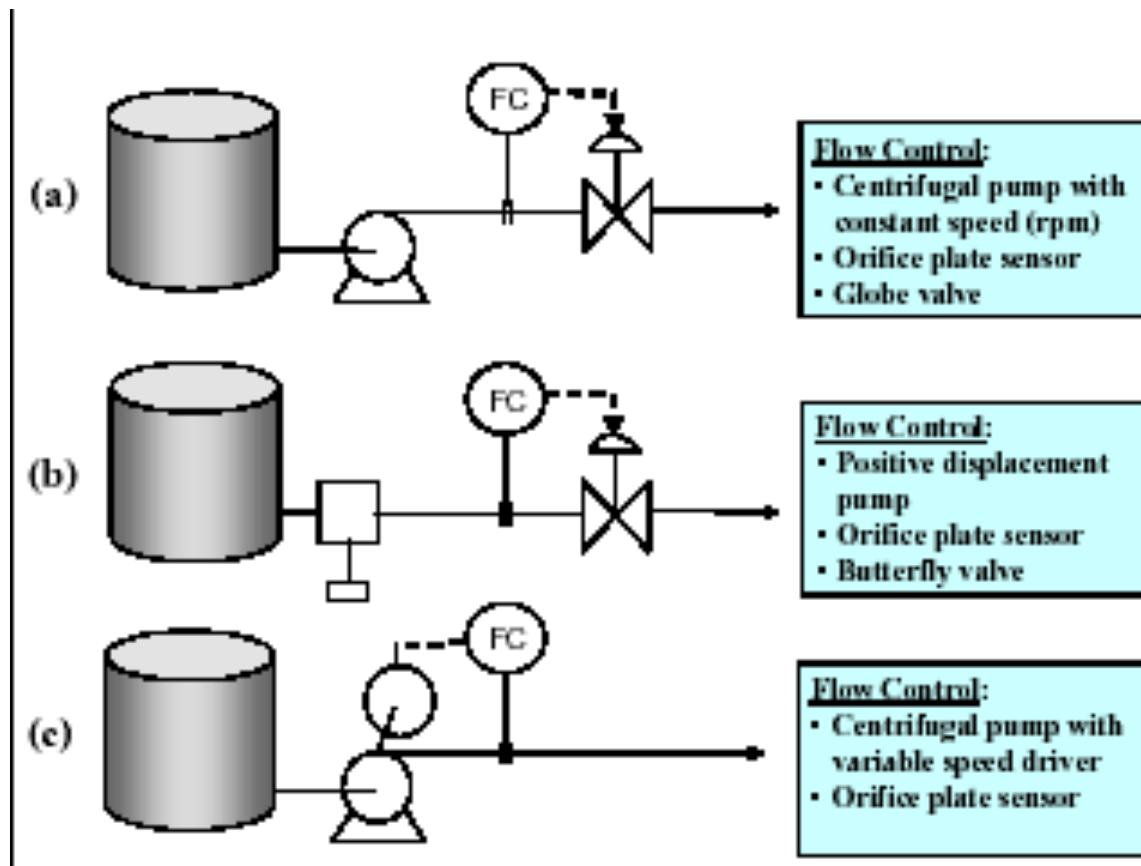
Bucle Feedback (retroalimentación)

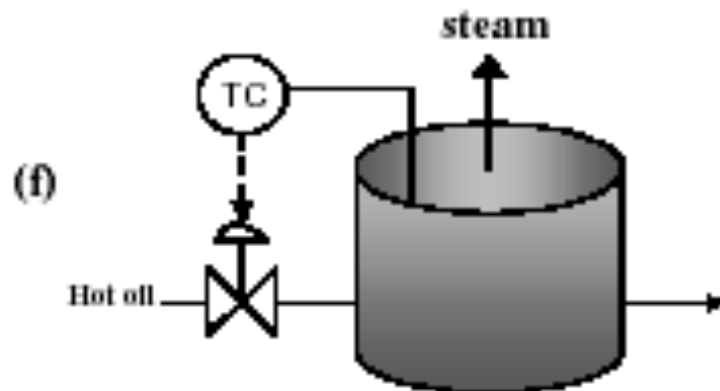


Indicar si los siguientes sistemas son controlados por realimentación y en caso positivo identificar el sensor, actuador y controlador.

- El sistema de calefacción por termostato de una casa
- La conducción de un vehículo

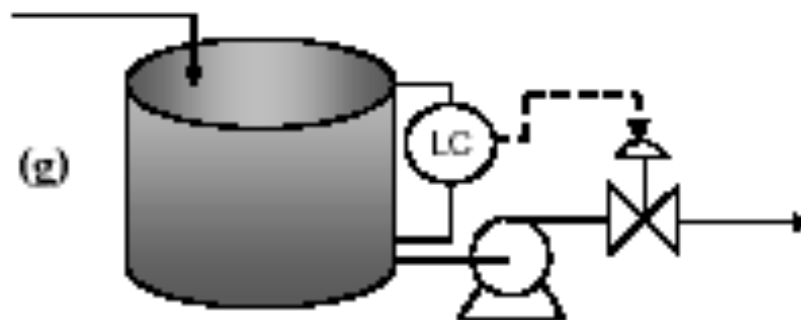
Indicar si es posible efectuar un control por realimentación en los siguientes sistemas:





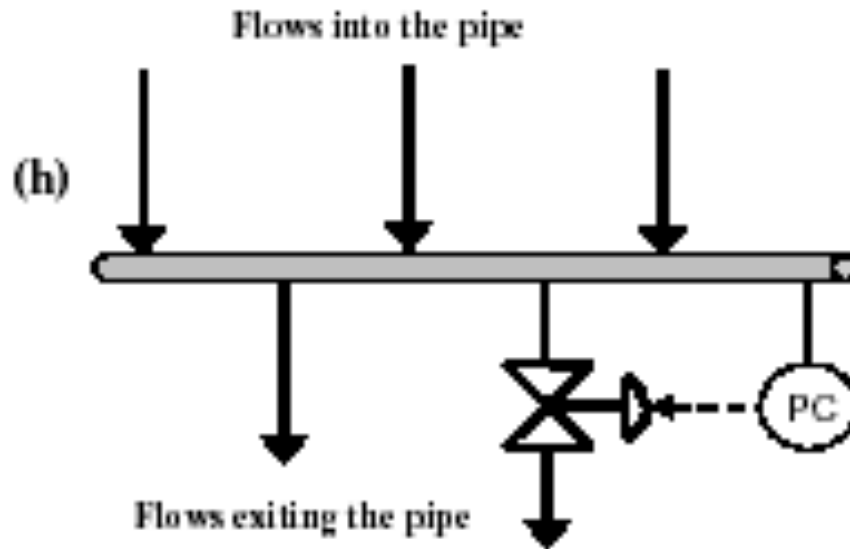
Temperature Control of boiling water

- Manipulate the hot oil flow to heating coil inside tank
- RTD sensor
- Diaphragm valve



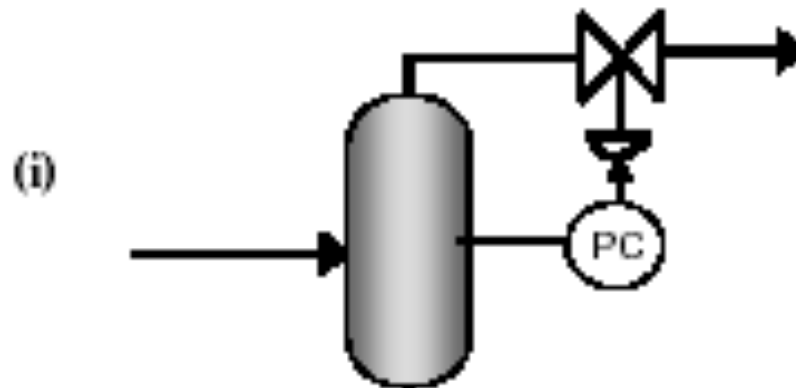
Liquid Level Control

- Manipulate the exit flow
- Pressure difference sensor
- Needle valve



Pressure Control:

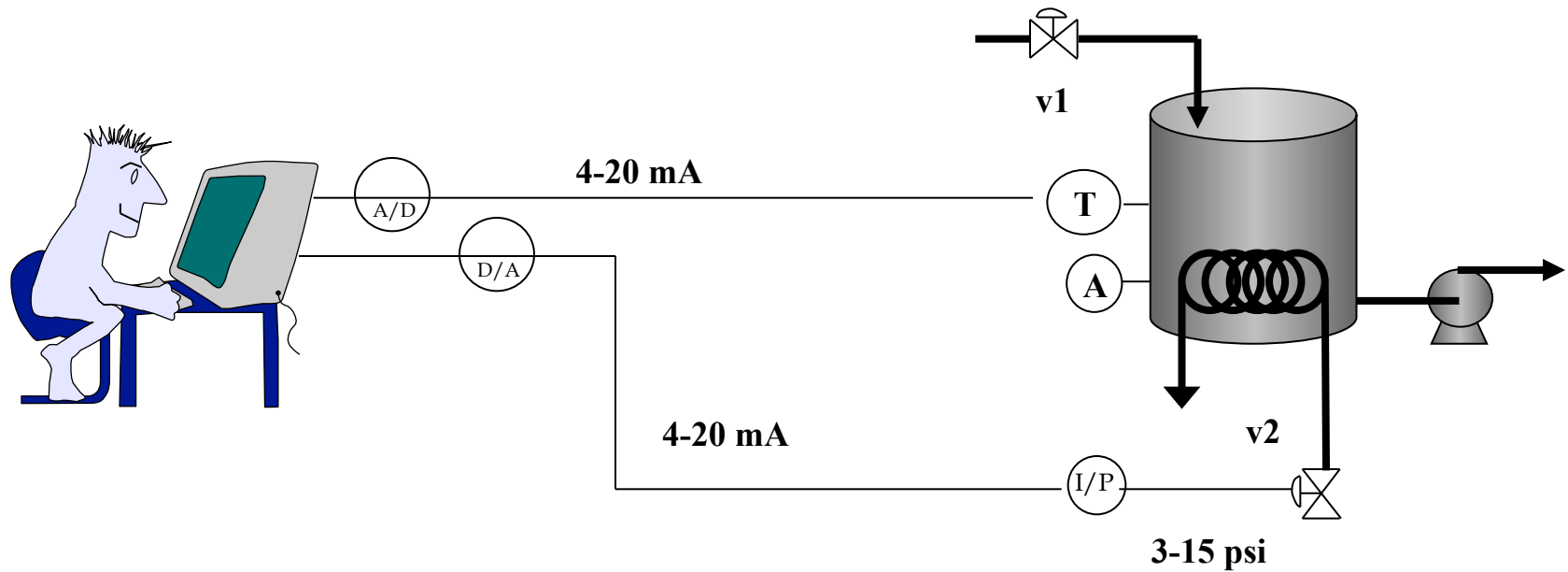
- Manipulate one exiting flow
- Flexible diaphragm
- Globe valve



Pressure Control:

- Manipulate exiting flow from vessel
- Piezoelectric
- Globe valve

Bucle Feedback en planta

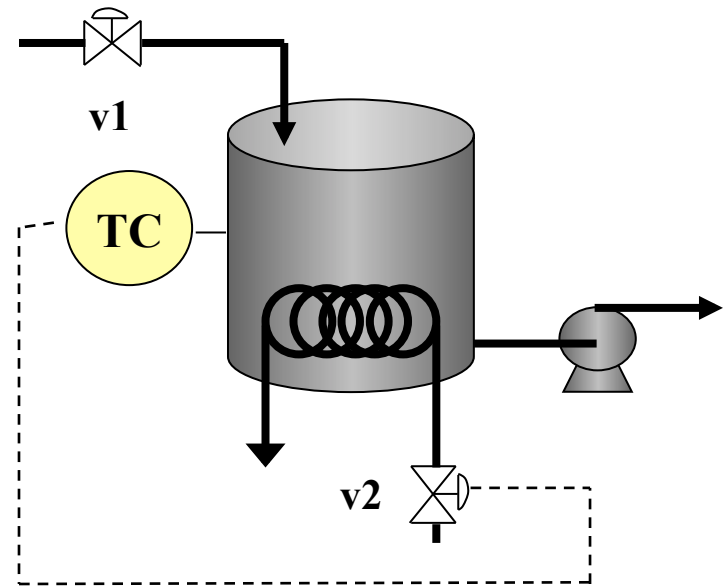


Controlador

◆ El controlador recibe la señal del transmisor, la compara con el punto de consigna y determina (mediante algún algoritmo) la señal de salida a enviar a la válvula de control.

