

# **CONTROLADORES PID**

## **El controlador PID**

**Fernando Morilla García**

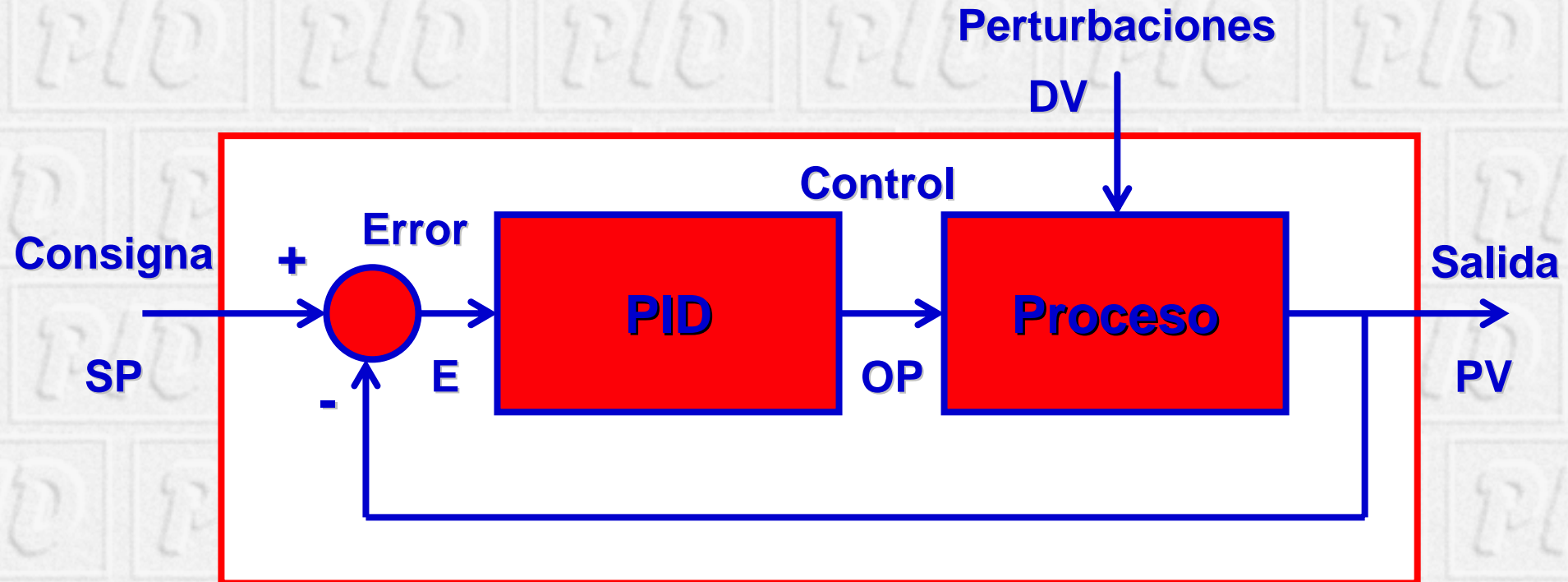
**Dpto. de Informática y Automática**

**ETSI de Informática, UNED**

***Madrid 11 de enero de 2007***

# 1 Introducción (1/3)

## Esquema básico de control PID



# 1 Introducción (2/3)

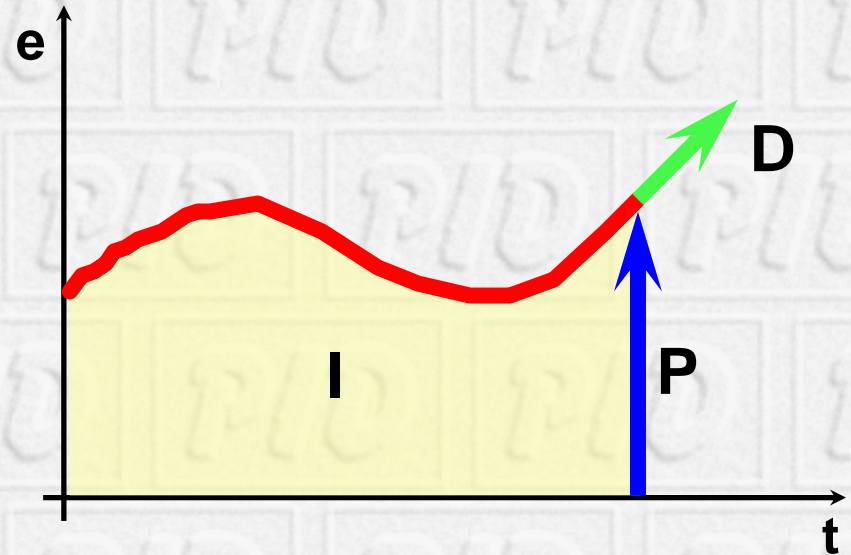
---

- ◆ **Es la extensión natural del controlador on-off**
- ◆ **Es suficiente para muchos problemas de control**
- ◆ **Más del 95% de los lazos de control utilizan el PID**
- ◆ **Ha sobrevivido a los cambios tecnológicos**
  - Aparición del microprocesador
  - Autosintonía
  - Planificación de ganancia
- ◆ **Tiene algunas funciones importantes**
  - Utiliza la realimentación para rechazar las perturbaciones
  - Elimina el error estacionario con la acción integral
  - Puede anticipar el futuro con la acción derivativa
- ◆ **No es trivial ajustarlo para conseguir los mayores beneficios sobre el proceso**
