Dinámica y Control de Procesos

Repartido 5

5.1

a.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{Gc(s)G(s)}{1 + Gc(s)G(s)}$$

$$0{,}5\, s^2 + 1{,}5s + 1 + KKc = 0$$

b.

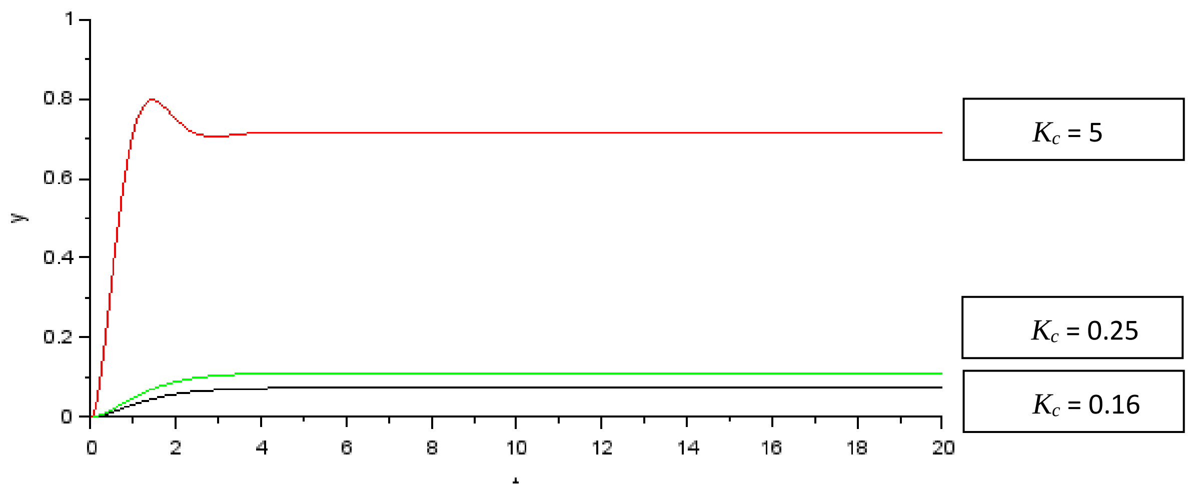
$K_c = 0{,}25$ críticamente amortiguado

$K_c > 0{,}25$ sub amortiguado

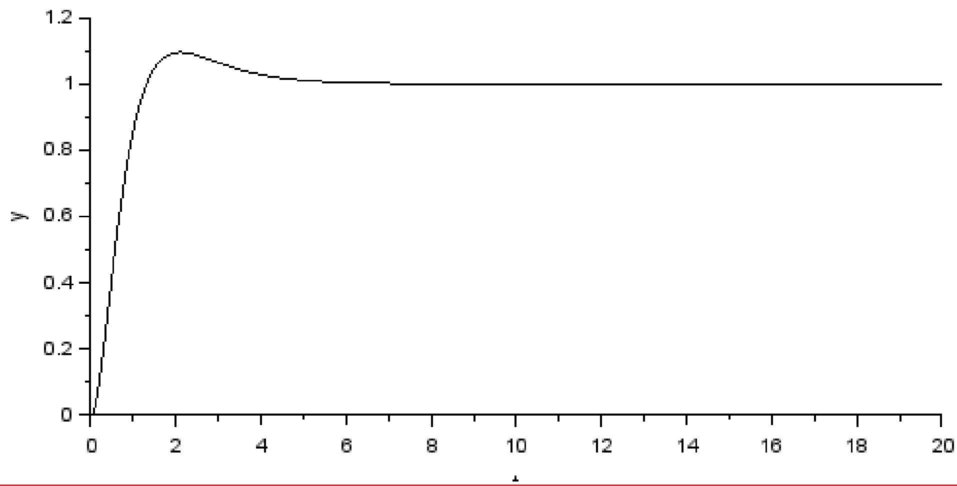
$K_c < 0{,}25$ sobreamortiguado

Si $Kc < -2$ el sistema se vuelve inestable.