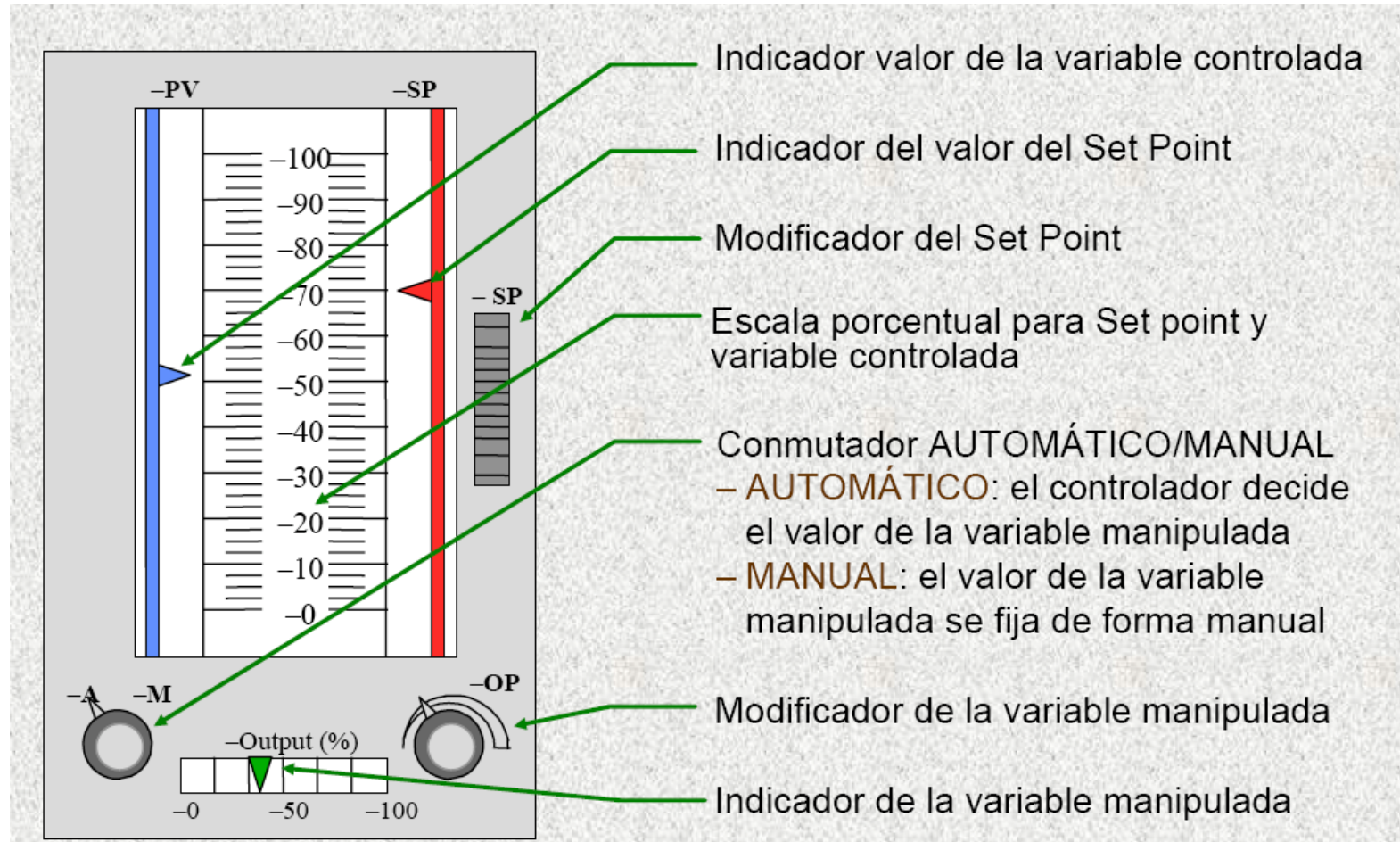
Propiedades de un controlador

- Buen comportamiento
- Amplio rango de aplicabilidad
- Cálculos a tiempo
- Extensible
- Adaptable
- Posibilidad de cambiar automático/manual



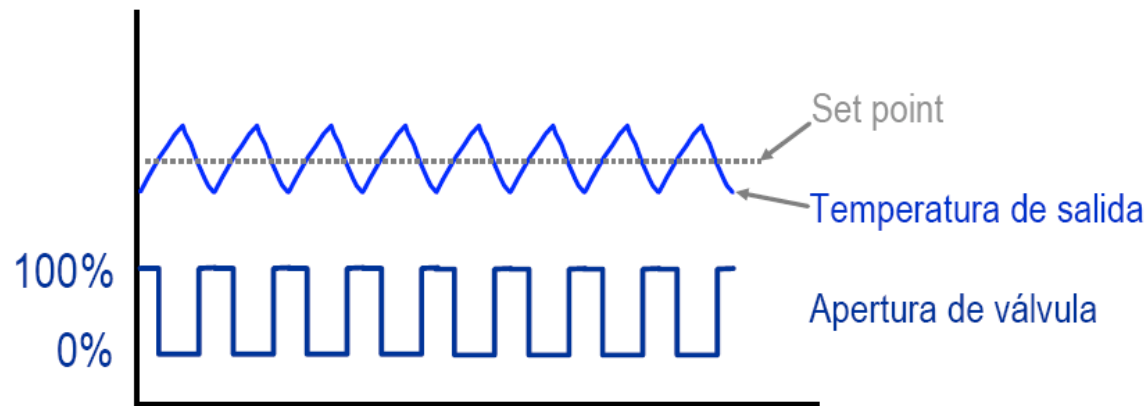
➡ **PID**

Panel de mandos de un controlador



El controlador on-off

Genera dos únicos valores para el actuador en función de que el error sea mayor o menor que el set point. (ej, termostatos de las calefacciones)



El controlador PID

- Proporcional
- Integral
- Derivativo

Desarrollado en los años 40 es el controlador MAS empleado en la industria de procesos hoy en día.

Realiza el cálculo de control en bucles SISO (una entrada-una salida).

Tiene tres modos de actuación: Proporcional, Integral y Derivativo. No es necesario que un controlador tenga los tres modos, existen también controladores:

- Proporcionales (P)
- Proporcionales-Integrales (PI)

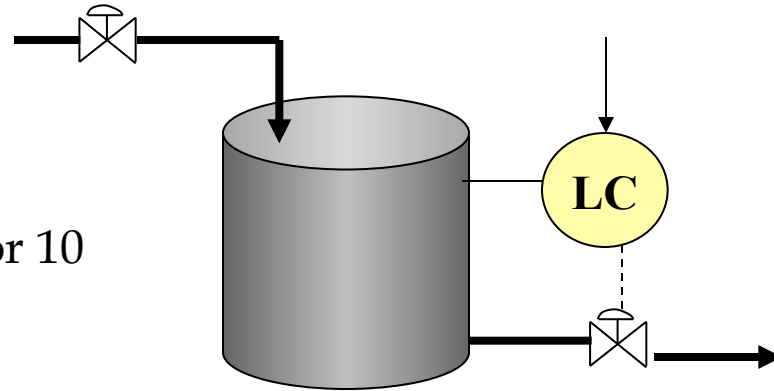
Controlador Proporcional

Corrección proporcional al error

$$MV = K \cdot e + \text{bias}$$

Dado:

- Caudal entrada 1l/min
- Ganancia del controlador 10
- Set point 4m



Calcular la altura final del depósito empleando el controlador proporcional

$$\frac{dh}{dt} = F_{in} - F_{out}$$

$$F_{out} = K_c (SP - h)$$

en estado estacionario $\frac{dh}{dt} = 0$

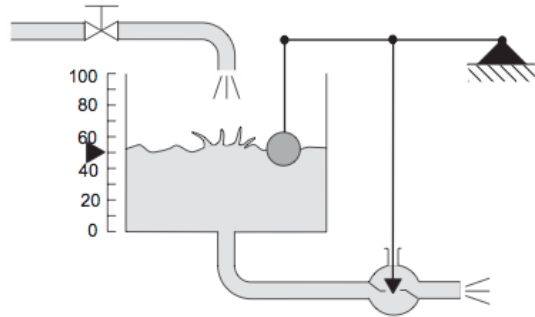
$$F_{out} = F_{in} - 1$$

$$1 = 10(4 - h) \quad h = 3,9m$$

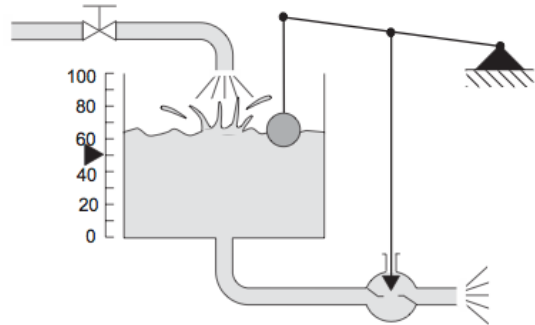
👉 **Influencia de la ganancia**
(altura final para $K_c=20$)

👉 **Offset**

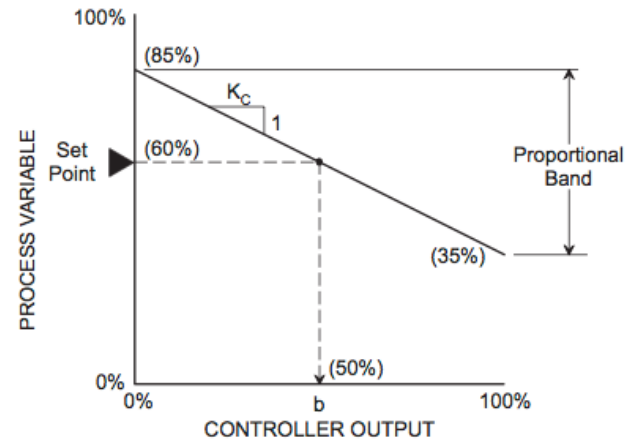
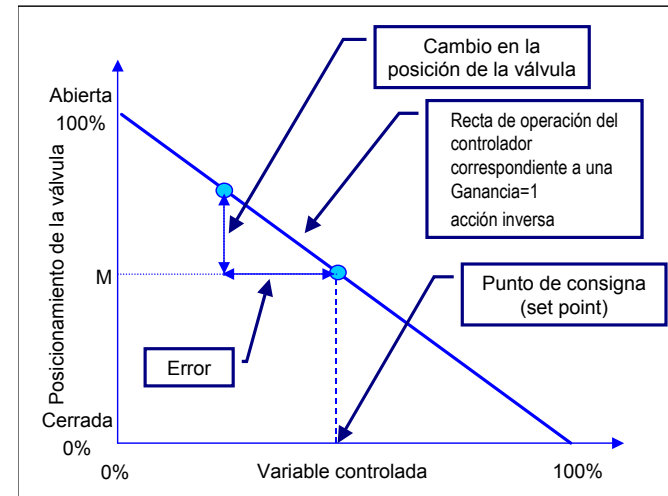
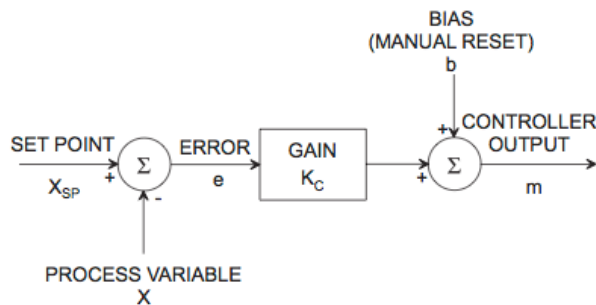
Controlador Proporcional



