



# Instrumentación

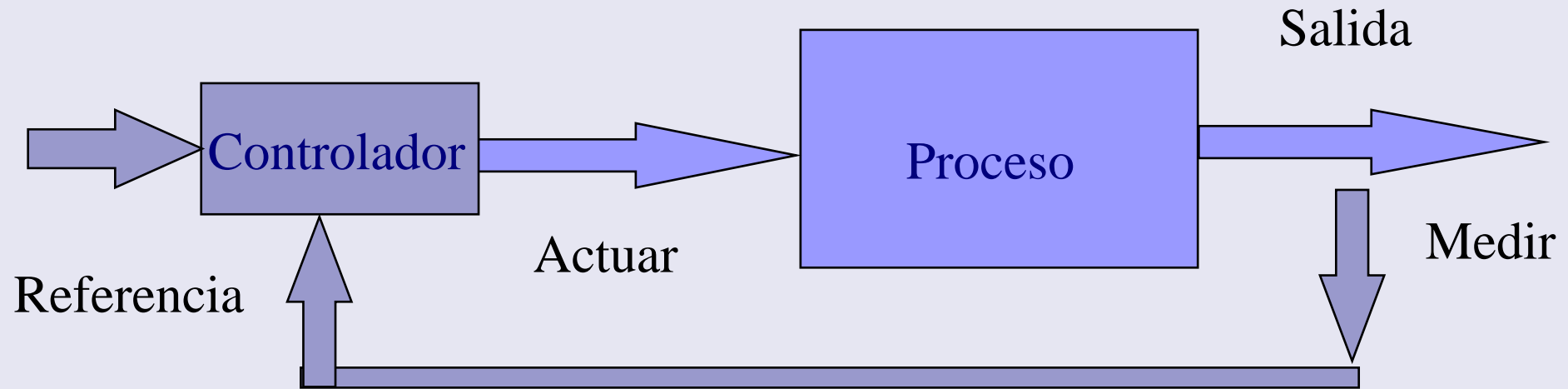
## Tema 5

Control Automático (3º Ing. Ind.)