  - Tres parámetros de control

# 1 Introducción (3/3)

El control PID combina las tres acciones:

- Proporcional (P)
- Integral (I)
- Derivativa (D)



Controlador PID continuo

$$u(t) = \underbrace{K_p e(t)}_P + \underbrace{\frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt}_I + \underbrace{K_p T_d \frac{de(t)}{dt}}_D$$

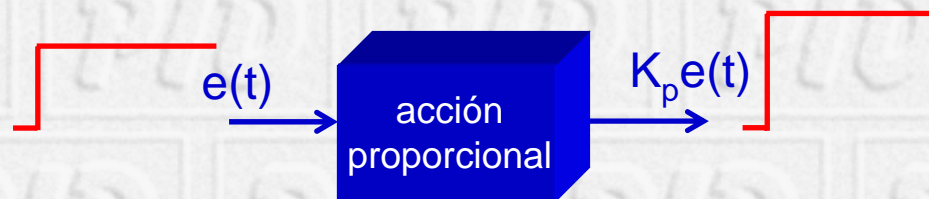
## 2 Parámetros de control (1/3)

### Ganancia proporcional ( $K_p$ )

- ◆ Es la constante de proporcionalidad en la acción de control proporcional .

$K_p$  pequeña  $\Rightarrow$  acción proporcional pequeña

$K_p$  grande  $\Rightarrow$  acción proporcional grande



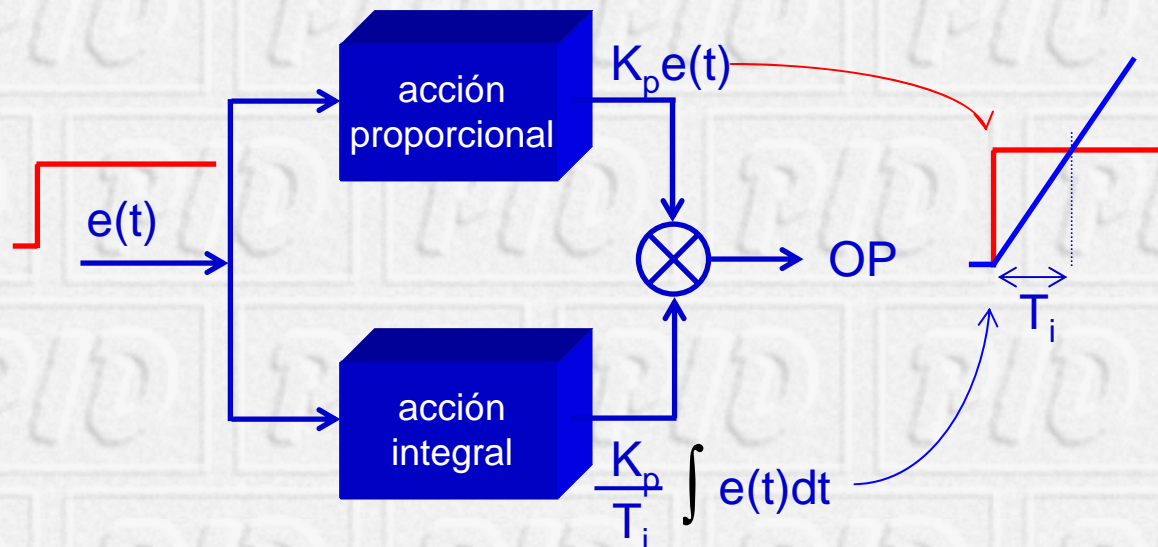
## 2 Parámetros de control (2/3)

Constante de tiempo integral ( $T_i$ )

- ◆ El tiempo requerido para que la acción integral contribuya a la salida del controlador en una cantidad igual a la acción proporcional.