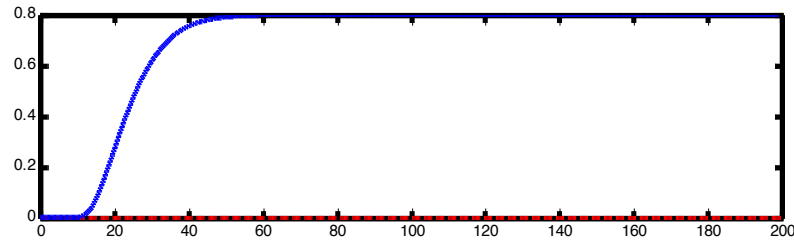
a. Proportional Control with No Offset



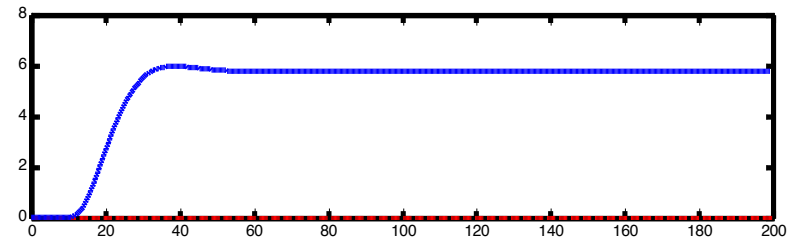
b. Proportional Control with Offset due to a Load Change



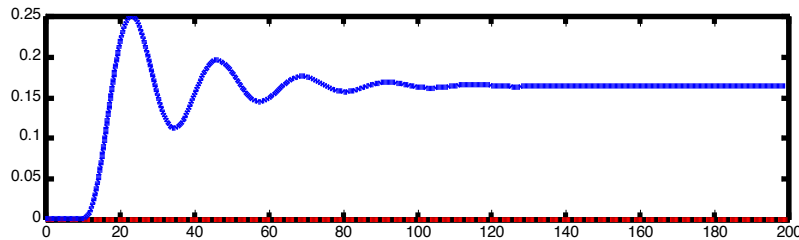
Influencia de la ganancia



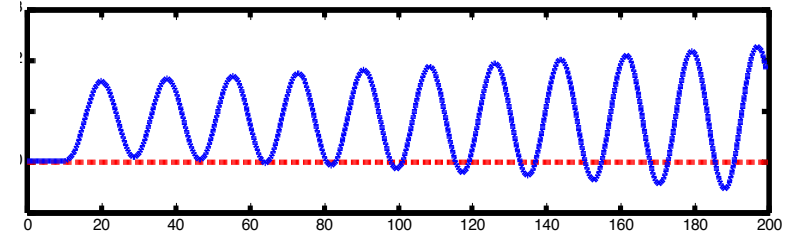
$K_c = 0$



$K_c = 10$



$K_c = 100$



$K_c = 220$

Controlador Proporcional-Integral

Acción integral: Corrección proporcional a la integral del error

$$MV = K_c E + \frac{K_c}{\tau_I} \int E$$

- ➞ Influencia de tiempo integral: empeora la dinámica
- ➞ No hay offset

Controlador Proporcional-Integral-Derivativo

Acción derivativa: Corrección proporcional a la derivada del error

$$MV = K_c E + \frac{K_c}{\tau_I} \int E + K_c T_D \frac{dE}{dt}$$

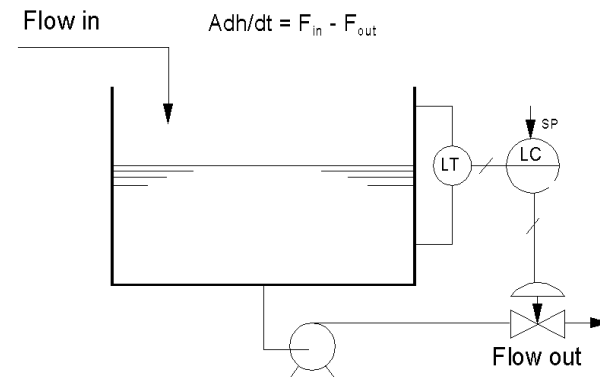
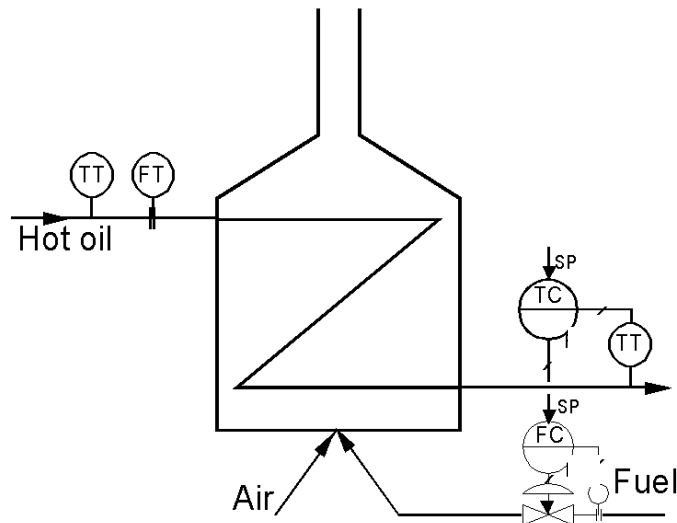
- ➞ Influencia de tiempo derivativo: mejora la dinámica
- ➞ Amplifica los ruidos

$$MV = K_c E + \frac{K_c}{\tau_I} \int E + K_c T_D \frac{dCV}{dt}$$

Acción del controlador

- **Directa:** Ante un incremento de la variable controlada el controlador responde con un incremento de su señal de salida. $e = SP - PV$
- **Inversa:** Ante un incremento de la variable controlada el controlador responde con un decremento de su señal de salida. $e = PV - SP$

Depende de la respuesta del proceso y de la acción de la válvula ante fallo (si la salida del controlador es en intensidad). Ver la relación que debe haber entre la variable controlada y la manipulada y deducir a partir de ahí yendo desde la válvula al controlador.

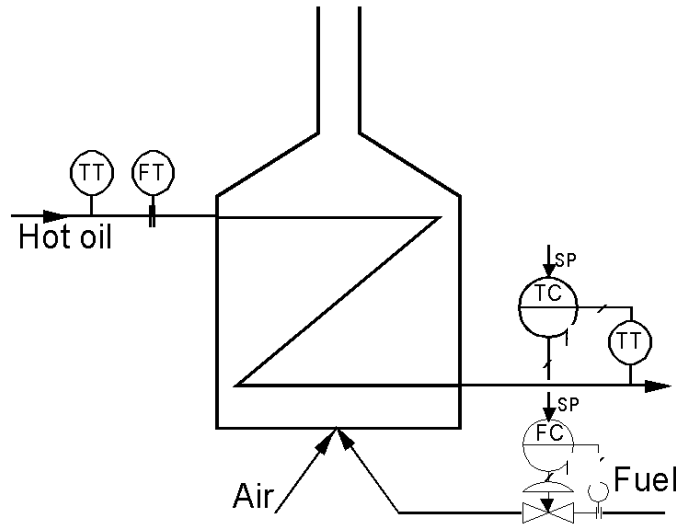


¿Cómo es la acción de los controladores presentes en las figuras?

Acción del controlador

Fail open: efecto inverso (cambia la acción del controlador)

Fail close: efecto directo (no cambia la acción del controlador)



Si es f.c.:

La válvula no cambia acción del controlador.

FIC: Ante aumento de fuel debe meter menos fuel, como f.c. no cambia la acción, tenemos FIC es **ACCIÓN INVERSA**

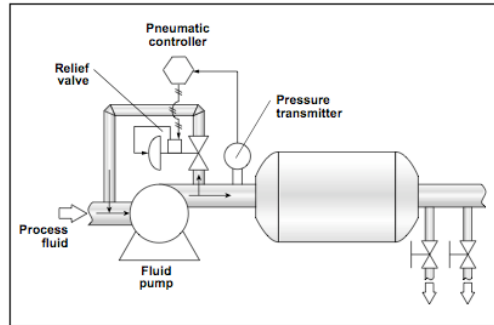
TIC: Ante aumento de temperatura debe meter menos fuel, es inverso, actuando sobre el set point (lo baja) lo que es igual que un aumento de flujo de Fuel, **ACCIÓN INVERSA**

Se necesita: **Luego FIC INVERSO**

Se necesita: **Luego TIC INVERSA**

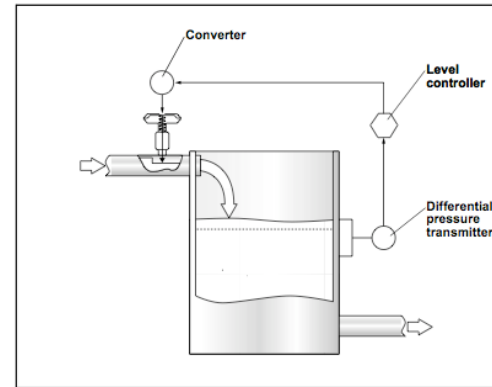
Lazos básicos

Control de presión



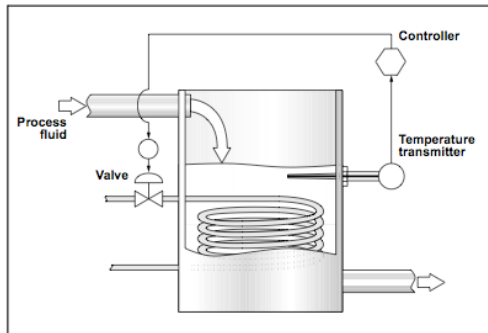
PI / P (PID raro): depende de volumen
Relativamente alta ganancia.

Control de nivel



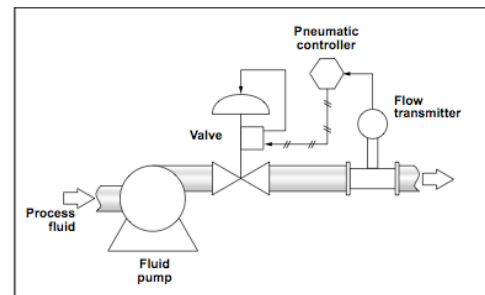
PI / P (PID raro): depende de volumen y caudales
Con ruido. Alta ganancia.

Control de temperatura



PID: lento con inercia, sin ruido
Ganancia alga y tiempo integral
Moderado-alto

Control de caudal



PI: rápido, no lineal y con ruido (sensores sensibles)
La dinámica depende del elemento final de control
Ganancia pequeña y tiempo integral corto.