Depto Ing. de Sistemas y Automática

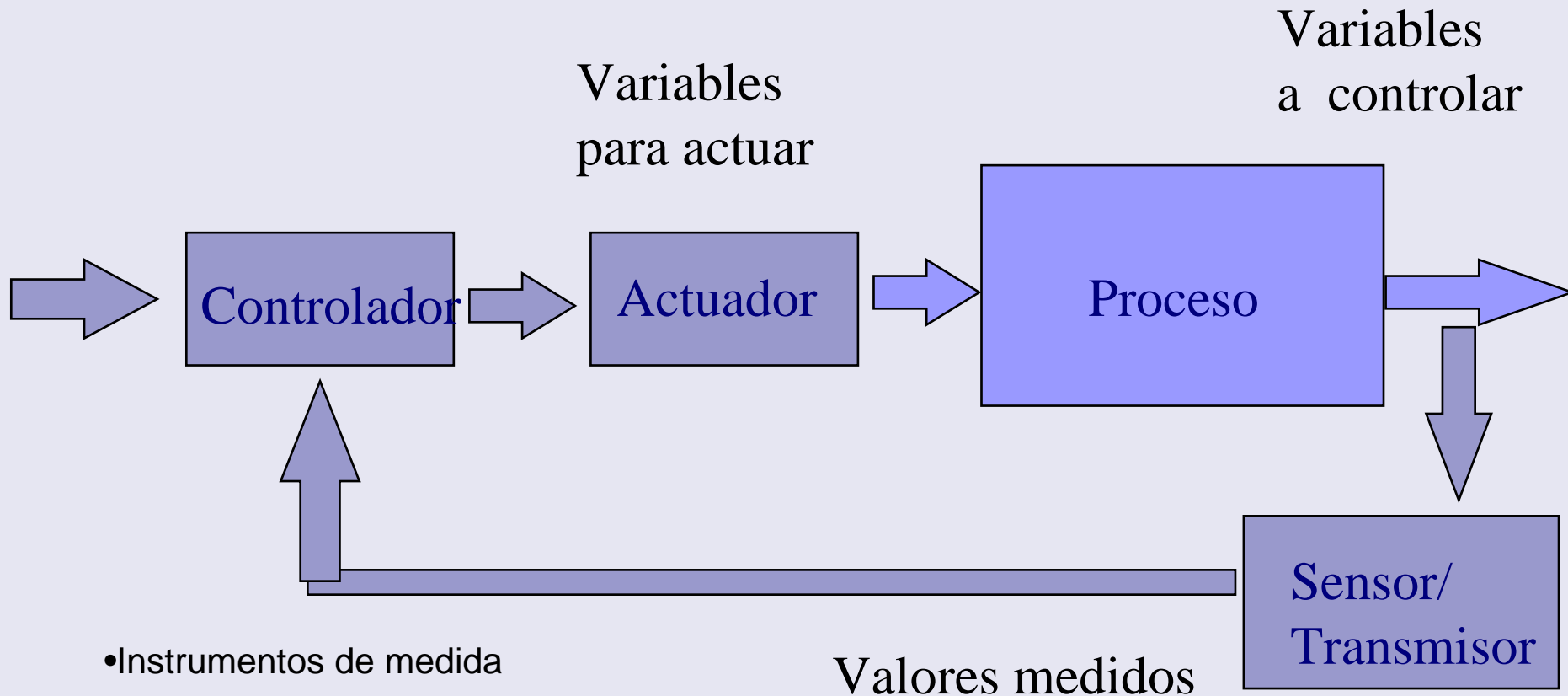
Universidad de Sevilla

# Introducción



Operación en lazo cerrado

# Componentes



- Instrumentos de medida
- Actuadores
- Sistemas de transmisión
- Controladores

Valores medidos

Sensor/  
Transmisor

Proceso

Actuador

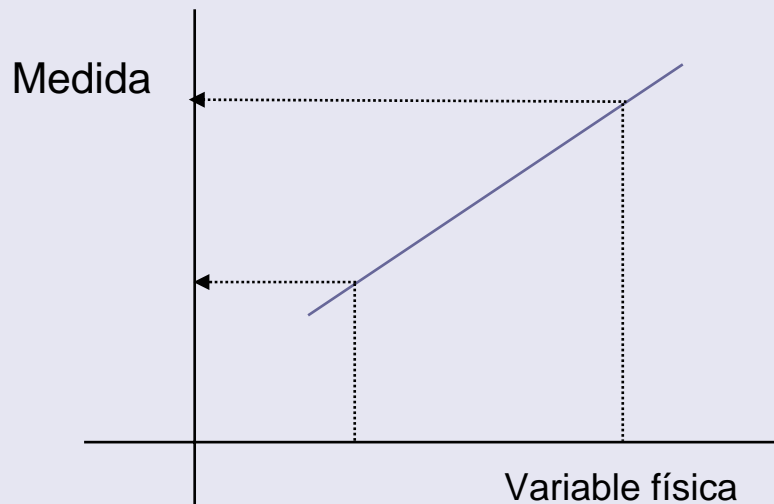
Controlador

Variables  
a controlar

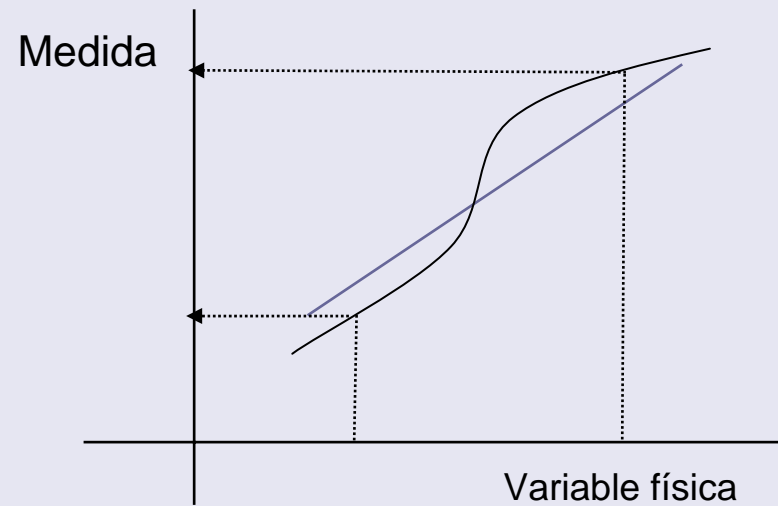
Variables  
para actuar

# Conceptos básicos

- **Proceso de medida**: Comparación de la variable con una unidad estándar o *patrón de medida*. Puede ser *directa* o *indirecta* (variable intermedia).

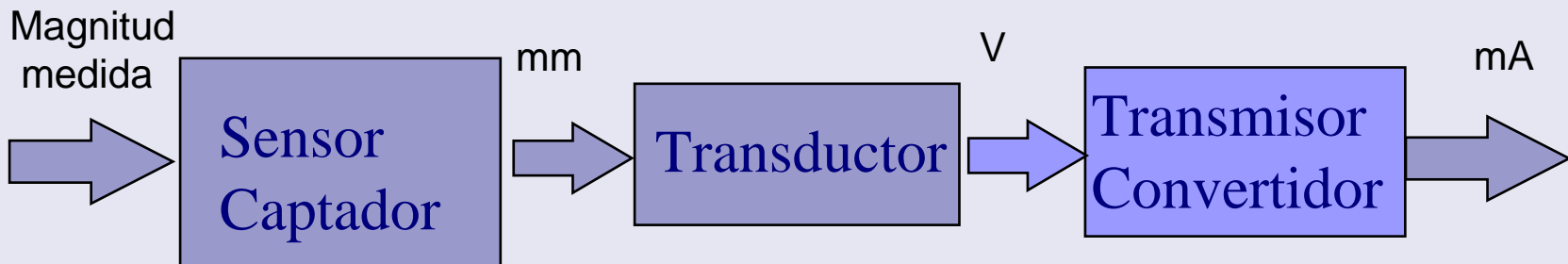


Ideal



Real

# Proceso de medida



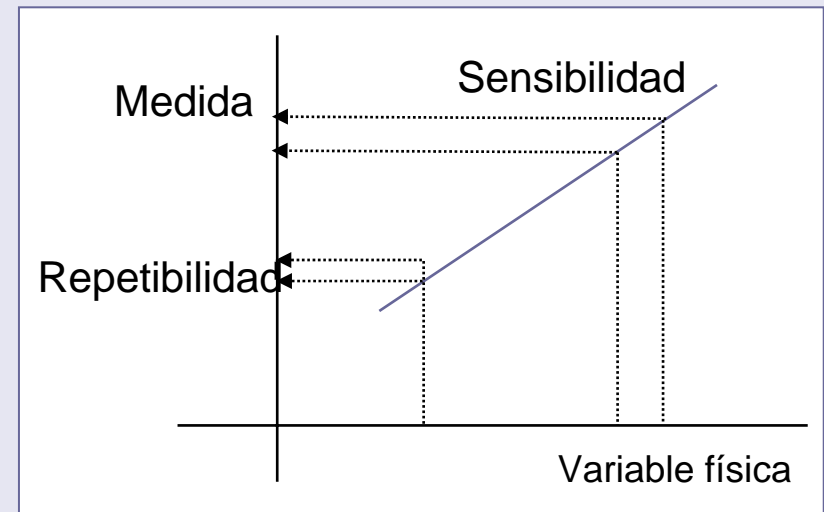
- Elemento primario (sensor): En contacto con el proceso
- Captador: Medida del sensor
- Transductor: Adecuación de la señal
- Transmisor:
  - Conversión
  - Filtrado y potencia.
  - Transmisión de la señal.