$T_i$  pequeño  $\Rightarrow$  acción integral grande

$T_i$  grande  $\Rightarrow$  acción integral pequeña



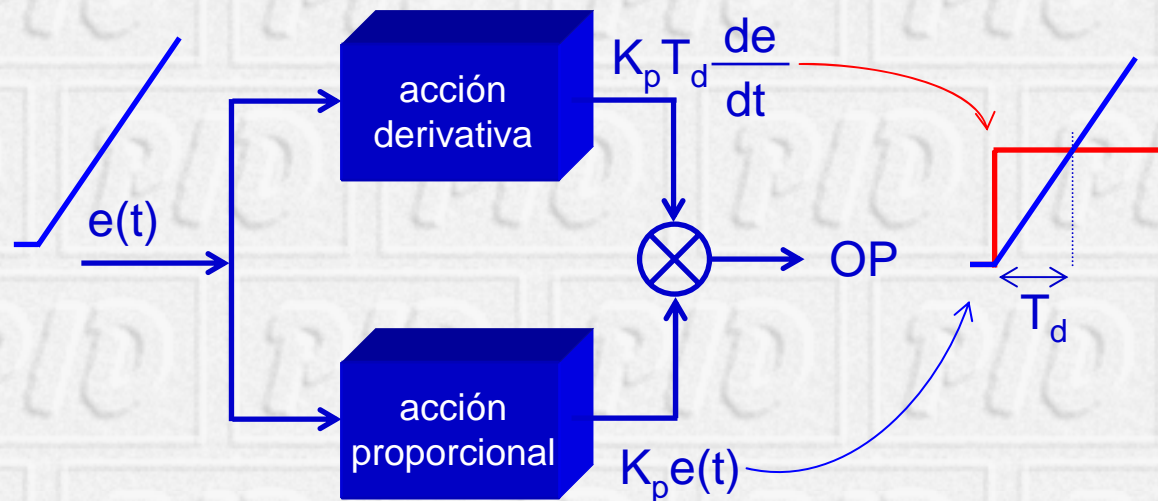
## 2 Parámetros de control (3/3)

Constante de tiempo derivativa ( $T_d$ )

- ◆ El tiempo requerido para que la acción proporcional contribuya a la salida del controlador en una cantidad igual a la acción derivativa.

$T_d$  pequeño  $\Rightarrow$  acción derivativa pequeña

$T_d$  grande  $\Rightarrow$  acción derivativa grande

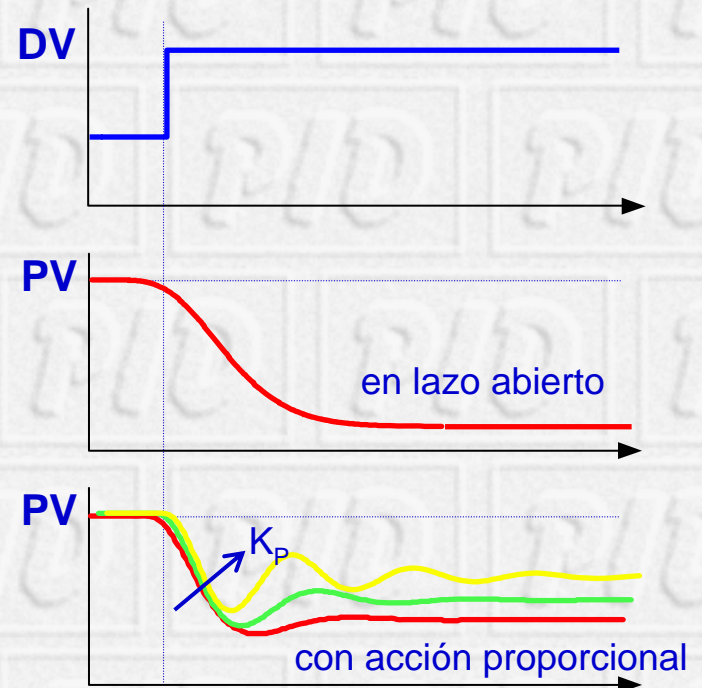
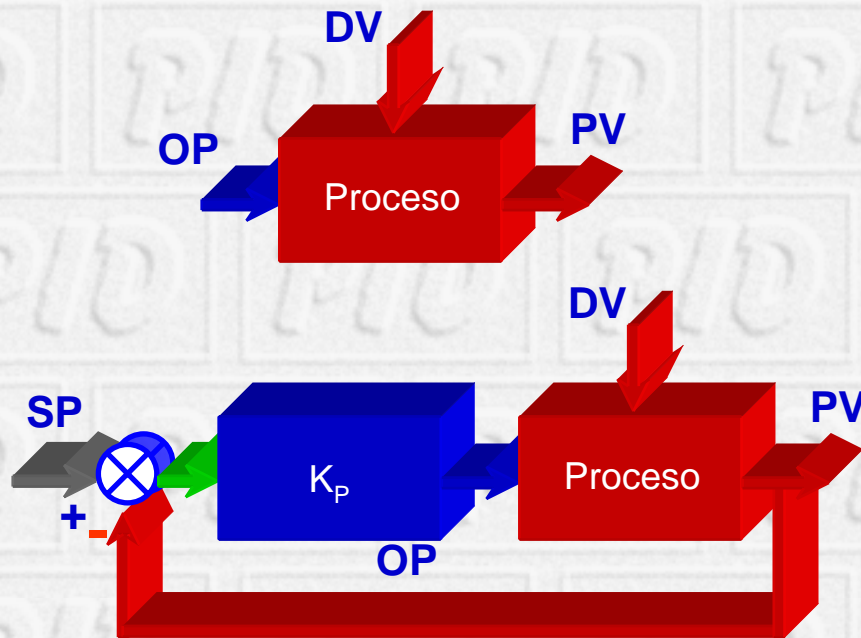