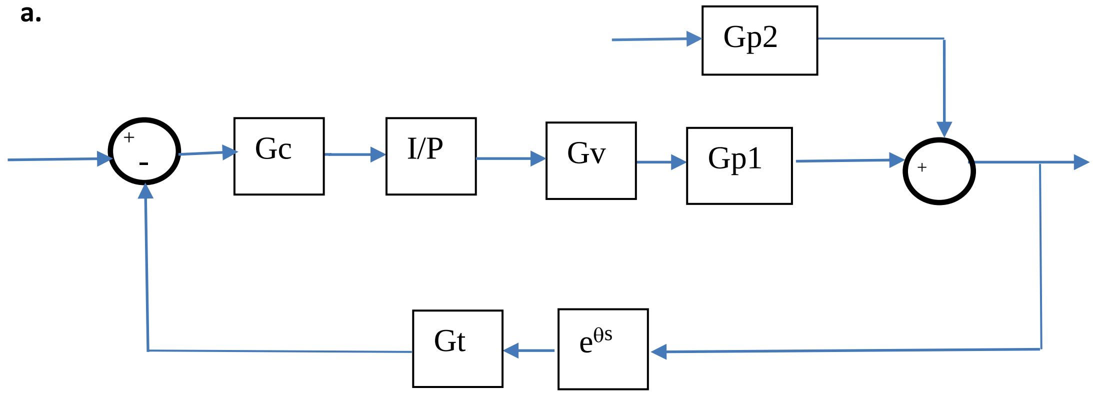
c)



d)



5.2 a.



$$G_{p1}(s) = \frac{93.3\frac{kg.min}{m^6}}{(0.67min)s+1}$$

$$G_{p2}(s) = \frac{0.06}{(0.67min)s+1}$$

Delay producido por el caño: $\theta = 0.21min$

Ganancia del transmitter: $K_t = 0.08\frac{mA}{kg/_{m^3}}$

Ganancia del transductor: $K_{I/P} = 0.75\frac{psig}{mA}$

Ganancia de la válvula: $K_v = \left.\frac{dq_A}{dp_v}\right|_{nom.} = 0.03 * \frac{1}{12} * \ln(20) * 20^{\frac{\overline{p_v}-3}{12}}$

La presión nominal la saco de $\overline{q_A} = 0.17 + 0.03 * 20^{\left(\frac{\overline{p_v}-3}{12}\right)} = 0.5\frac{m^3}{min}$ entonces $\overline{p_v} = 12.6psig$

$$K_v = 0.082\frac{m^3/_{min}}{psig}$$

Si $5\tau_v = 1min$ entonces $\tau_v = 0.2\,min$. Por lo tanto $G_v(s) = \frac{0.082\frac{m^3/_{min}}{psig}}{(0.2min)s+1}$

b. Ecuación característica:

