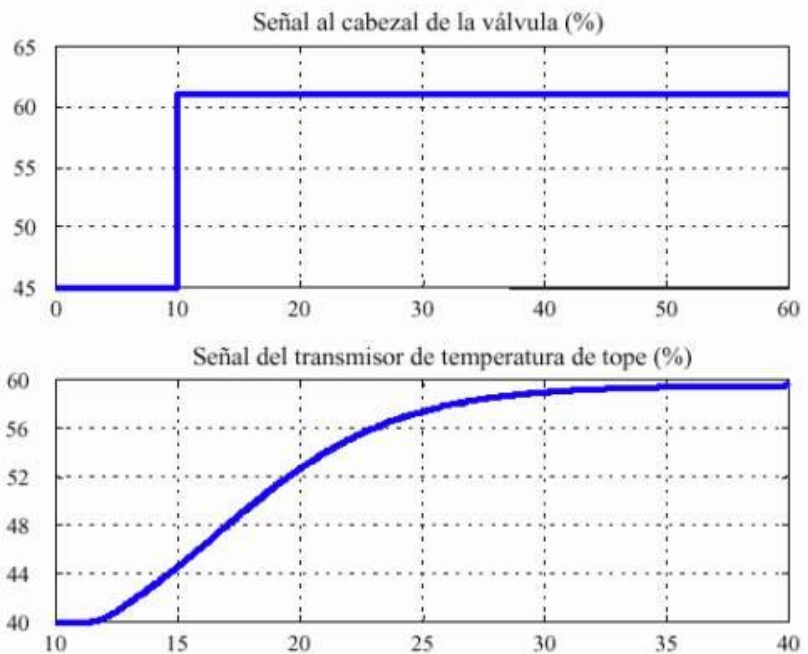


PROBLEMA – Comparación de controladores

La curva de respuesta en lazo abierto de un sistema de control de temperatura de tope de una columna que separa la mezcla etanol-agua es la que se muestra en la figura.

La principal perturbación son los cambios en la composición de la corriente de alimentación, cuya dinámica se puede considerar idéntica a la de los elementos del lazo, salvo que su ganancia vale 1.56 (%/% de composición).



- (a) Sintonicé un controlador PI empleando el método de Ziegler y Nichols en lazo abierto
- (b) Compare empleando índices de conducta apropiados cuánto mejoraría la respuesta si se adiciona acción derivativa al controlador. Considere como perturbación un escalón de magnitud uno en la composición de alimentación.

(a)

El método de Ziegler y Nichols que emplea la curva de respuesta como información para la sintonización, asimila la el comportamiento del lazo de una forma simplificada con una constante de tiempo y tiempo muerto.

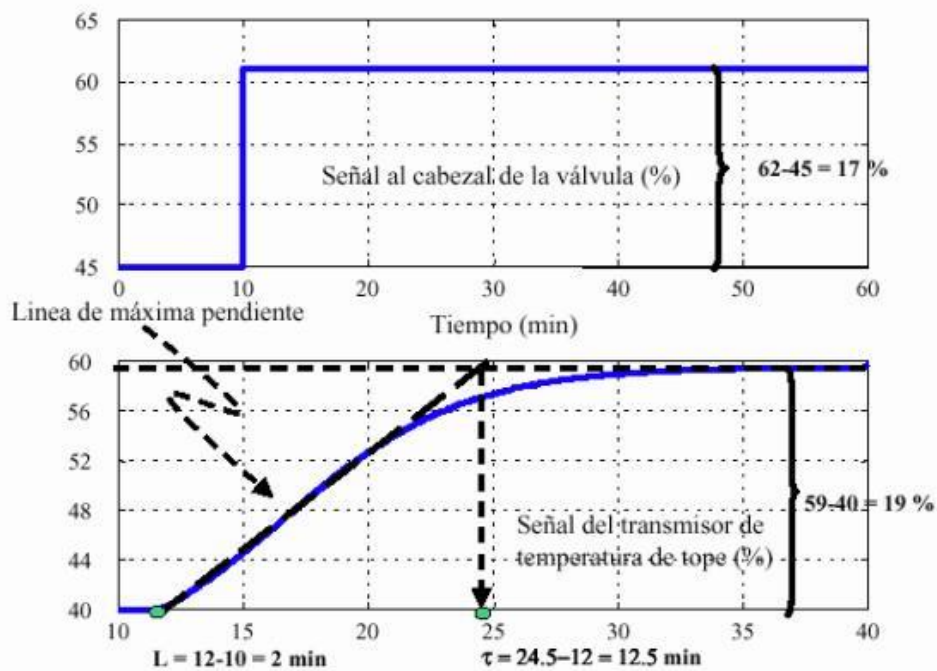
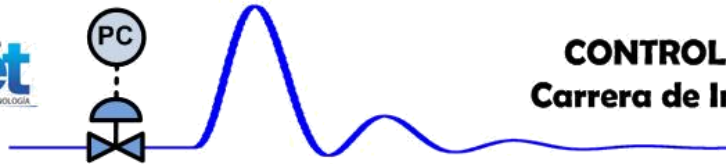
$$G(s) = G_v G_p G_T \approx \frac{K \cdot e^{-Ls}}{\tau s + 1}$$