# Características principales

- **Rango**: Conjunto de valores de la variable que puede ser medido por un instrumento. Límite superior e inferior. Ej: 50°C-150°C
- **Alcance**: Diferencia entre los valores superior e inferior del rango. Ej: 100°C
- **Error de medida**: Diferencia entre la medida producida por el instrumento y la medida ideal. (Calibración). Puede ser estático o dinámico.
- **Precisión de referencia o tolerancia**: Límite máximo del error de medida (condiciones nominales):
  - Absoluta
  - % Alcance
  - % límite superior de rango
  - % valor medido

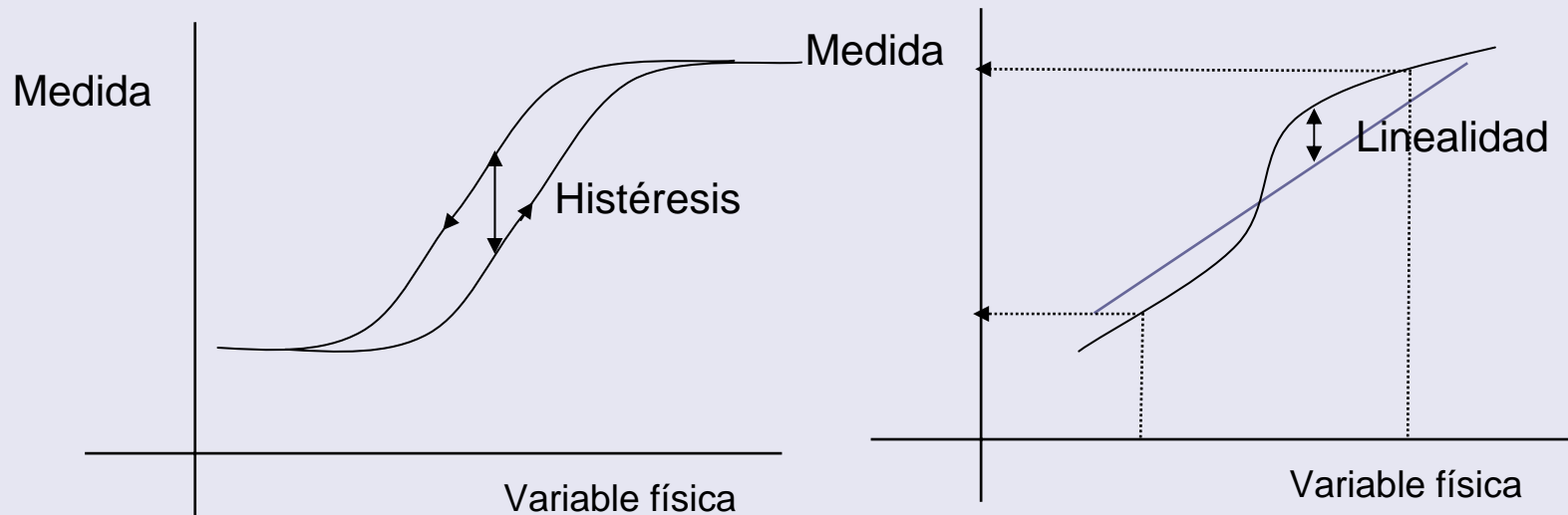
# Características principales (II)

- **Zona (banda) muerta**: Rango de variación de la variable medida que no produce cambio apreciable en la salida del mismo. Relacionado con la fricción estática. (% Alcance).
- **Repetibilidad**: Capacidad del instrumento para medir valores idénticos para los mismos valores de la variable física y condiciones de medida (% Alcance).
- **Sensibilidad**: Relación que existe entre el incremento en la señal de salida del instrumento y el de la variable física (pendiente).



# Características principales (III)

- **Resolución**: Incremento más pequeño de la variable física que produce un cambio apreciable en la medida (salida del instrumento) (absoluta ó % Alcance).
- **Histéresis**: Valor máximo de la diferencia entre las medidas en sentido creciente y decreciente de la variable (% alcance)



- **Linealidad**: Error máximo que se comete al aproximar la función por una línea recta.



# Características principales (IV)

- **Sesgo**: Error constante que afecta a la medida en todo su rango de funcionamiento. Se puede corregir por calibración.
- **Tiempo de medida**: Tiempo que tarda el dispositivo en calcular la medida. Puede introducir retardos.
- **Fiabilidad**: Tiempo medio entre fallos
- **Vida útil**: Duración aproximada del dispositivo de medida
- **Condiciones de servicio**: Condiciones externas (temperatura, presión, humedad, ...) en las que el instrumento de medida funciona adecuadamente.
- **Características dinámicas**: comportamiento dinámico del sensor.

# Clasificación de los instrumentos

## ■ Energía: (ambos introducen perturbaciones)

- Pasivos: Toman la energía del proceso
- Activos: Fuente externa de energía

## ■ Tipo de medida:

- Analógicos: medida de la variable continua
- Digitales: Número finito de valores

## ■ Presentación local de la información:

- Ciegos: Sin indicación visible
- Indicadores: dan el valor de la medida de forma visible
- Registradores: Almacenan (gráficamente) la evolución de la medida

## ■ Función:

- Elementos primarios: En contacto con el proceso
- Transmisores: Transmiten la señal
- Convertidores: Convierten las medidas a valores estándar
- Controladores: Locales o remotos
- Elementos finales (actuadores): permiten actuar sobre el proceso

# Transmisión de las medidas

## ■ Medio físico:

- Neumático (magnitud: presión)
- Eléctrico (magnitudes: tensión o intensidad)
- Radio (magnitud: ondas hercianas)
- Fibra óptica (magnitud: haces de luz)

## ■ Codificación:

- Analógica/ Digital
- Amplitud
- Modulación en amplitud o frecuencia
- Anchura de pulso