# 3 Acciones de control (1/4)

## Acción proporcional

- ◆ Produce una señal de control proporcional a la señal de error.

**Características:** Simple  
Fácil de sintonizar (un solo parámetro)  
Puede reducir, pero no eliminar, el error en estado estacionario





# 3 Acciones de control (2/4)

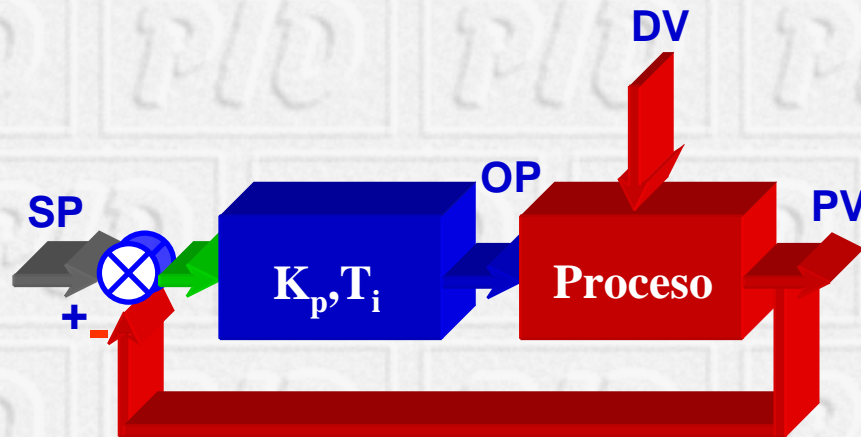
## Acción integral

- ◆ Proporciona una corrección para compensar las perturbaciones y mantener la variable controlada en el punto de consigna.

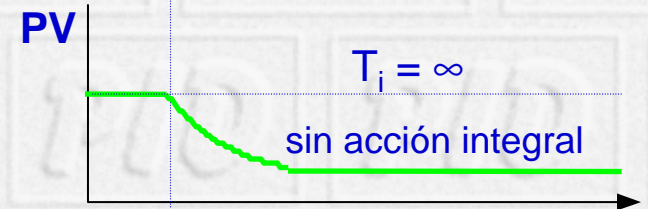
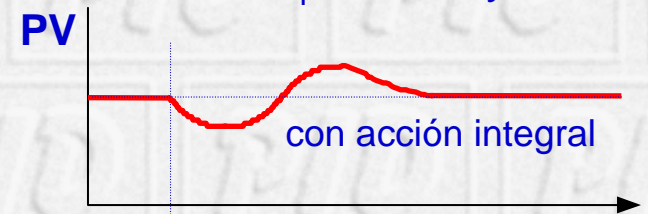
**Características:** Elimina errores estacionarios