Los valores de la ganancia se calculan con los cambios permanentes:

$$K = \frac{19\%}{17\%} = 1.12$$

y los parámetros dinámicos con la recta tangente de máxima pendiente:

$$\tau = 12.5 \text{ min} \quad L = 2 \text{ min}$$

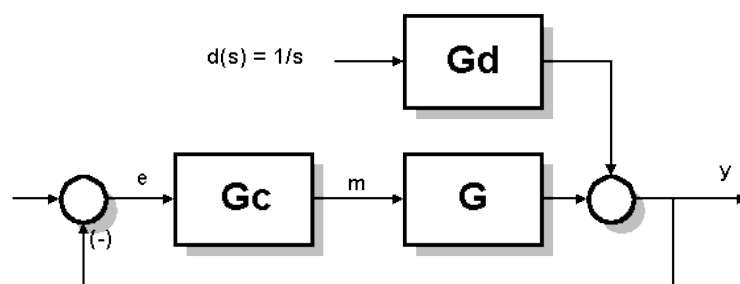


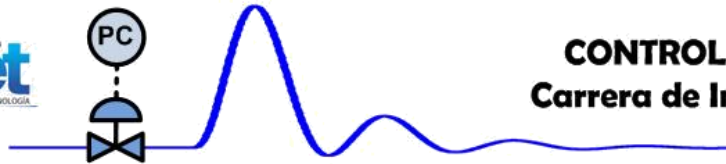
Usando las reglas de sintonización de Ziegler y Nichols en lazo abierto resultan los parámetros de los controladores:

CONTROLADOR	PI	PID
Ganancia	$K_c = \frac{0.9}{K} \frac{\tau}{L} = \frac{0.9}{1.12} \frac{12.5}{2} = 5.02$	$K_c = \frac{1.2}{K} \frac{\tau}{L} = \frac{1.2}{1.12} \frac{12.5}{2} = 6.70$
Tiempo integral	$T_I = \frac{L}{0.3} = \frac{2}{0.3} = 6.67$ min	$T_I = \frac{L}{0.5} = \frac{2}{0.5} = 4.0$ min
Tiempo derivativo	-----	$T_D = \frac{L}{2} = \frac{2}{2} = 1.0$ min

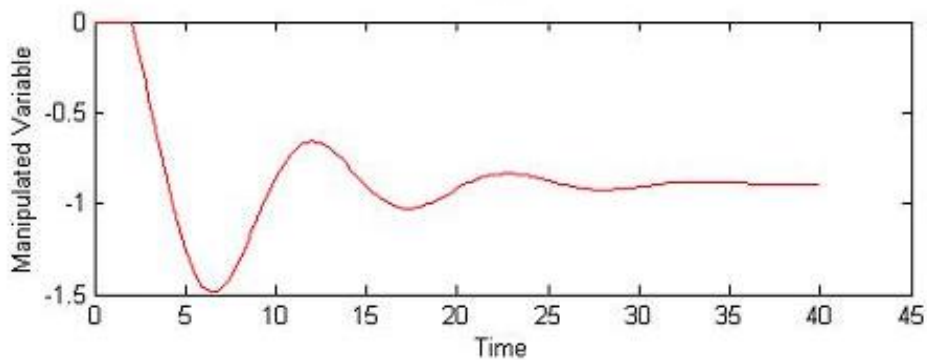
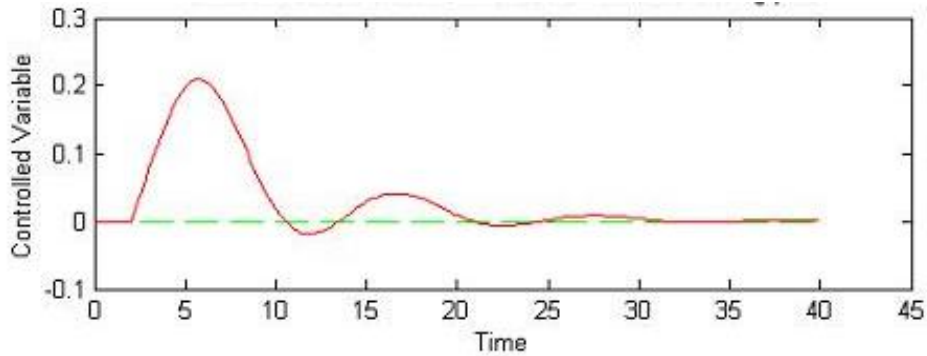
(b)