Lazos básicos

Control de presión

Control de nivel

Control de caudal

Control de temperatura

Control de composición

Tipo de controlador

PI / P (PID raro)

PI / P (PID raro)

PI

PID

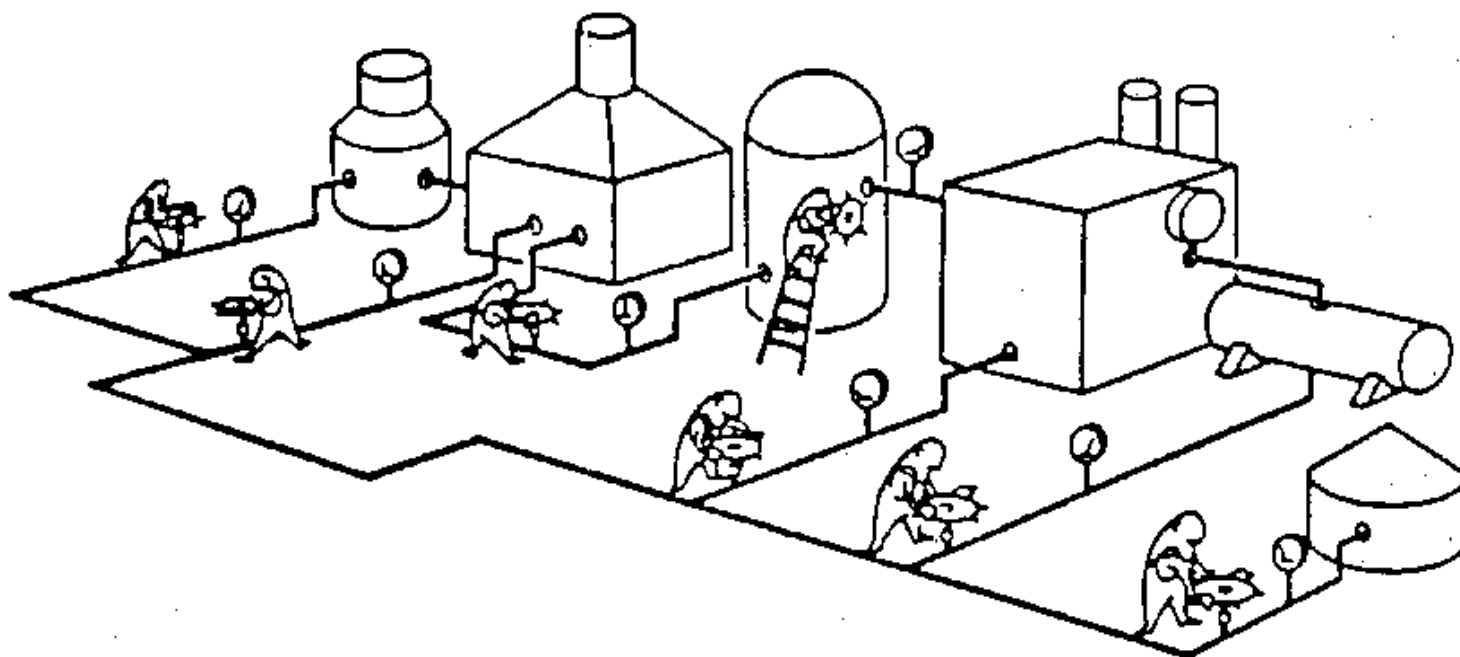
PI/PID (poco usual)

Sistemas de control

● Antecedentes

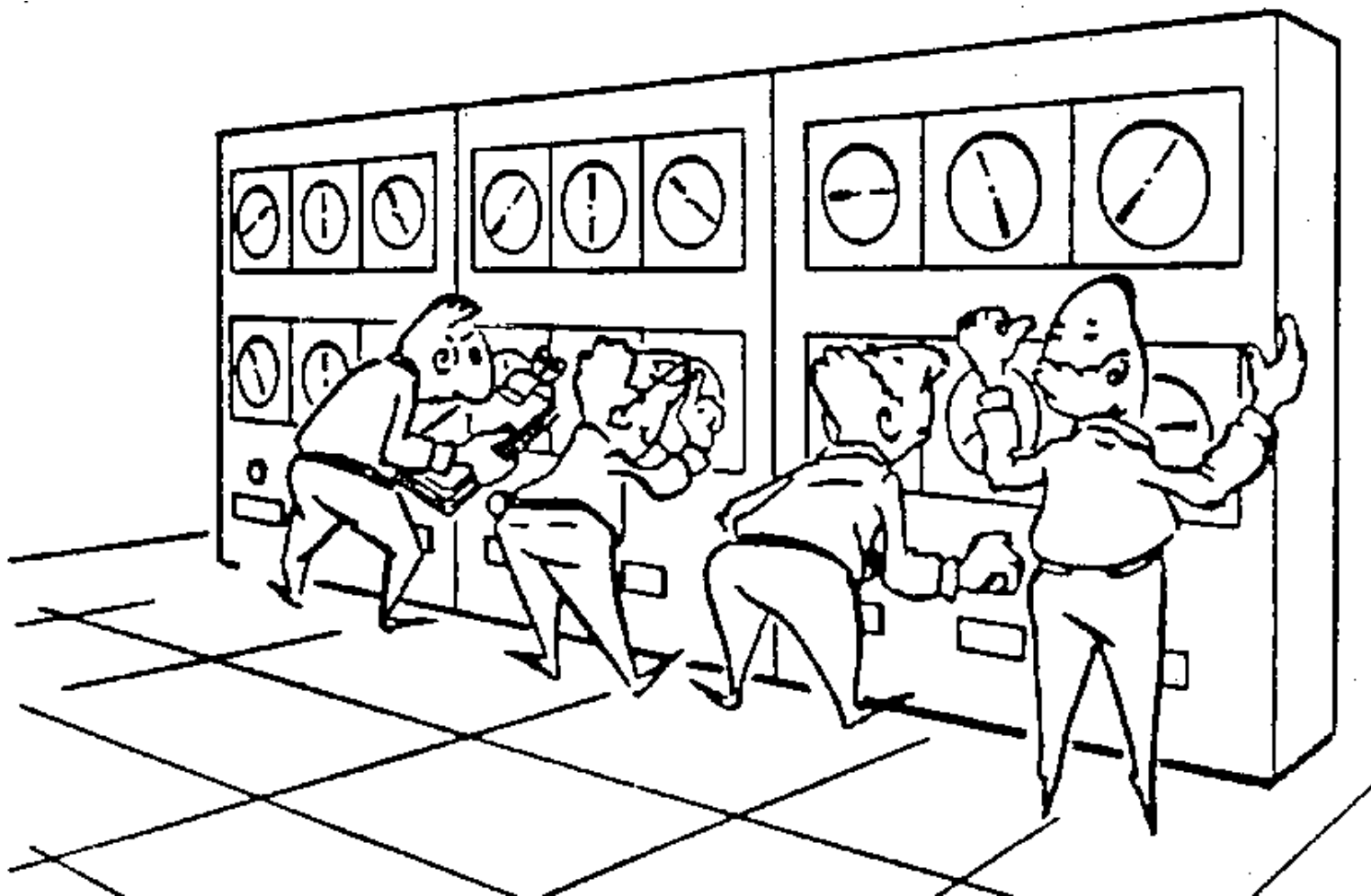
Controladores neumáticos - Fase I

- Aparecen en los años 20
- Instalados en campo cerca de las válvulas
- Utiliza elementos neumáticos para implementar la acción del PID.
- Sustituyó el control manual de muchos lazos.



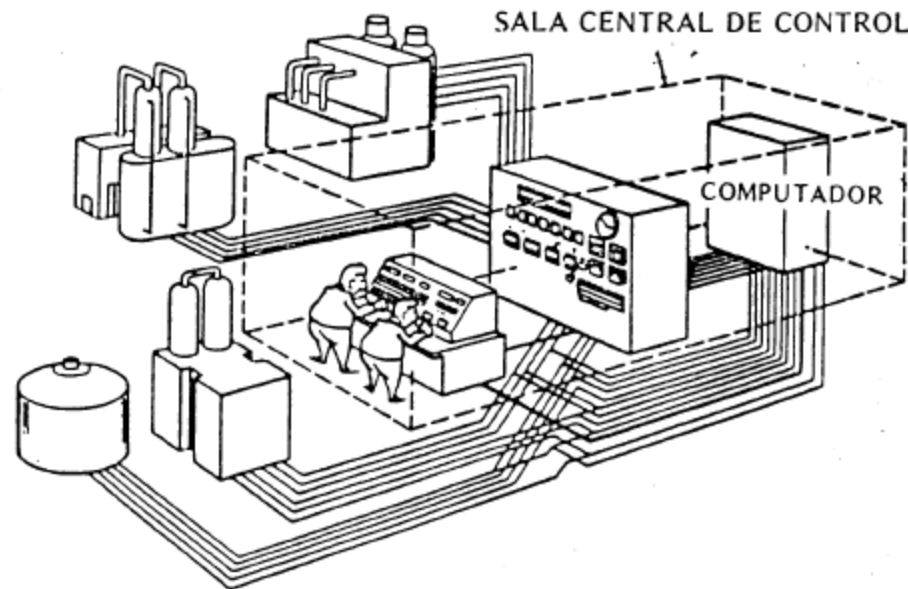
Controladores neumáticos - Fase II

- A finales de los 30 aparece la transmisión neumática.
- Los controladores se sitúan en una **sala de control** en lugar de en campo
- Los operadores pueden manejar varios lazos al mismo tiempo.

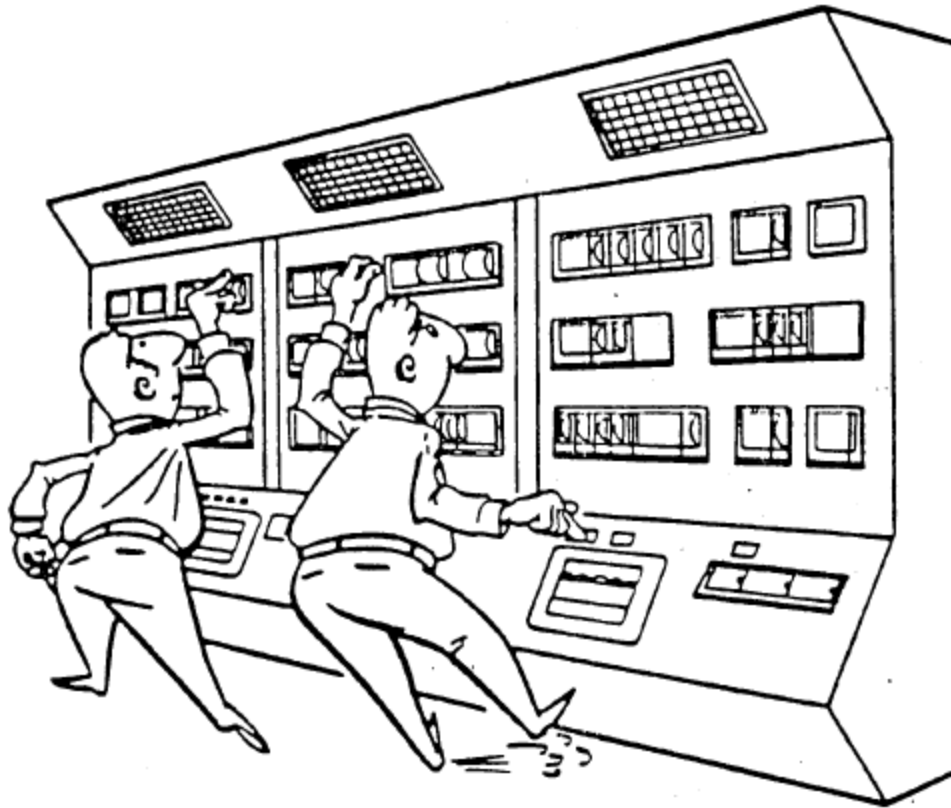


Controladores analógicos

- Aparecen a finales de los años 50. Sistemas punto a punto.
- Reemplaza el tubing neumático por cables.
- Emplea resistores, capacitores y transistores para implementar la acción del PID.
- En 1970 desaparecen los controladores neumáticos.
- Permiten estrategias de control avanzado: ratio, adelanto, etc.