$$1 + K_cK_te^{\theta s}K_{I/P}G_vG_{p1} = 0$$

Condición 1: $0.975 - 0.0482K_C > 0$, $K_c < 20$

Condición 2: $1 + 0.459K_C > 0$, $K_c > -2.2$

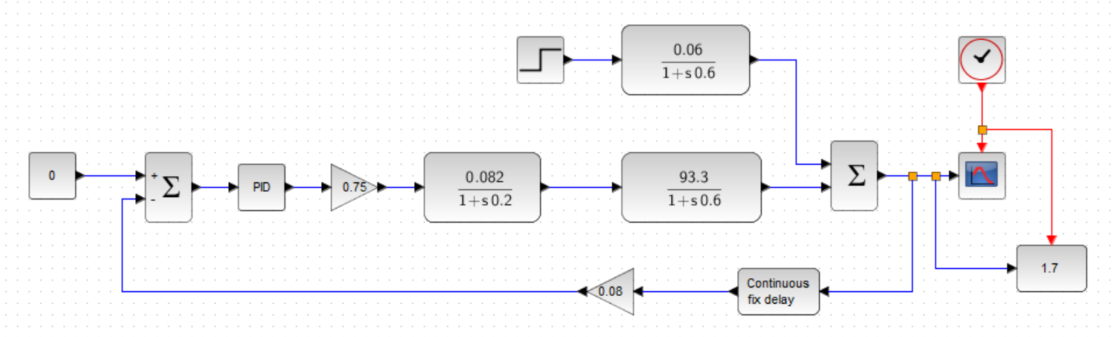
0.014 $\quad 0.975 - 0.0482K_C$

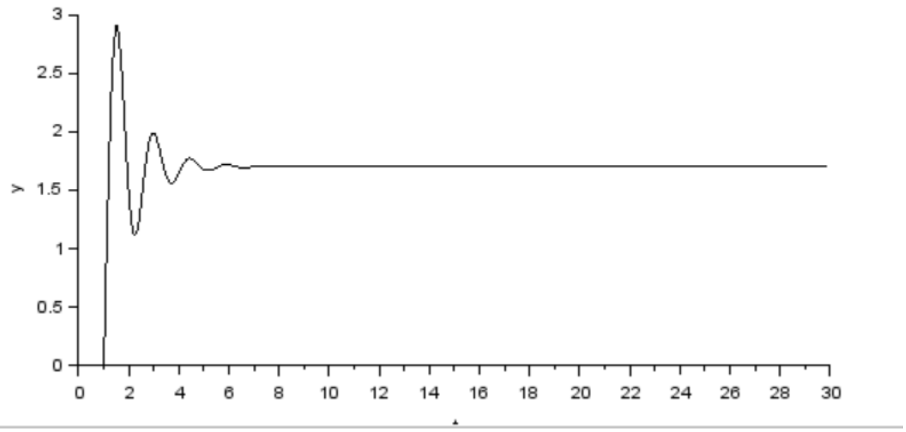
0.224 $\quad 1 + 0.459K_C$

$0.913 - 0.077K_c$

De la última condición surge $K_c < 11.8$, que es más restrictiva que la anterior. En definitiva, un rango aproximado sería $-2 < K_c < 11$