# Transmisión neumática

- Magnitud física: presión de aire
- Rango: 0.2-1 Kg/cm<sup>2</sup> (3-15 psig)
  - *Cero vivo*: presión mínima 0.2 Kg/cm<sup>2</sup>
    - Permite detectar fugas o cortes de la línea
    - Mejora la velocidad de transmisión
    - La calibración
- Ventajas:
  - Transmisión segura en ambientes peligrosos
  - Insensible a la contaminación electromagnética.
  - Inicialmente menor coste que eléctricas
  - Actuadores neumáticos

# Transmisión neumática

## ■ Desventajas:

- Compresibilidad del aire
  - Transmisión lenta
  - Reducido a distancias cortas para limitar el retraso
- Sensibilidad a las condiciones del aire
  - Humedad
  - Suciedad (polvo, aceite): Filtros
- Requiere compresor

## ■ Transmisión hidráulica

- Magnitud Física: presión de aceite
- Incompresible: mayor rapidez
- Inflamable y sucio

# Transmisión Eléctrica

## ■ Magnitud física:

□ Tensión: 1 – 5 V, 0 – 10 V, 0-24 V

■ Caídas de tensión en cables falsean la medida

□ Intensidad: 4 – 20 mA

■ No se afecta por los cables

## ■ Ventajas

□ Alta velocidad de transmisión

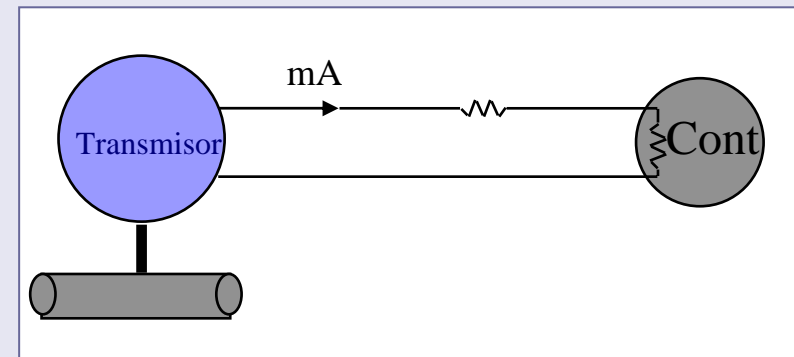
□ Bajo coste

□ Electrónica

## ■ Desventajas

□ Sensibilidad a la contaminación electromagnética

■ Cables apantallados



# Otros tipos de transmisión

- Inalámbricas (Radio)
  - Grandes distancias
- Fibra óptica
  - Inmune a la contaminación electromagnética
  - Gran capacidad de transmisión
  - Pequeño tamaño y peso
  - Muy costoso.
- **Lo más frecuente:**
  - Codificación digital:
    - insensibilidad al ruido (Alto-Bajo)
  - Transmisión eléctrica:
    - Incorporación de dispositivos electrónicos

# Buses de Campo e Instrumentación inteligente

## ■ Instrumentación inteligente

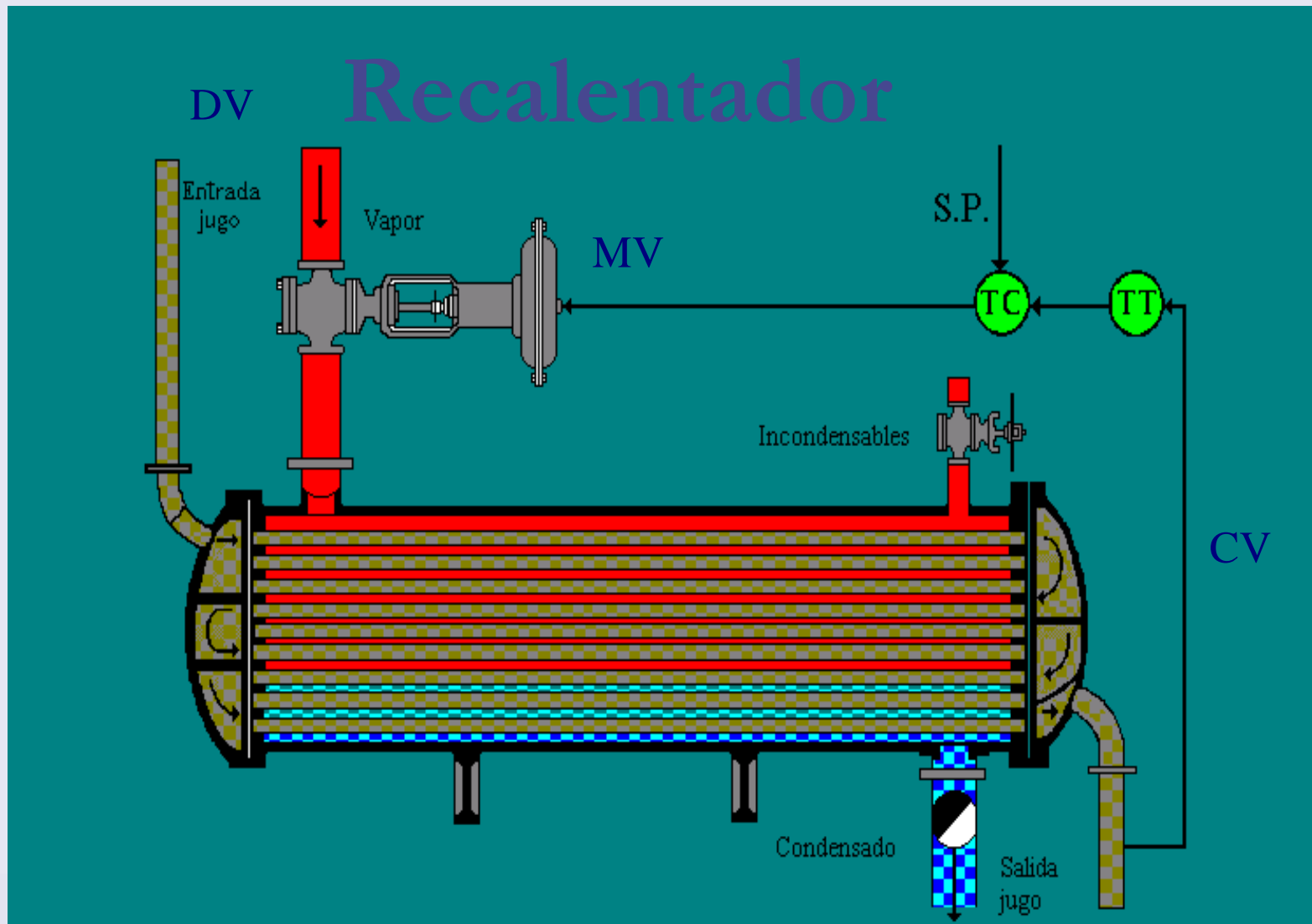
- Microprocesadores: capacidad de cálculo y memoria
- Nuevas funcionalidades
  - Auto-calibración, auto-diagnos
  - Comunicaciones bidireccionales:
    - Protocolo HART: comunicación digital superpuesta al bucle de intensidad
    - Comunicación serie: RS-232, RS-485
    - Comunicaciones por red de datos