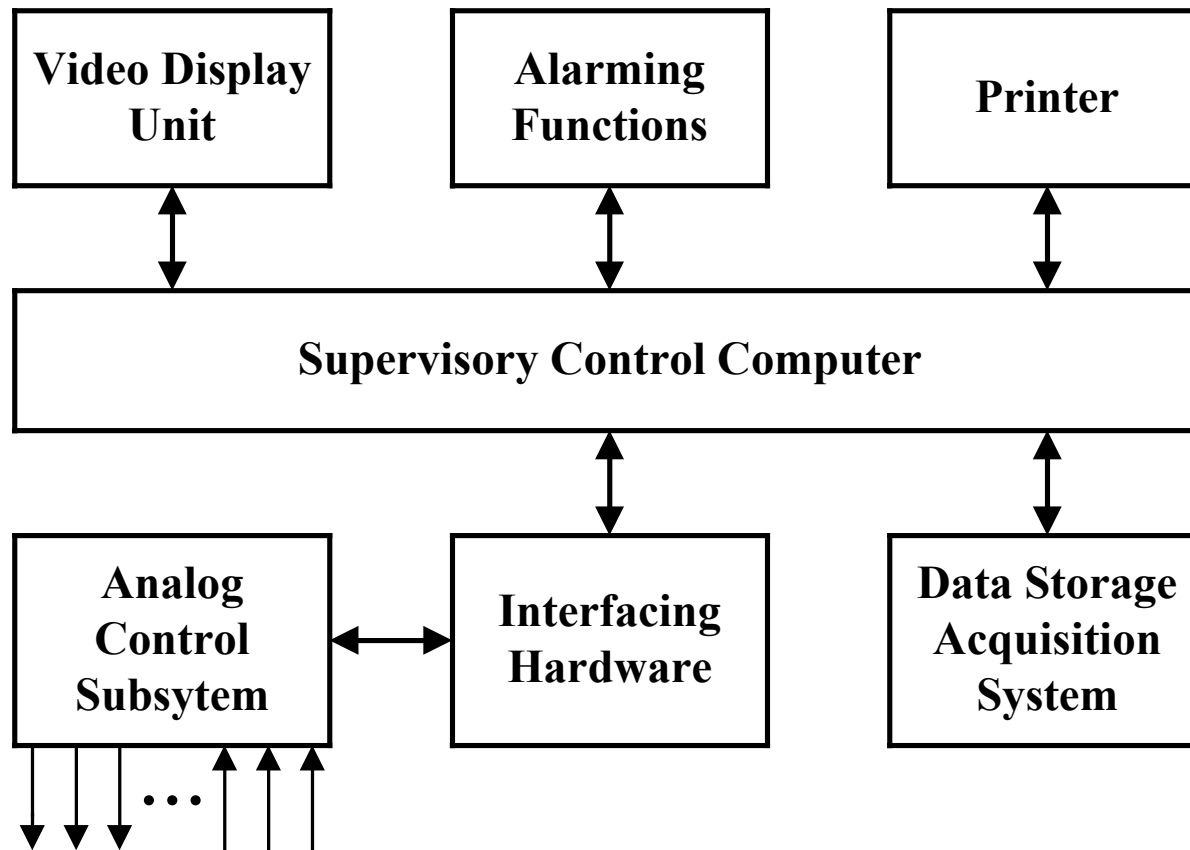
Panel de control con elementos electrónicos



Sistemas de control por computador: supervisión y vigilancia

- Basado en un computador digital.
- Permitía almacenamiento de datos, funciones de alarma, optimización del proceso.
- Se instaló el primer sistema en una refinería en 1959.
- Tenía problemas de fiabilidad.

Control de supervisión por computador



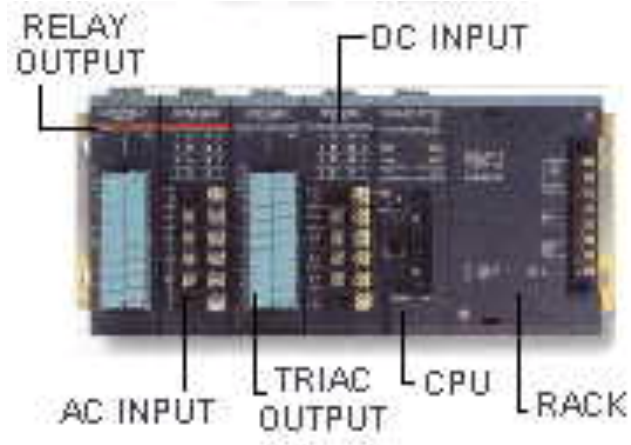
Control Digital Directo

- Un ordenador central realiza los cálculos de todos los lazos de control.
- Recibe y manda todas las señales una vez acondicionadas por convertidores A/D.
- Alto precio.
- Poco fiable.

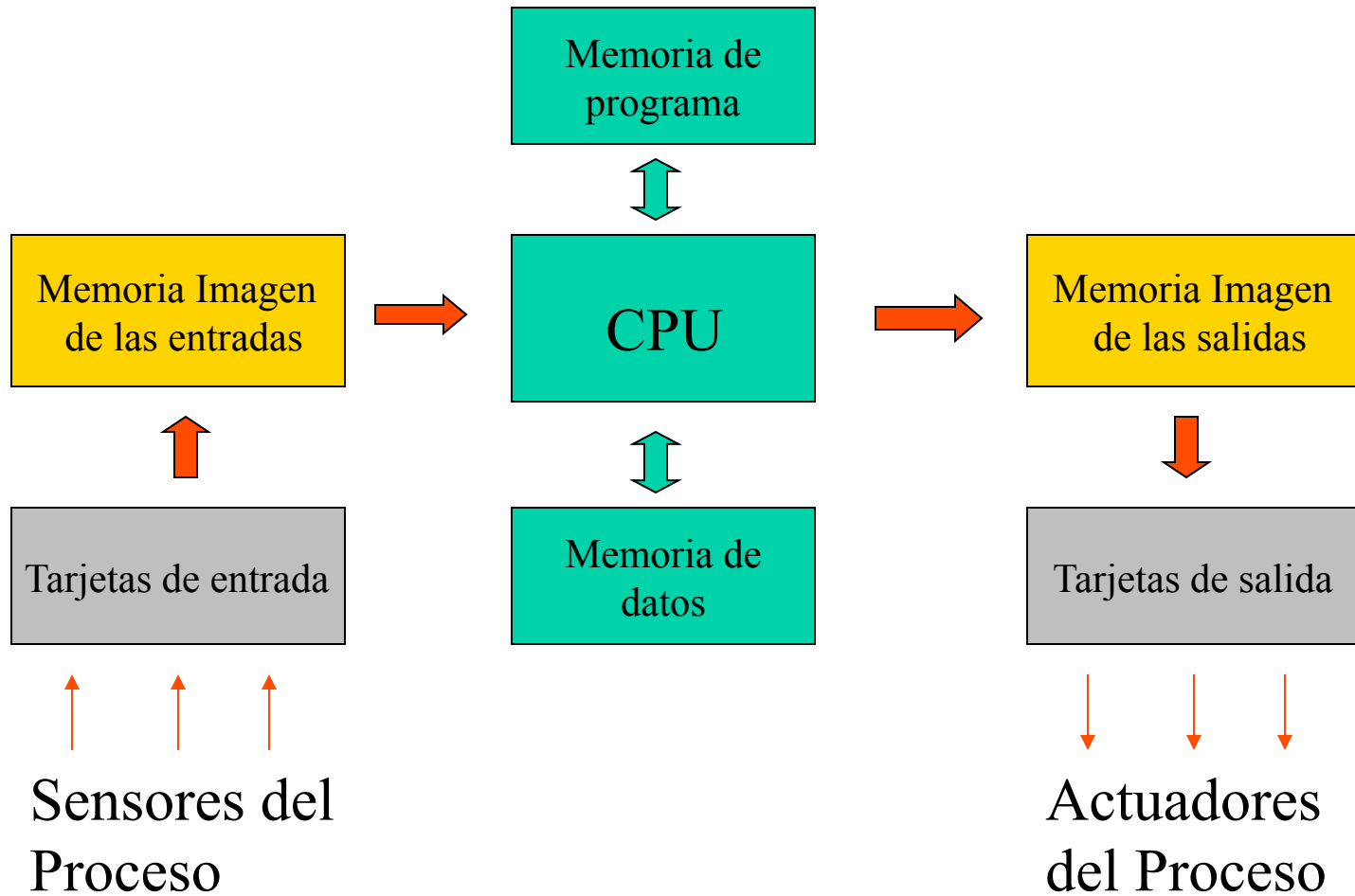
● Sistemas actuales: PLCs

- Para pequeños/medianos sistemas.
- Dispositivos programables orientados a implementar funciones lógicas y secuenciales conectados a un proceso

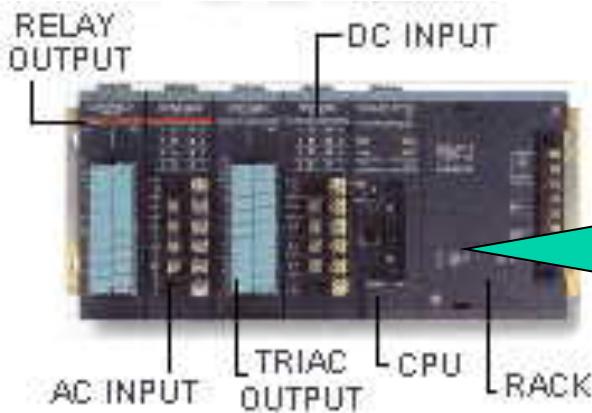
- CPU
- Comunicaciones
- Tarjetas I/O (digitales y analógicas)
- Fuente de alimentación



Ciclo de trabajo



Programación



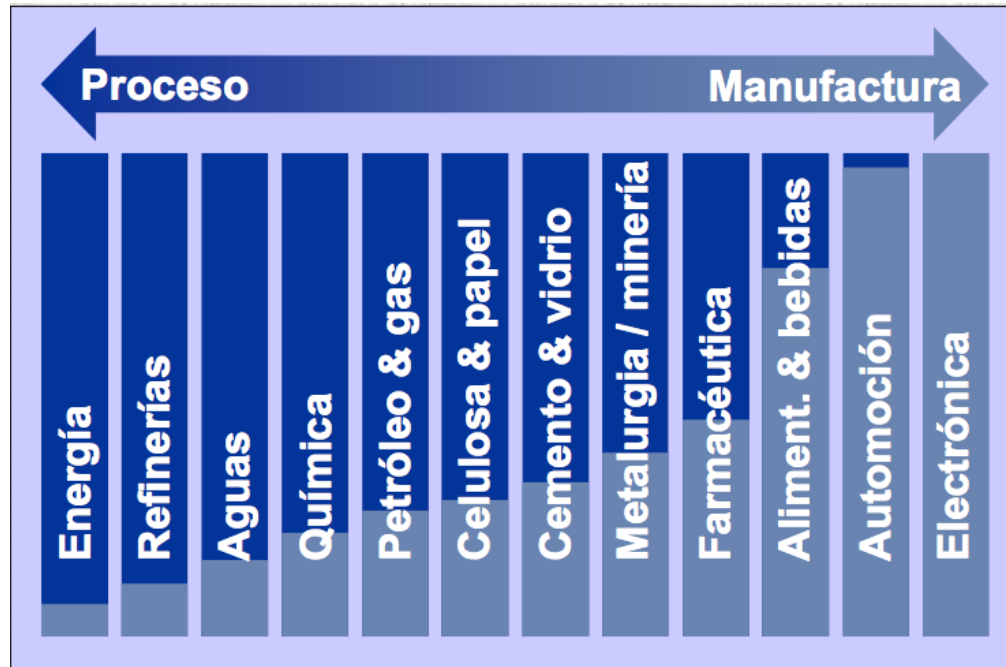
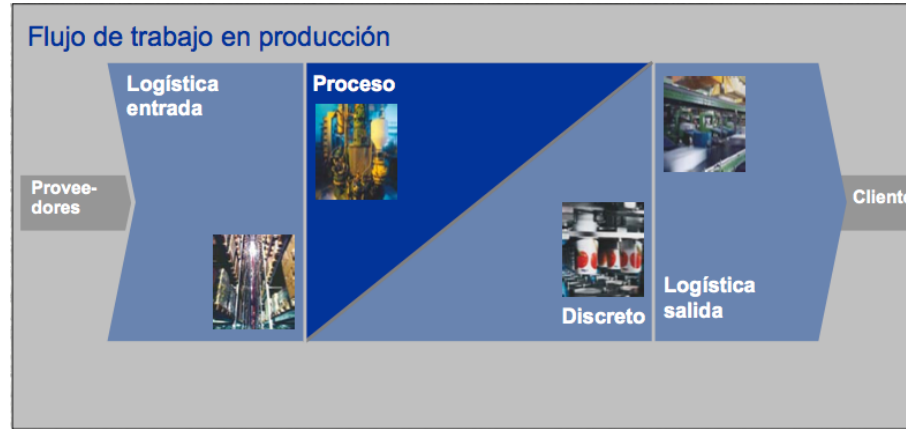
PC ó consola