c. Se considera Kc = 5.5

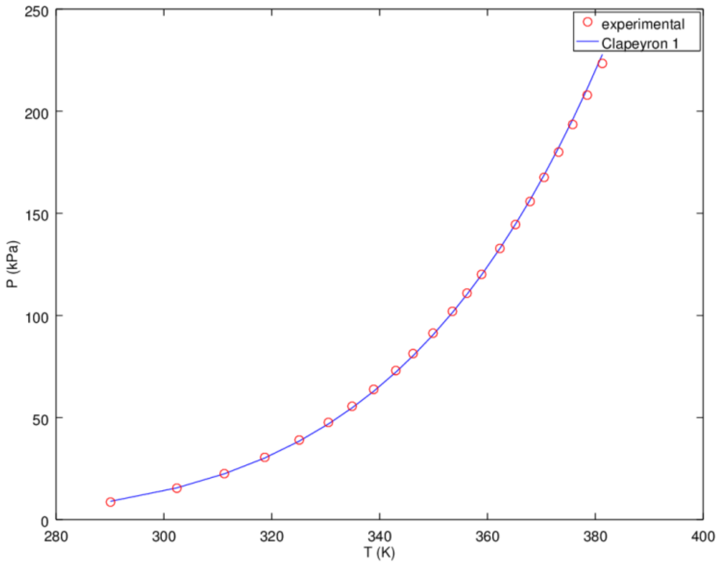


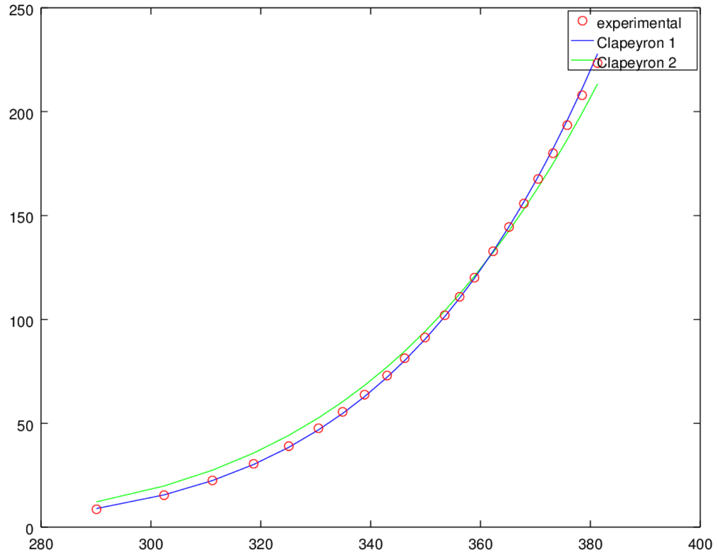


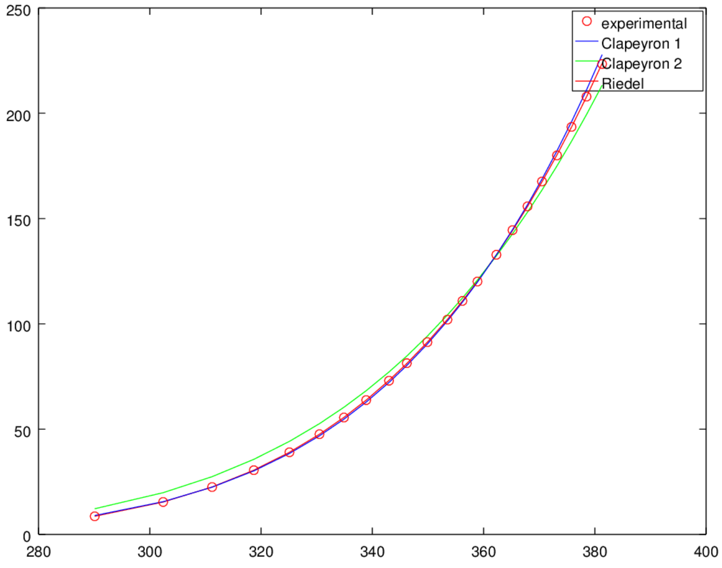
Puede observarse que el offset es = -1.7 kg/m^3.

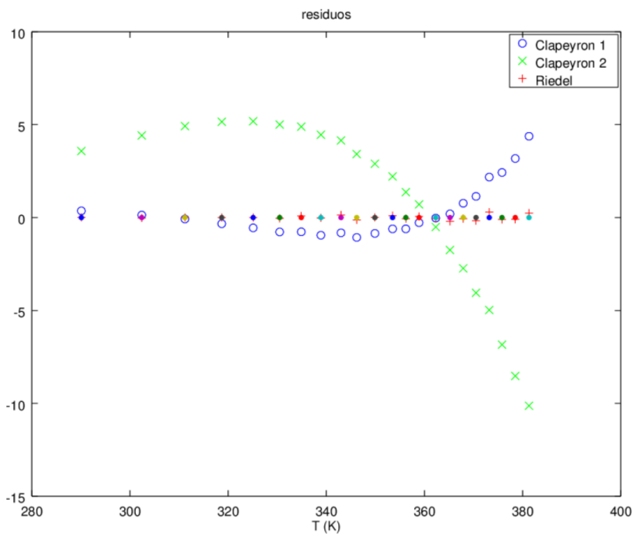
d. $K_t = 0.04 \frac{mA}{kg/_{m^3}}$

5.3


experimental
Clapeyron 1
P (kPa)
T (K)
250
200
150
100
50
0
280
300
320
340
360
380
400