Más del 90% de los lazos de control utilizan PI

Puede inestabilizar al sistema si  $T_i$  disminuye mucho



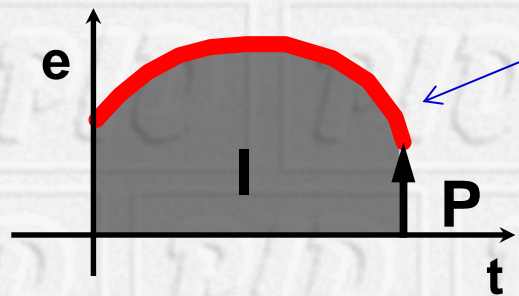
Control PI



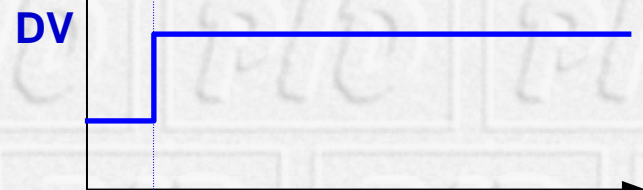
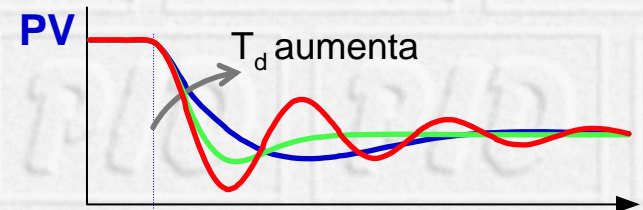
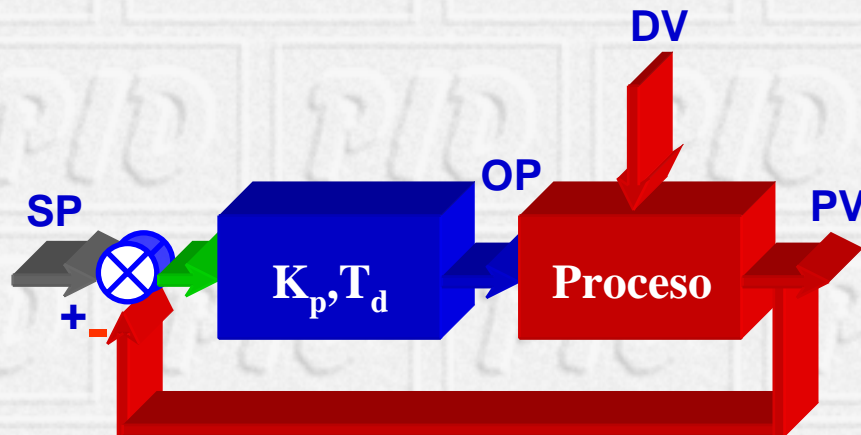
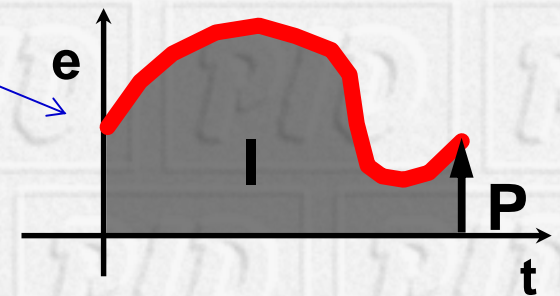
# 3 Acciones de control (3/4)

## Acción derivativa

- ◆ Anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación.