Programación mediante software de configuración

Transferencia al PLC mediante conexión RS-232 o red

Distintas formas de ejecución del programa: cíclica, a una hora, por evento, etc

Posibilidad de supervisión/ depuración desde el PC



● Sistemas actuales: DCS

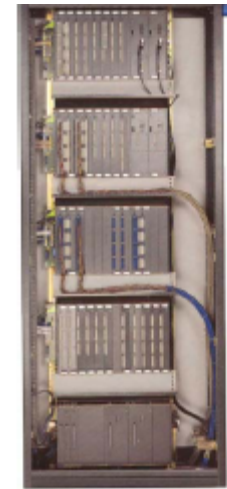
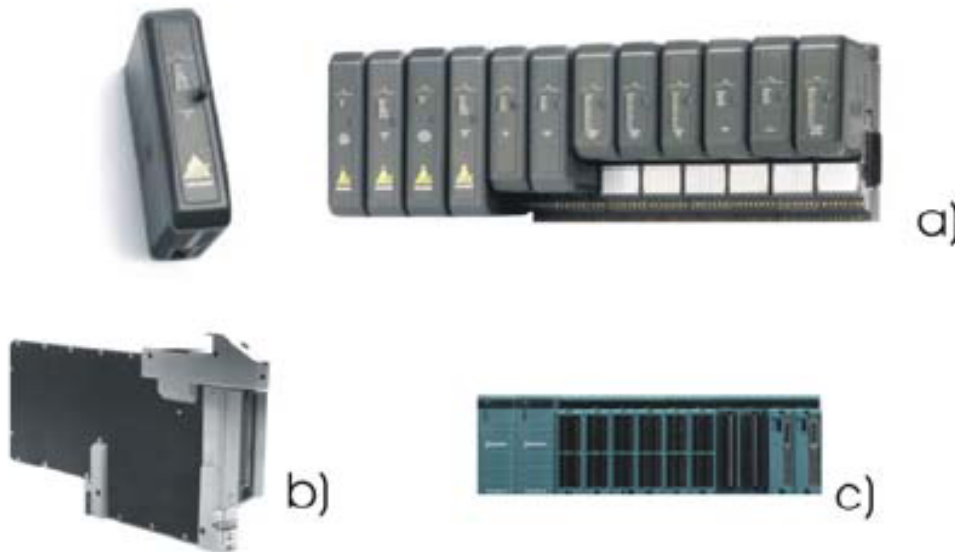
- Introducido a finales de los años 70.
- Distributed Control System. Sistema de Control Distribuido: Distribución funcional y geográfica.
- **Funcional**: Múltiples microprocesadores atendiendo a un número limitado de acciones (más fiabilidad)
- **Geográfico**: Armarios de adquisición de datos cerca del proceso.

Requisitos de los DCS

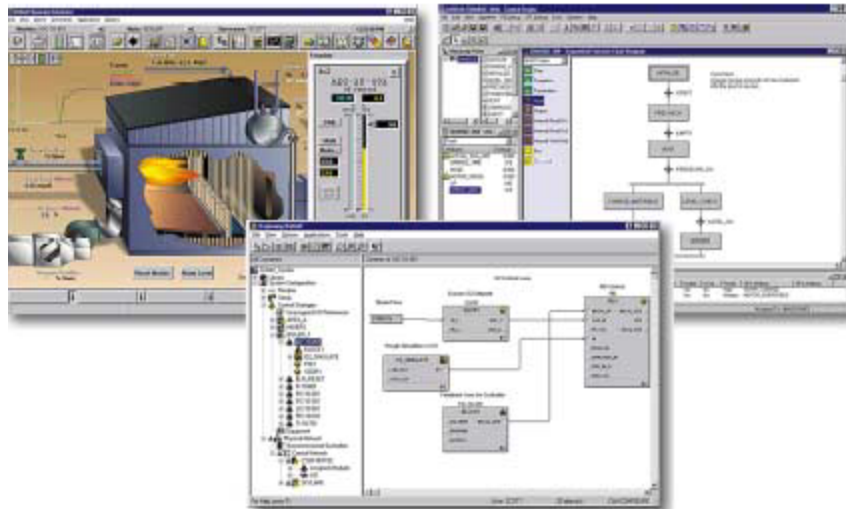
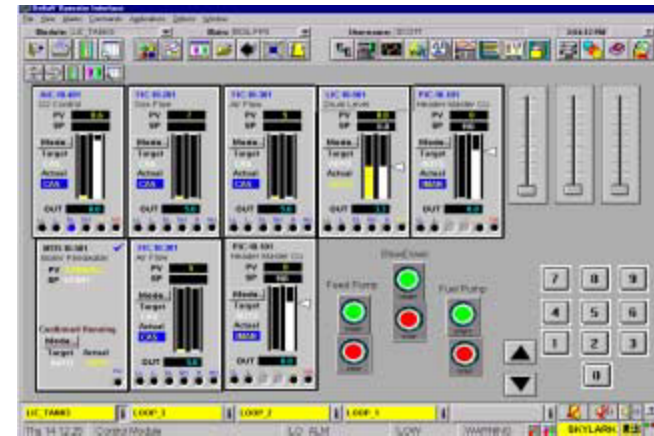
- Sistema de control y supervisión
- Procesador e interfase forman un conjunto indivisible. Configurable.
- Es una solución
 - estándar,
 - escalable,
 - y tipificable .

Componentes

Estaciones de control y adquisición de datos



Interfases hombre máquina (MMI o HMI)



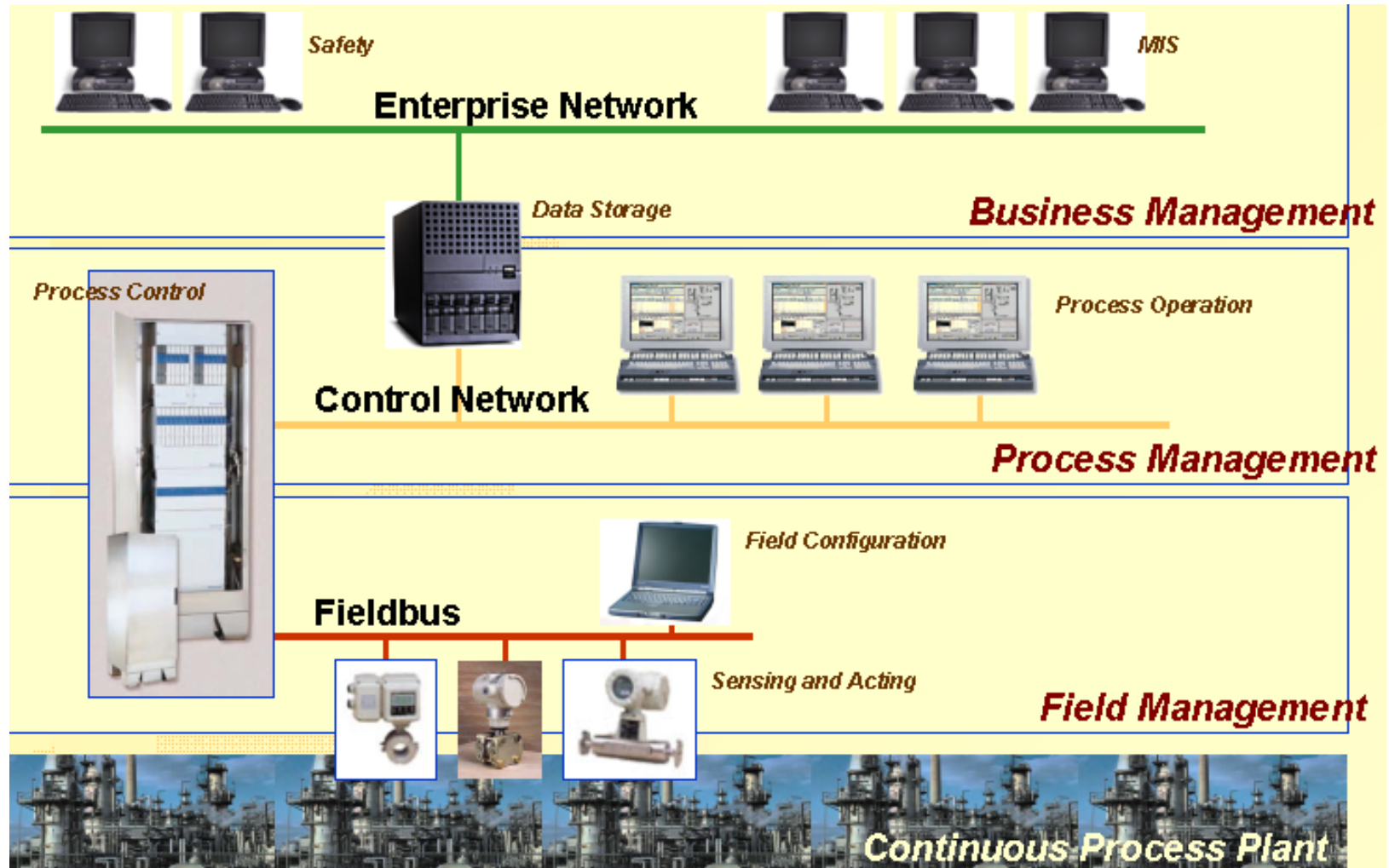
Software de programación/configuración

- Software de configuración
 - Puntos de entrada/salida
 - Tratamiento de la señal
 - Tratamiento de alarmas
 - Selección de algoritmos
- Algoritmos de control
 - Configuración de parámetros
 - Funciones de cálculo
- Software de visualización/representación

Estaciones auxiliares

- Estaciones de comunicaciones entre los diferentes niveles: gateways, bridges
- Estaciones de ingeniería (pueden utilizar recursos comunes).