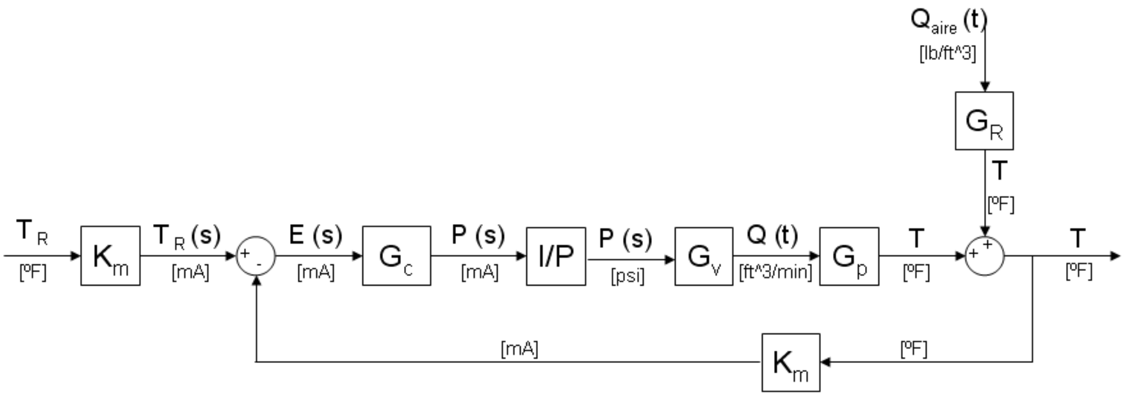

experimental
Clapeyron 1
Clapeyron 2
250
200
150
100
50
0
280
300
320
340
360
380
400


experimental
Clapeyron 1
Clapeyron 2
Riedel
250
200
150
100
50
0
280
300
320
340
360
380
400



5.4

a.



b.

$$G_p = \frac{K_p e^{-\theta s}}{\tau s + 1};$$

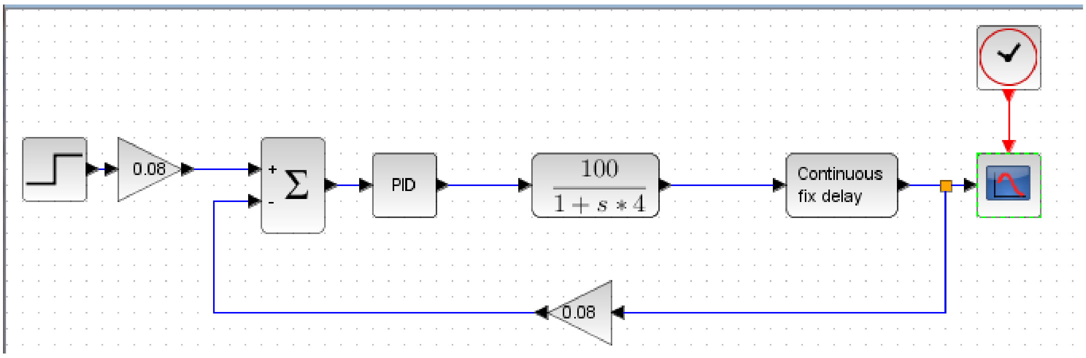
$$\frac{T}{P} = K_{I/P} * K_v * G_p = \frac{100e^{-2s}}{4s + 1}$$

c.