## ■ Buses de Campo

- Red de computadores entre instrumentos
  - Protocolos sofisticados: ancho de banda y seguridad
- Conexión en bus: ahorro de cableado
- Tipos: Profibus, CAN, etc.

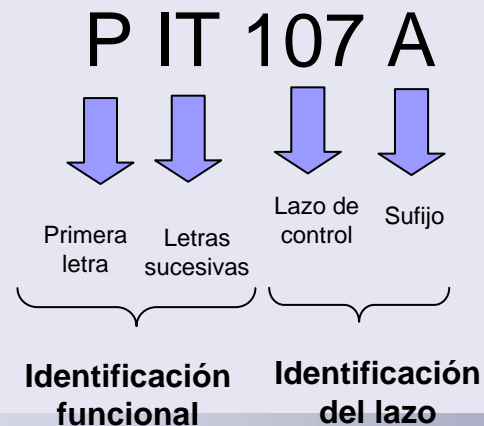


# Diagramas de proceso (P&I)



# Diagramas de proceso (P&I)

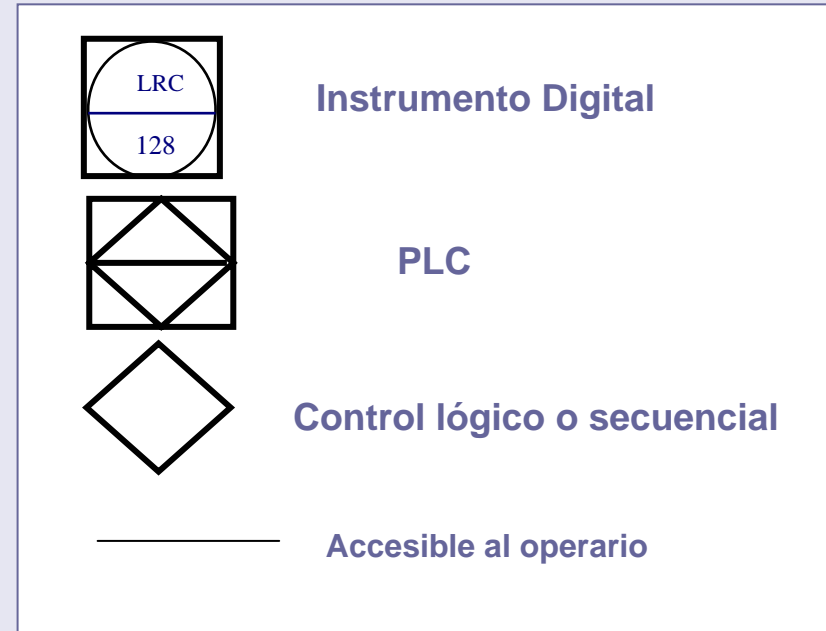
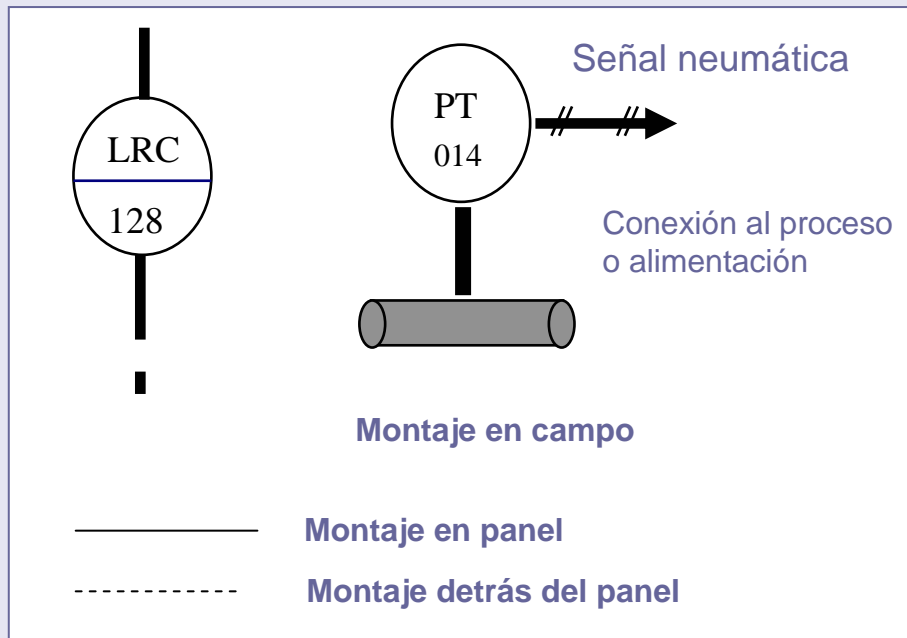
- Los sistemas de control de procesos se representan en diagramas de tuberías e instrumentos (P&I) utilizando símbolos normalizados.
- Se representan: Instrumentación, tuberías bombas motores y otros elementos auxiliares.
- Los instrumentos del lazo de control se representan por un círculo con las letras de designación del instrumento así como el número identificativo del lazo de control al que pertenecen (Norma ISA-S5.1):