Arquitecturas de control



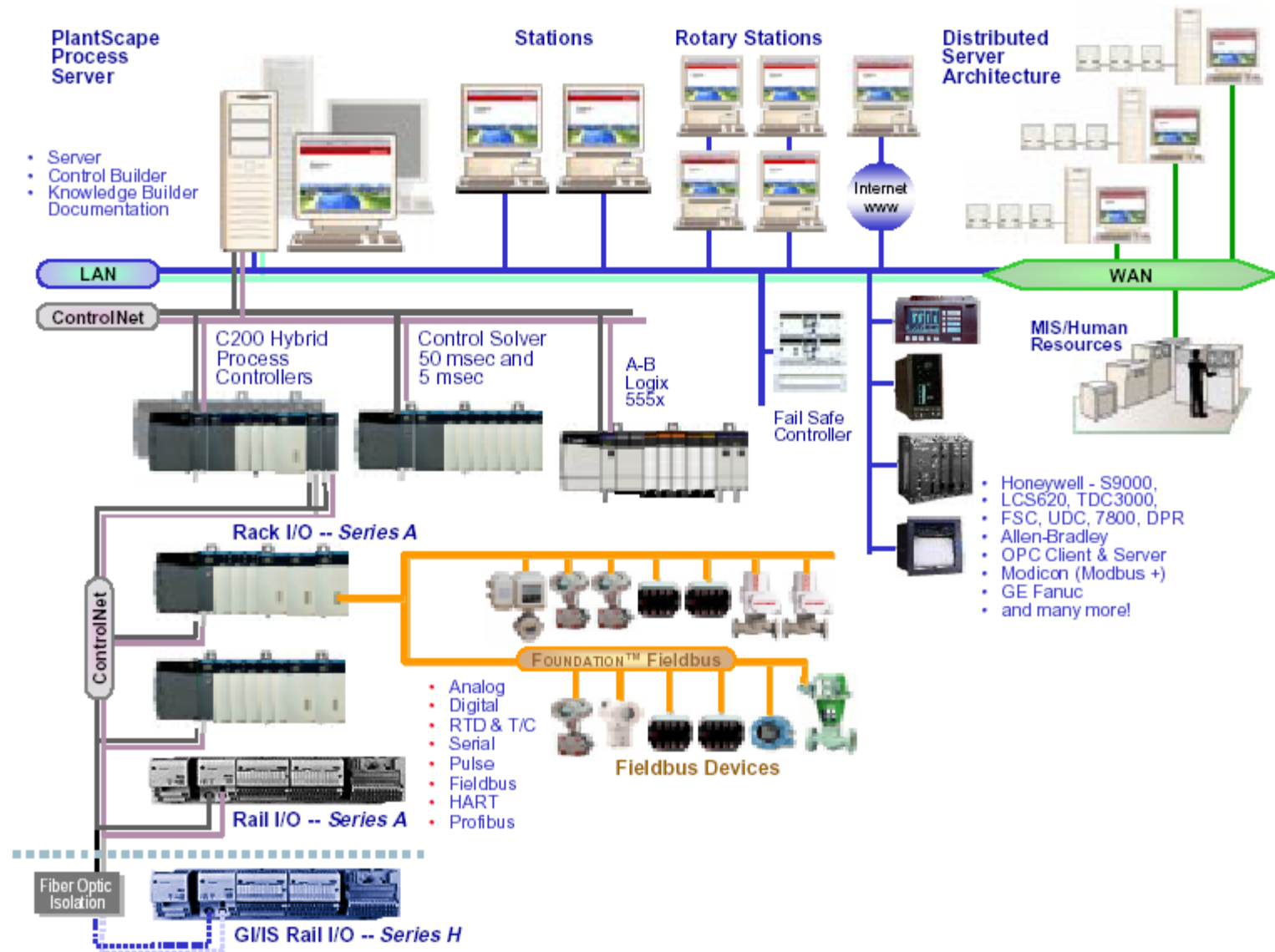
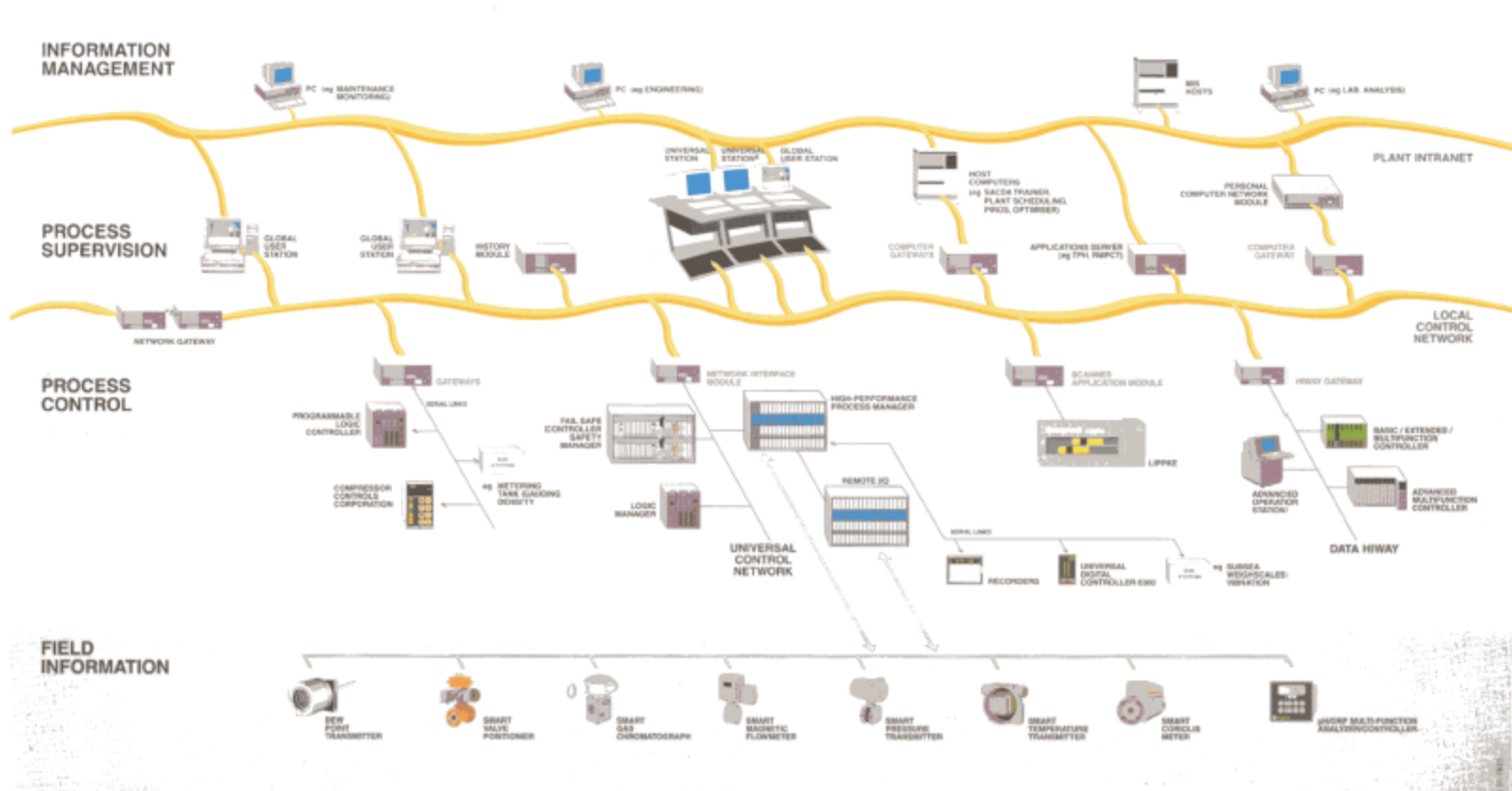
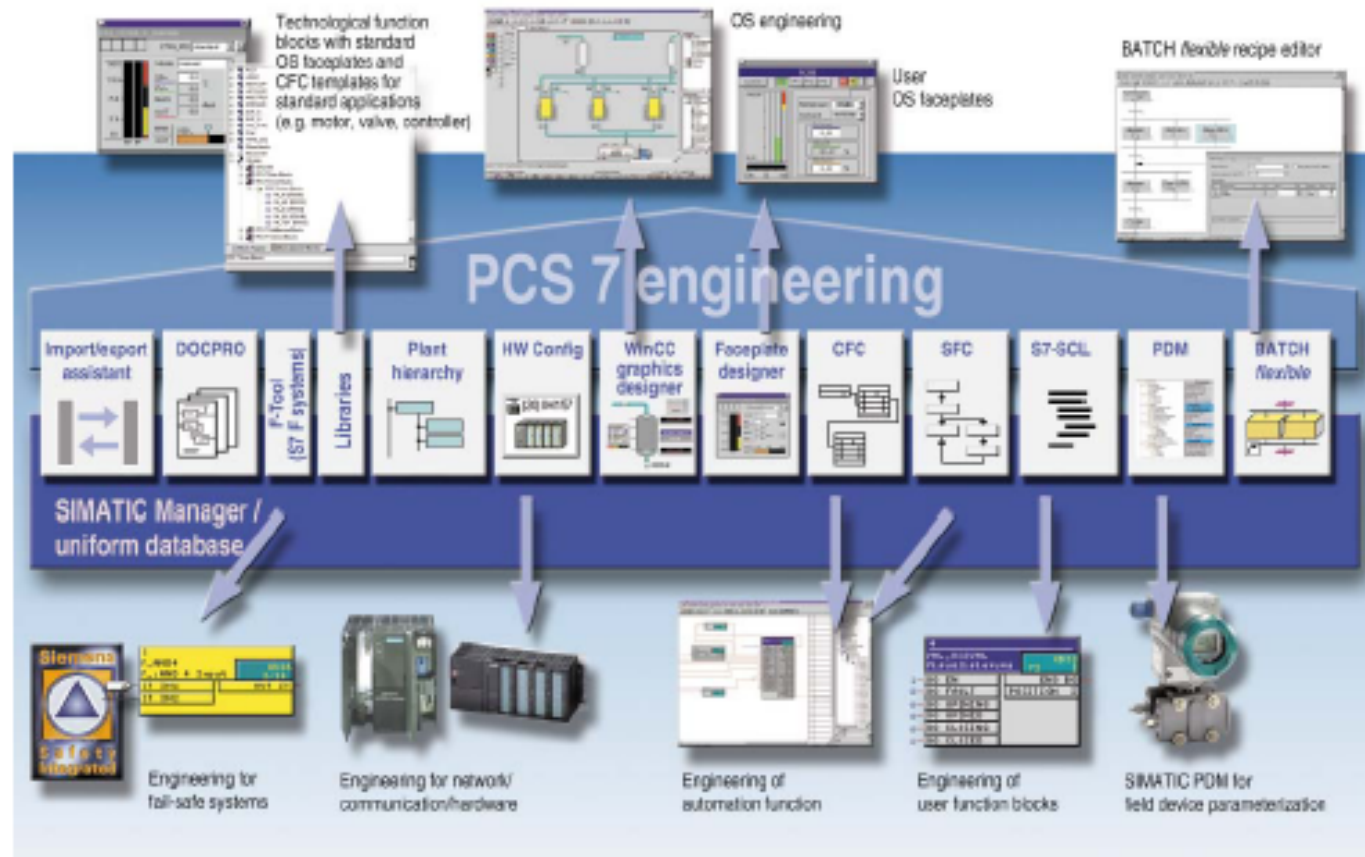


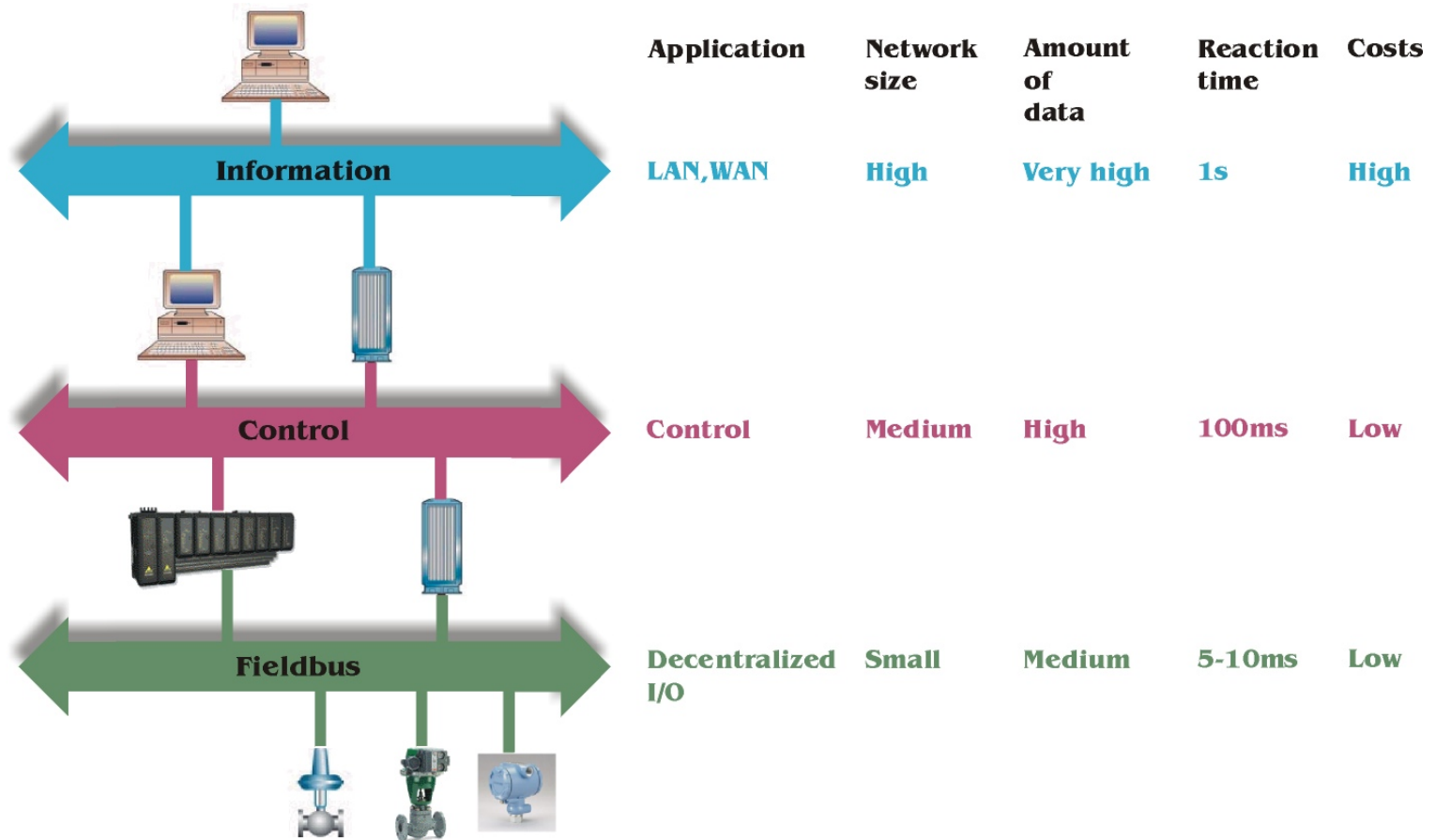
Figure 1. PlantScape System Architecture