Km = 0,08 mA/ºF

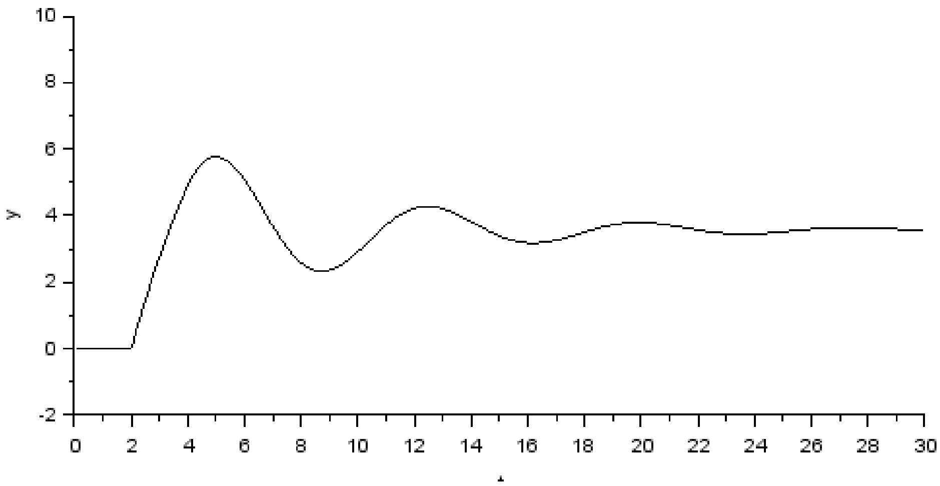
Kcu = 5/8

Pu = 5,13



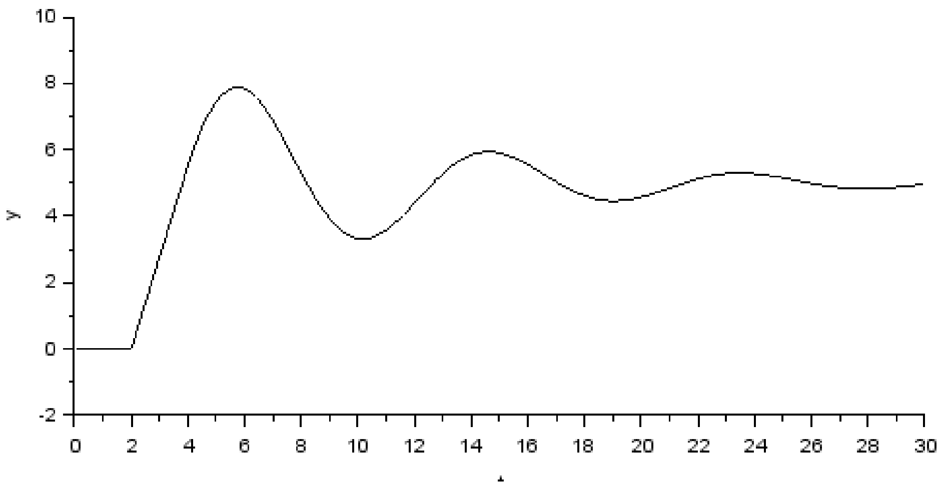
Controlador proporcional para relación de decaimiento ¼

Kc=0,5 Kcu =0,31



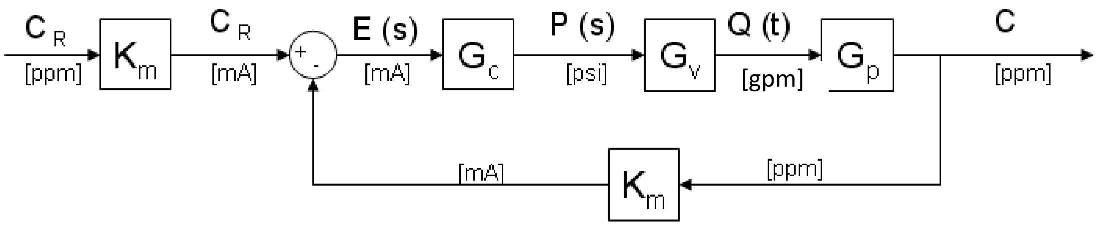
d.

Controlador PI Kc=0,45 Kcu = 0,28   τI = 4,3



5.5

a y b.