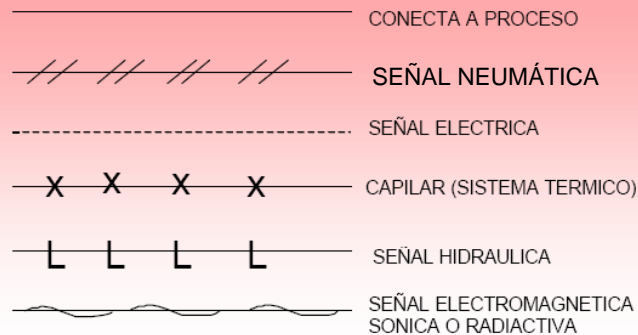
# Nomenclatura ISA

	1ª Letra	2ª Letra	Letras sucesivas
A	Análisis		Alarma
C	Conductividad		Control
D	Densidad	Diferencial	
E	Voltaje		Elemento primario
F	Caudal	Relación	
H			Alto
I	Intensidad		Indicador
K	Tiempo		Estación de control
L	Nivel		Bajo
M	Humedad		Medio
P	Presión		Punto
R	Radioactividad		Registro
S	Velocidad	Seguridad	Interruptor
T	Temperatura		Transmisión
V	Viscosidad		Válvula
W	Peso		
Y			Módulo de cálculo
Z	Posición		Servo

# Diagramas de proceso



## Transmisión



# Ejemplos de P&I

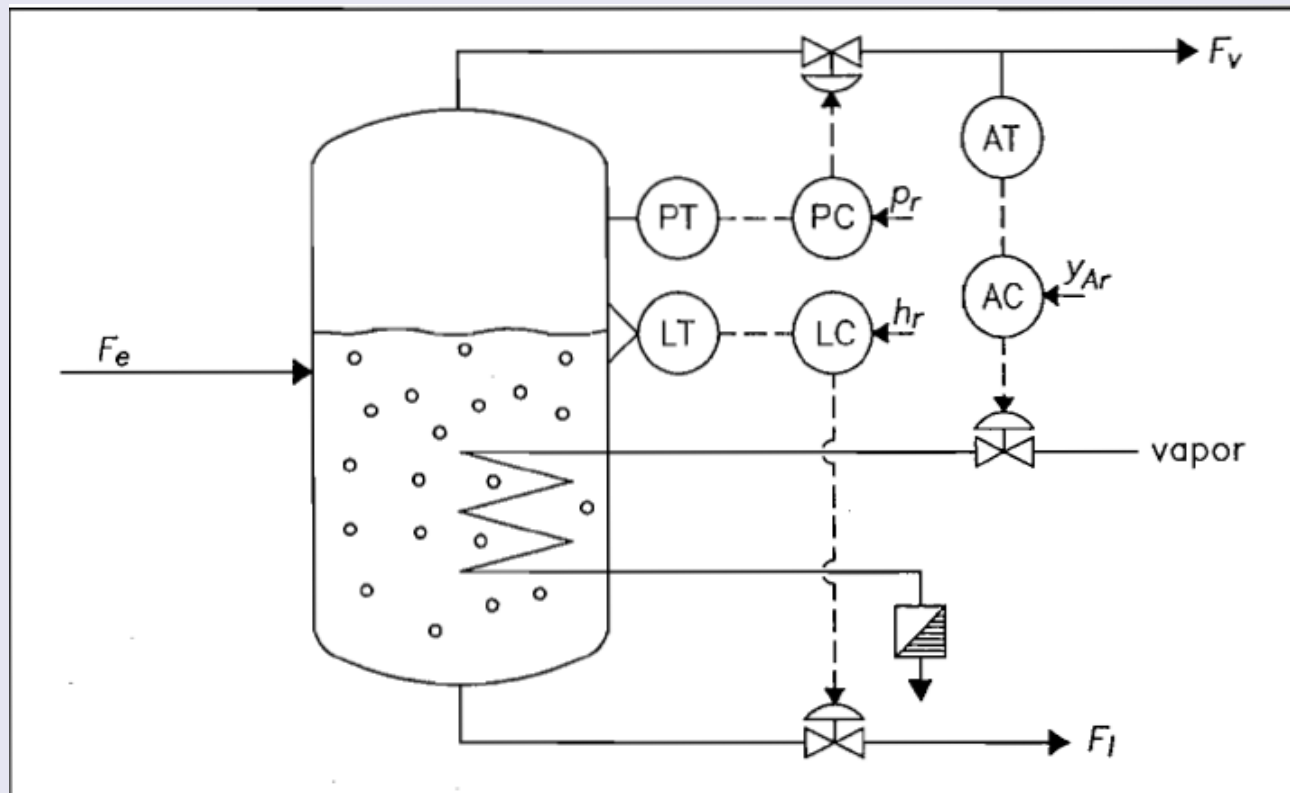
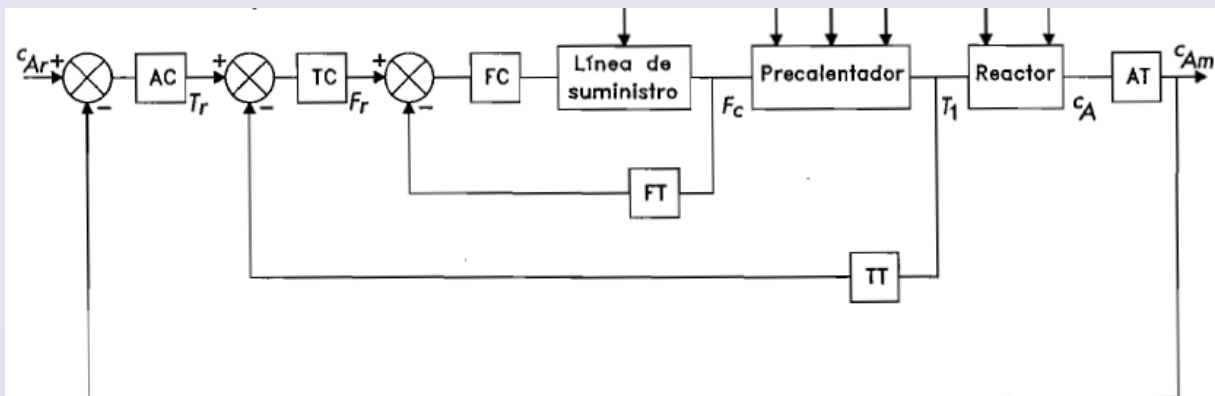
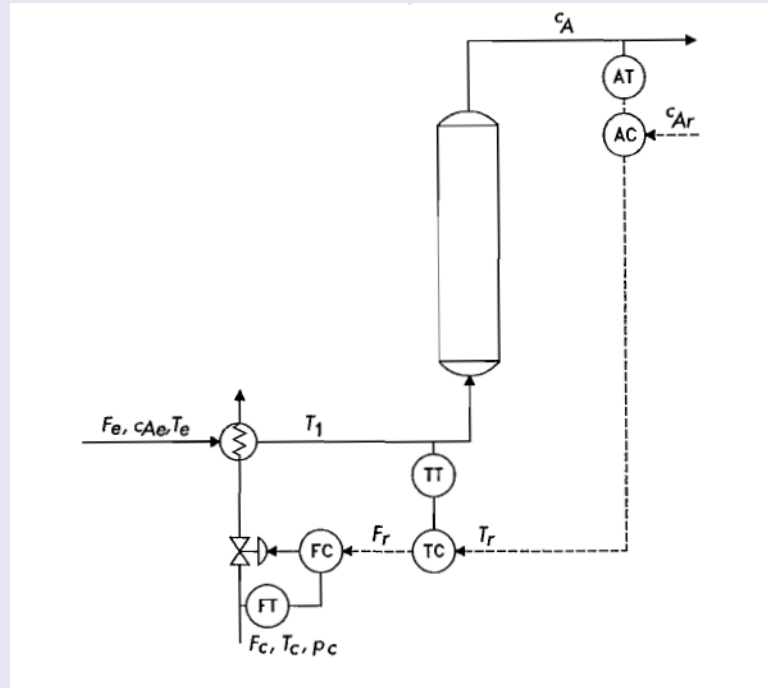