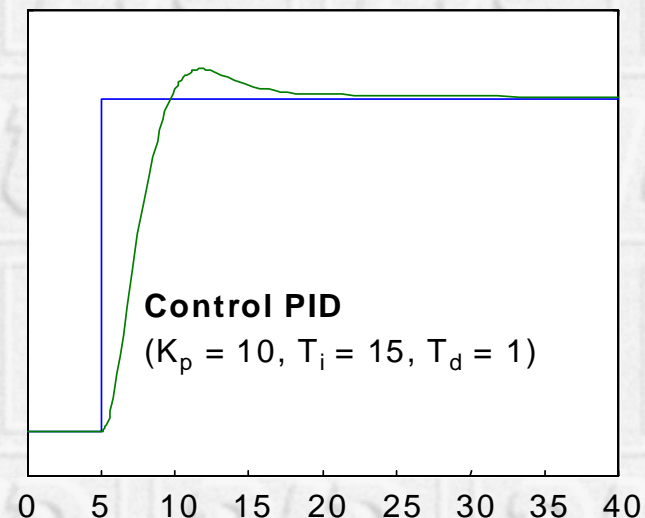
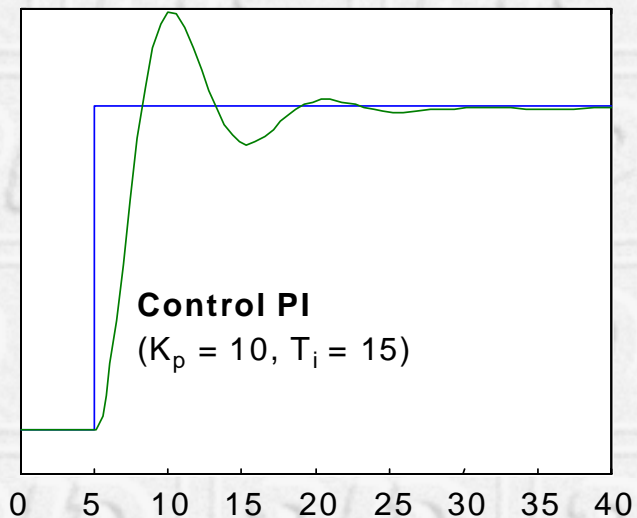
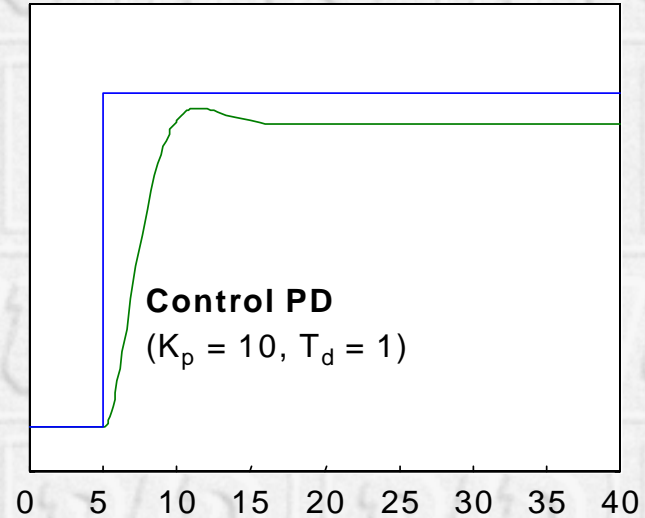
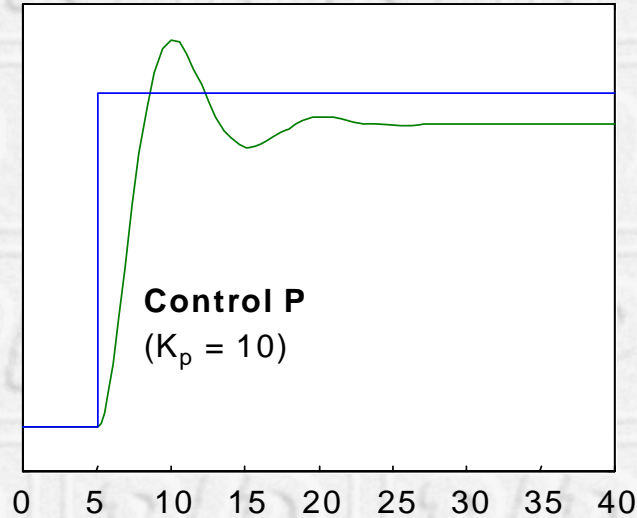
Mismo valor de las acciones P e I pero diferente valor de la derivada del error



Control PD

# 3 Acciones de control (4/4)

Comparación de las acciones de control cuando se ha producido un cambio brusco en la referencia



# 4 Reglas heurísticas de ajuste (1/2)

	$K_p$ aumenta	$T_i$ disminuye	$T_d$ aumenta
Estabilidad	Se reduce	Disminuye	Aumenta
Velocidad	Aumenta	Aumenta	Aumenta
Error estacionario	No eliminado	Eliminado	No eliminado
Área de error	Se reduce	Disminuye hasta cierto punto	Se reduce
Perturbación control	Aumenta bruscamente	Aumenta gradualmente	Aumenta muy bruscamente
Frecuencia lazo	No afecta hasta cierto punto	Disminuye	Aumenta

# 4 Reglas heurísticas de ajuste (2/2)

---

## ◆ Paso 1. Acción Proporcional

- Tiempo integral (TI), a su máximo valor
- Tiempo derivativo (TD), a su mínimo valor
- Empezando con ganancia baja se va aumentando hasta obtener las características de respuesta deseadas

## ◆ Paso 2. Acción integral

- Reducir el TI hasta anular el error en estado estacionario, aunque la oscilación sea excesiva
- Disminuir ligeramente la ganancia
- Repetir hasta obtener las características de respuesta deseadas

## ◆ Paso 3. Acción Derivativa

- Mantener ganancia y tiempo integral obtenidos anteriormente
- Aumentar el TD hasta obtener características similares pero con la respuesta más rápida
- Aumentar ligeramente la ganancia si fuera necesario