Gm = Km = 0,08 mA/ppm

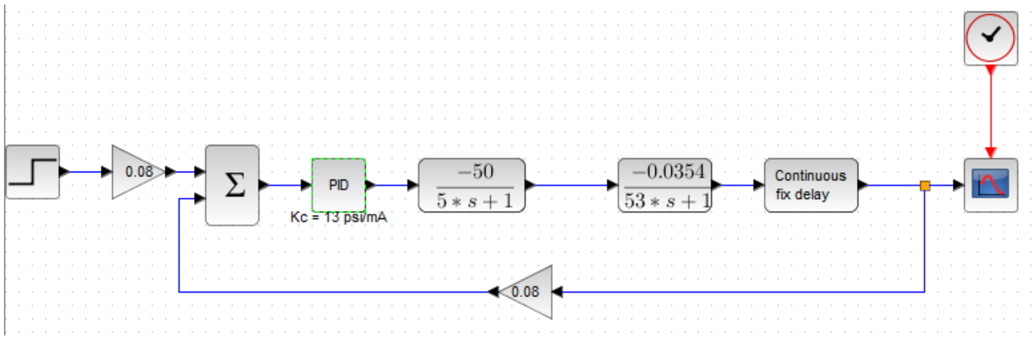
$$Gv = \frac{-50}{5s+1}\ gpm/psi$$

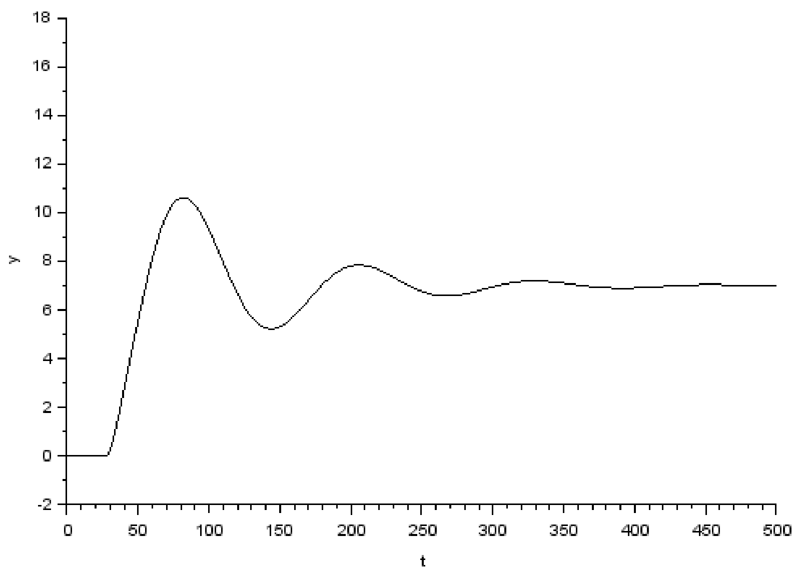
$$Gp = \frac{C}{Q} = \frac{-0{,}0354e^{-29s}}{53s+1}\text{ppm/gpm}$$

c.

Para controlador proporcional con razón de asentamiento de ¼ K_c = 0,5 K_{cu} = 27 psi/mA (aprox)

Respuesta a cambio en set point a 60 ppm:

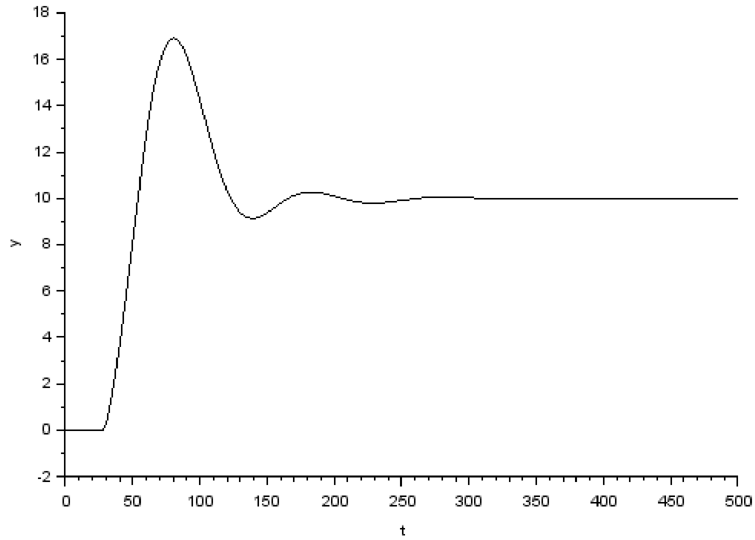




d.