Para analizar el comportamiento del sistema en lazo cerrado se debe tomar en cuenta la perturbación tal como es esquematizado en el diagrama en bloques siguiente:

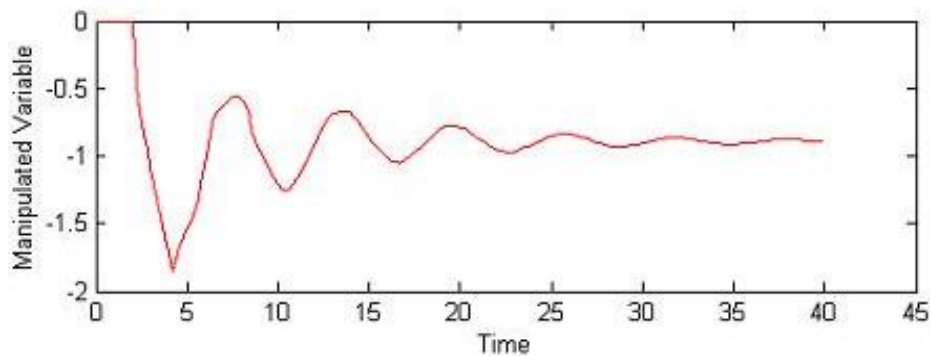
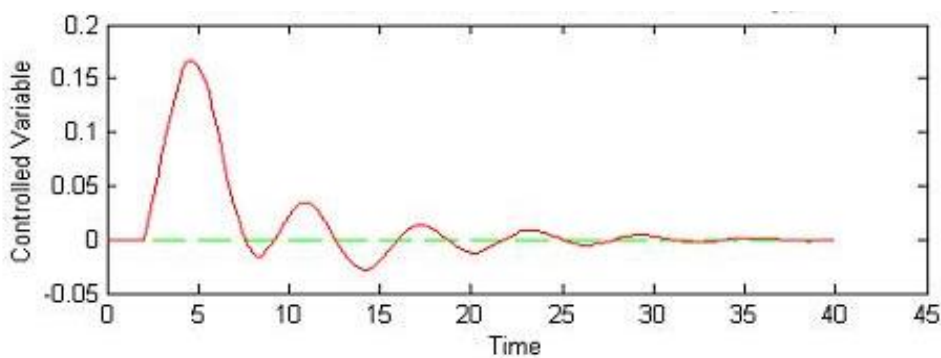




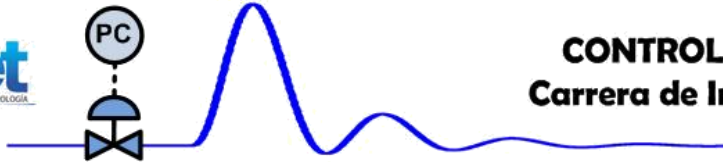
En las figuras siguientes se ven los transitorios con controladores PI y PID (que pueden obtenerse empleando el programa CC o Simulink).



Respuesta a la perturbación con controlador PI



Respuesta a la perturbación con controlador PID



En la Tabla se presentan distintos índices de calidad de respuesta.

ÍNDICE	CONTROLADOR PID	
	PI	PID
Máximo sobrevalor	0.209	0.166
Relación de atenuación	0.186	0.172
Período propio de oscilación (min)	10.9	5.2
Integral del valor absoluto del error IEA	1.306	0.773
Tiempo de estabilización para $\pm 1\%$ (min)	29.1	20.1

En forma gráfica resultan evidentes las mejoras introducidas por la acción derivativa, y con los valores de la tabla, tales mejoras pueden ser cuantificadas.

Ambas respuestas conservan aproximadamente un mismo grado de atenuación, pero la máxima desviación es disminuida en un 20 % y el período de oscilación se reduce casi a la mitad.

Por lo tanto, la acción derivativa acota las excursiones de la variable controlada y acelera su retorno al set point (véase la reducción del 32 % en el tiempo de respuesta).