# 5 Selección del controlador

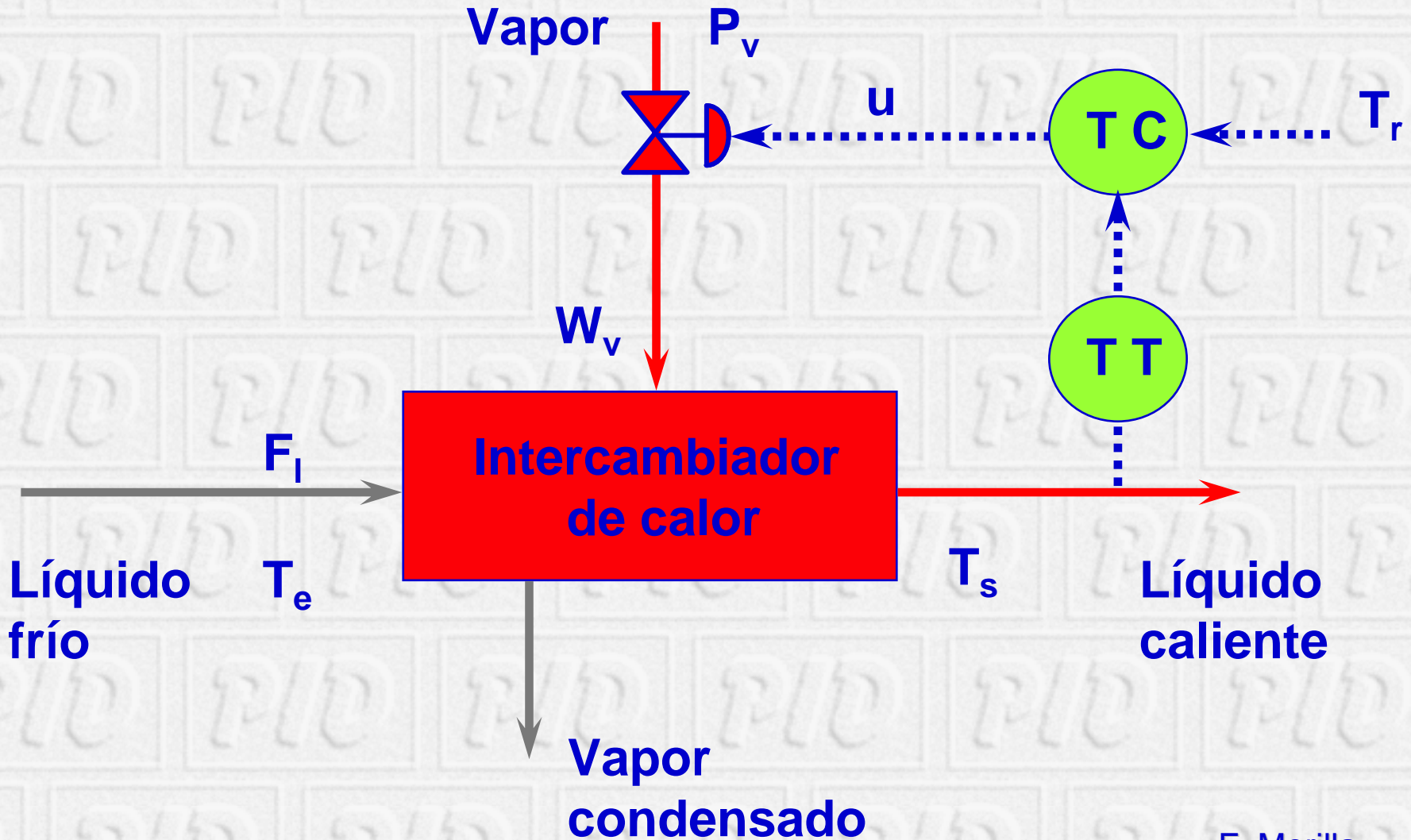
---

- ◆ Lazos de caudal o de presión (dinámicas rápidas, sin retardos y perturbaciones de alta frecuencia): PI
- ◆ Lazos de nivel (combinación de varias dinámicas, sin retardo y perturbaciones de media frecuencia): PI o PID
- ◆ Lazos de temperatura (dinámicas lentas, con o sin retardo y perturbaciones de baja frecuencia) : PI o PID
- ◆ Lazos de composición (predomina el retardo debido al analizador): PI, aunque se aconsejan otros tipos de controladores (predictor de Smith)
- ◆ Procesos integradores (procesos térmicos o ciertos lazos de nivel): PD o PID
- ◆ Control en cascada: PI o PID en el lazo primario, P o PD en el secundario