Engineering system



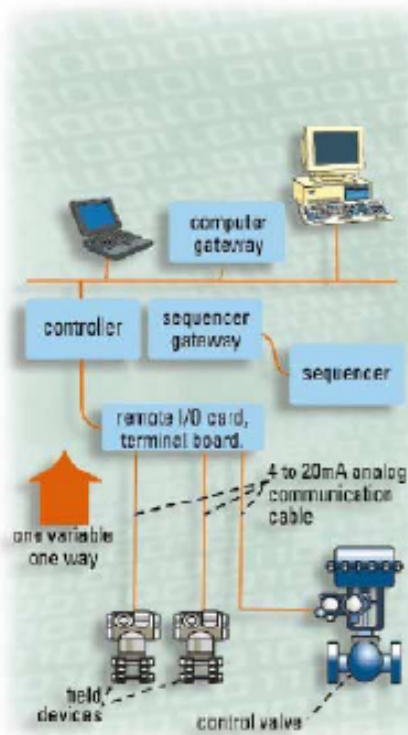
Requisitos de los niveles de control



Comunicaciones

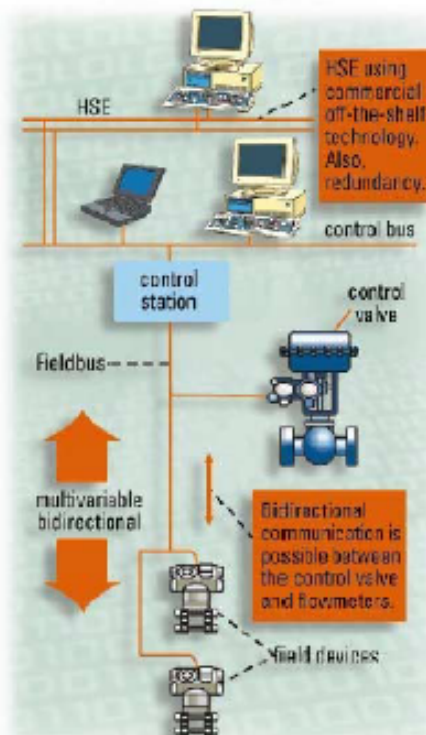
Analógica

Conventional Analog Communication System



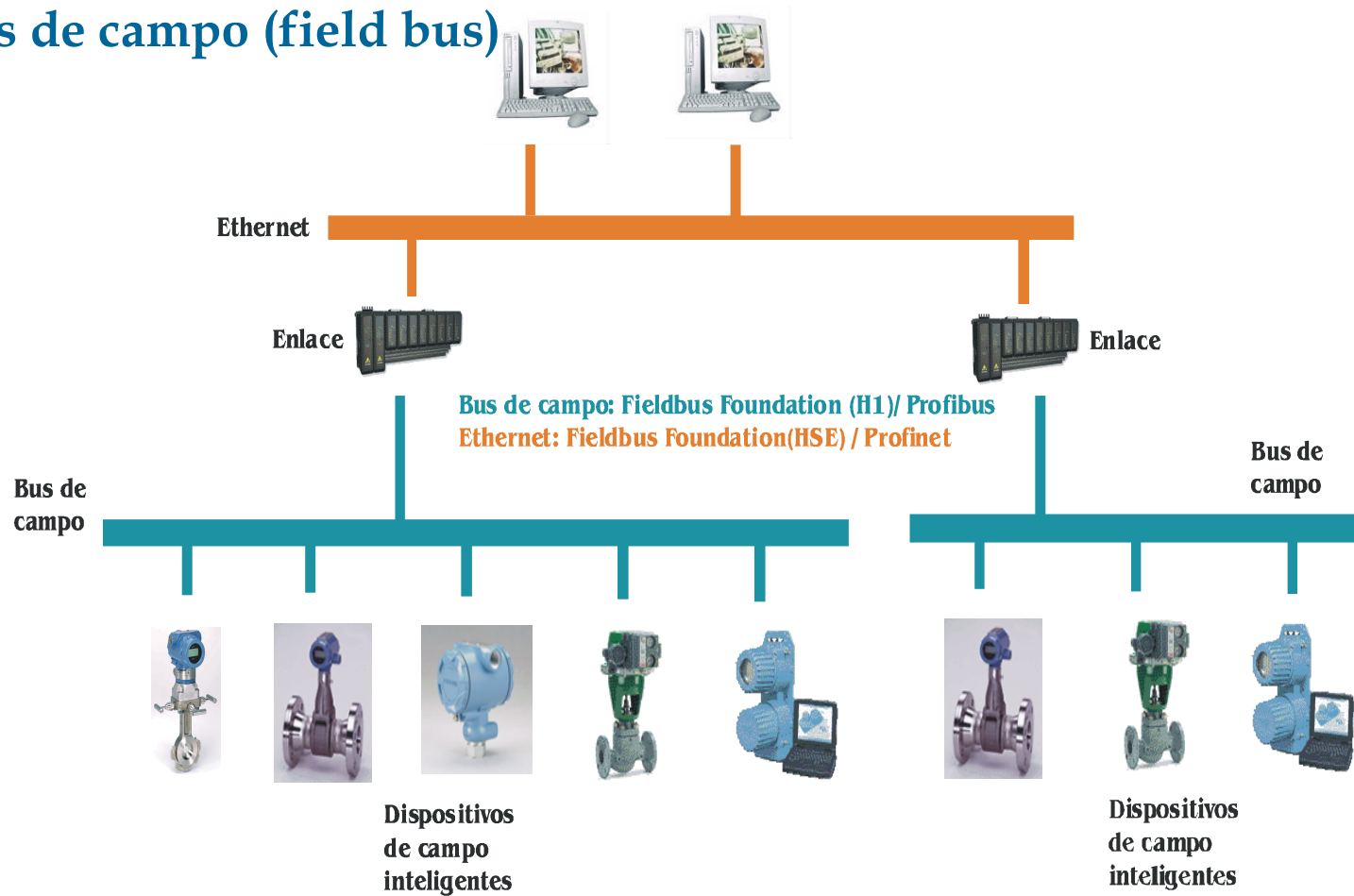
Digital

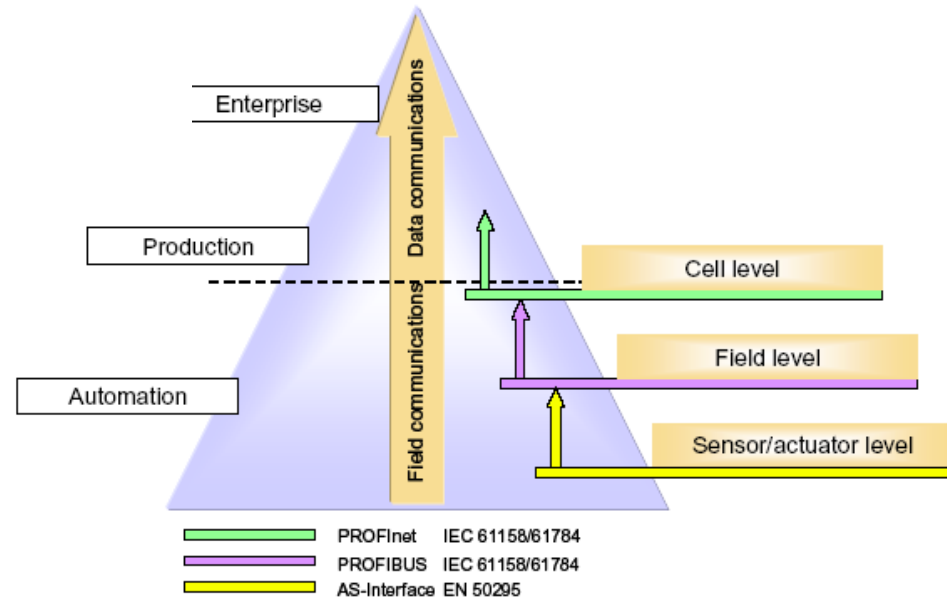
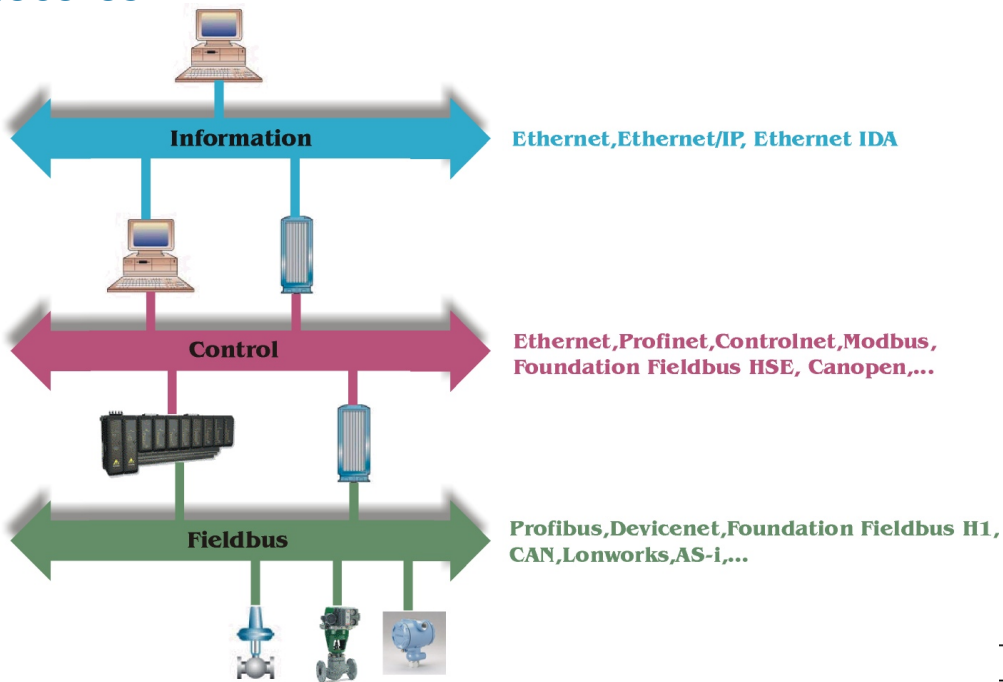
Fieldbus Communication System



	Cableado	Flujo de información	Cantidad de información	Tipo de información	Funcionalidad de control	Localización del Mantenimiento	Tipo de mantenimiento
Convencional 4-20 mA	Punto a punto	Unidireccional	Dato único	Valores numéricos de medida	Centrada en un sistema de control	Principalmente en campo	Correctivo
Bus de campo	Multipunto	Bidireccional	Datos múltiples	Varios tipos	Óptimamente asignada al sistema de control o a dispositivos de campo	Desde posición remota	Predictivo

Bus de campo (field bus)





Pasado, presente y futuro