Figura 2.14. Destilador simple con tres lazos de control.

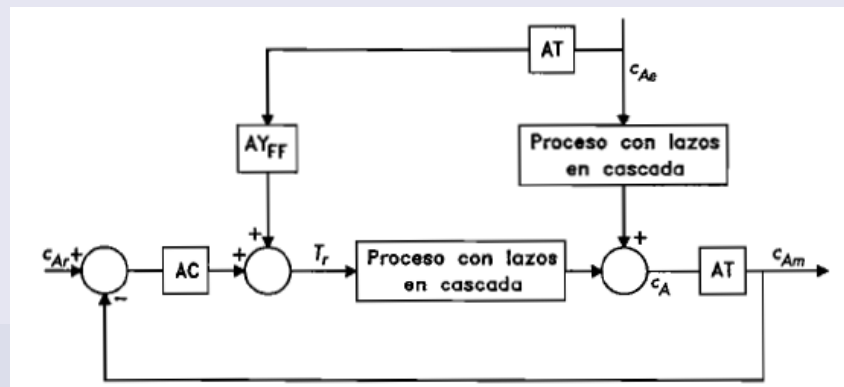
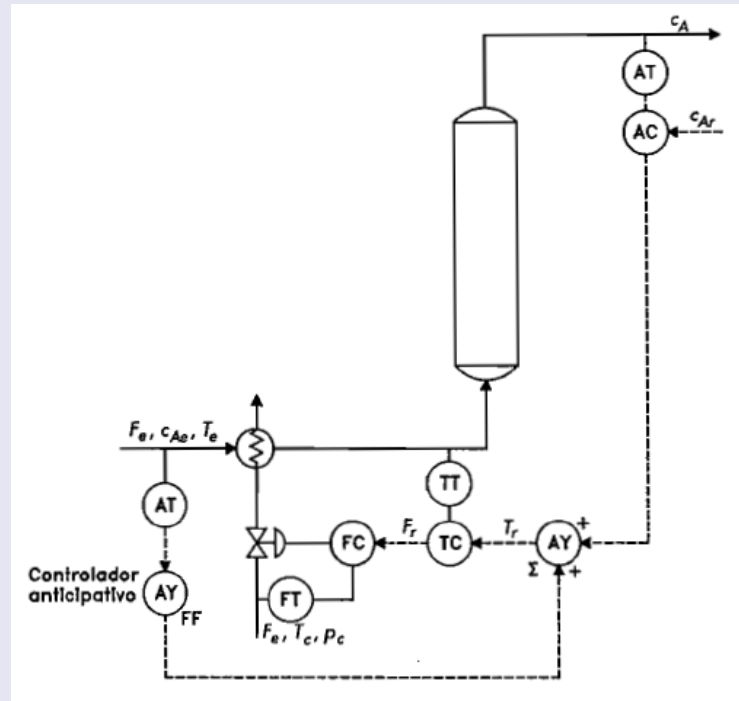
# Ejemplos de P&I