# Ejemplo (1/2)

www.infoPLC.net

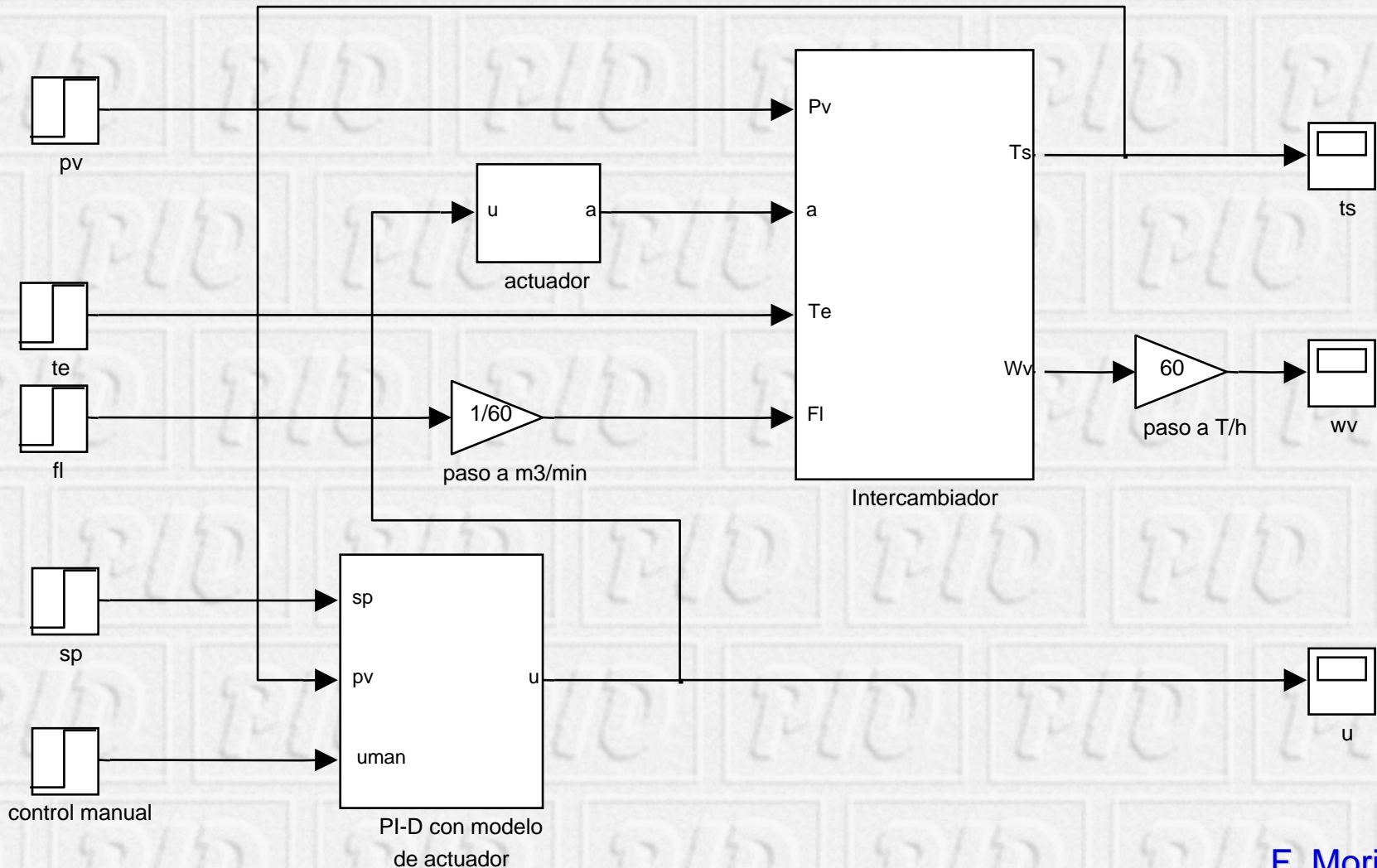
Control de temperatura en un intercambiador de calor (Cap. 7)



# Ejemplo (2/2)

www.infoPLC.net

## Simulación en SIMULINK del control de temperatura en un intercambiador de calor





# PIDBasics (1/2)

- ◆ **El primer módulo del ILM (Interactive Learning Modules) Project**
  - J.L. Guzmán (U. Almería), S. Dormido (UNED), K.J. Aström (Lund Institute, Sweden) y T. Häggglund
- ◆ **Complemento al libro “Advanced PID Control” de Aström y Häggglund, 2005**
- ◆ **En evaluación (invitación personal de los autores) desde diciembre de 2005**
- ◆ **Manual de usuario y ejecutable disponible en el curso virtual**
- ◆ **Desarrollado en Sysquake 3 ([www.calerga.com](http://www.calerga.com))**

# PIDBasics (2/2)