## Control en cascada



# Ejemplos de P&I

## Control anticipativo



# Ejemplos de P&I

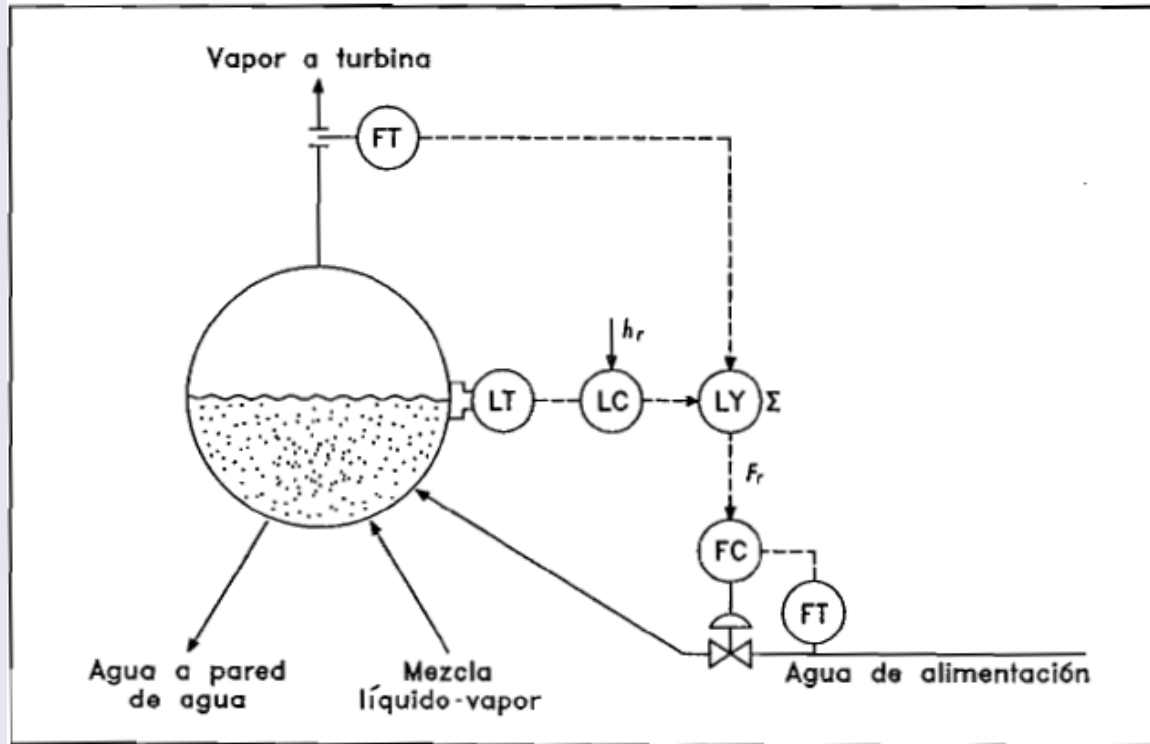


Figura 11.18. Control de nivel en un calderín.



# Ejemplos de P&I

Salida PC	Abertura válvula	
	A	B
0-50% (3-9 psig)	0-100%	0%
50-100% (9-15 psig)	100%	0-100%

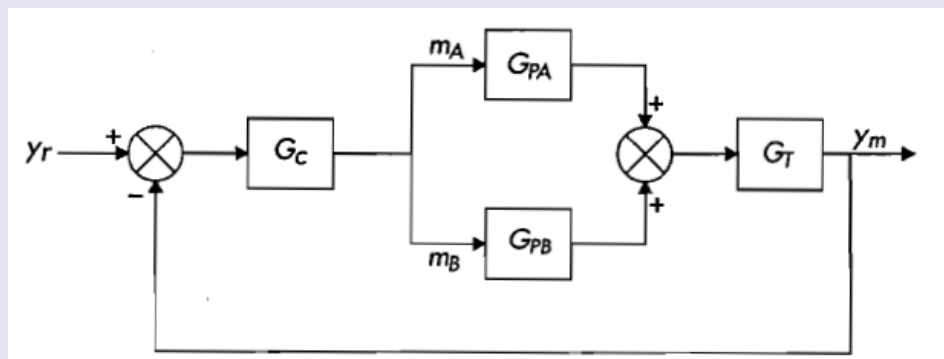
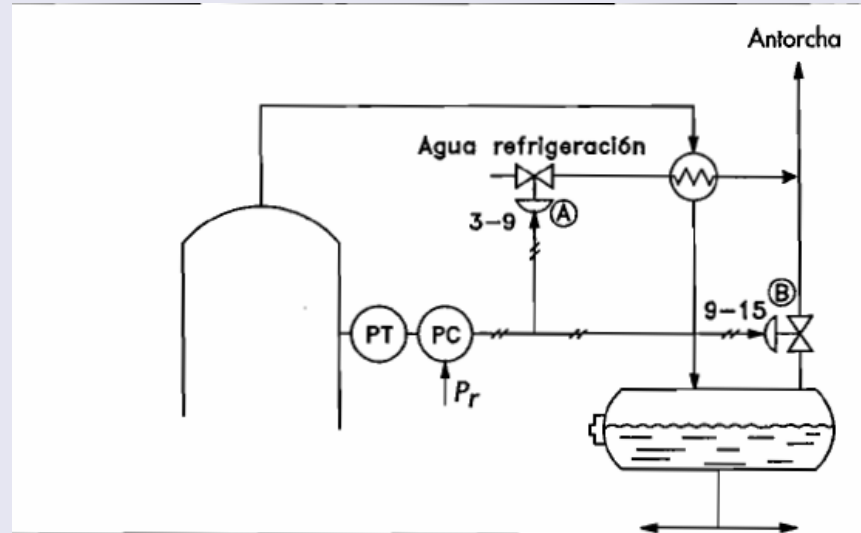


Figura 11.25. Control de gama partida en una columna de destilación.