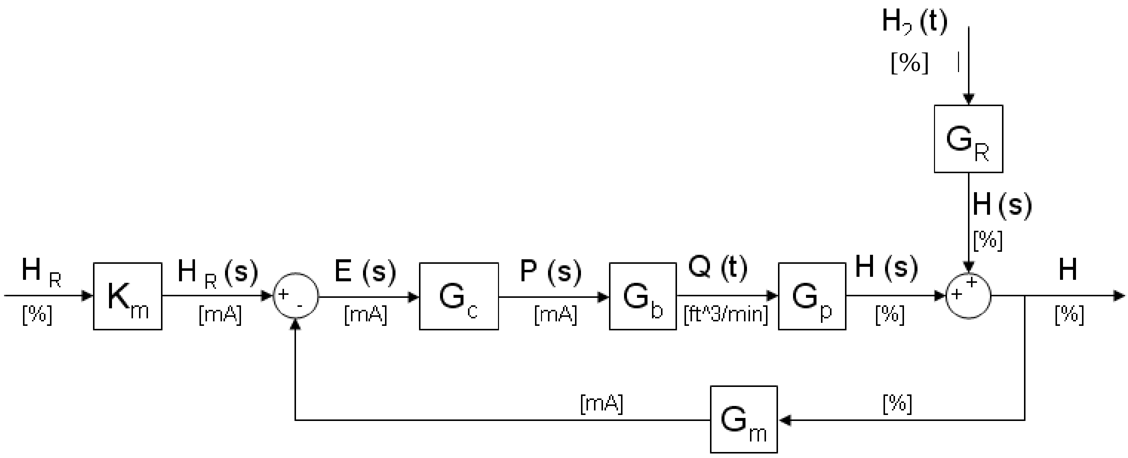
Controlador PID con asentamiento ¼

K_c= 0.6 K_{cu} = 16 psi/mA, τ_I = 48s, τ_D= 12s



5.6

a.



b.
G_m=K_m =16/35 mA/%

De la segunda tabla, se puede aproximar K_R=1. Con los datos se realiza la estimación de G_R como de primer orden con tiempo muerto.
La función de transferencia nos queda $G_R = \frac{e^{2.3\,s}}{7.1\,s+1}$

Por otra parte, con la segunda tabla, suponiendo funciones de primer orden para Gp.

$$Gb * Gp = K_b\left(\frac{K_p}{\tau_p s + 1}\right)e^{-\theta s}$$

De los datos se puede aproximar: K= Kb*Kp = (67-75)%/2mA = -4%/mA

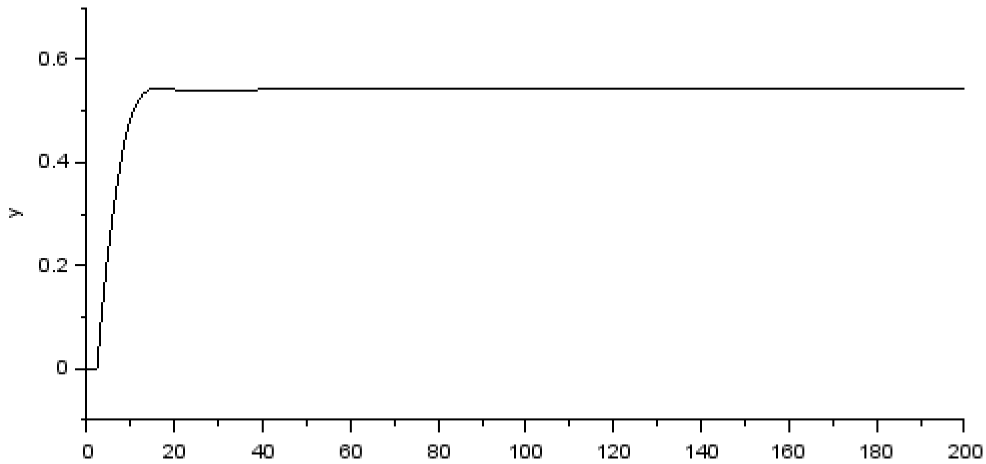
Realizando la estimación de los parámetros se obtiene: θ = 5,7 min, τ_p =6,25 min

Utilizando aproximación de Padé de primer orden, tiene que cumplirse -1,75 < K_c < 0,546

c.

Usando IAE para carga:

K_c = - 0,21

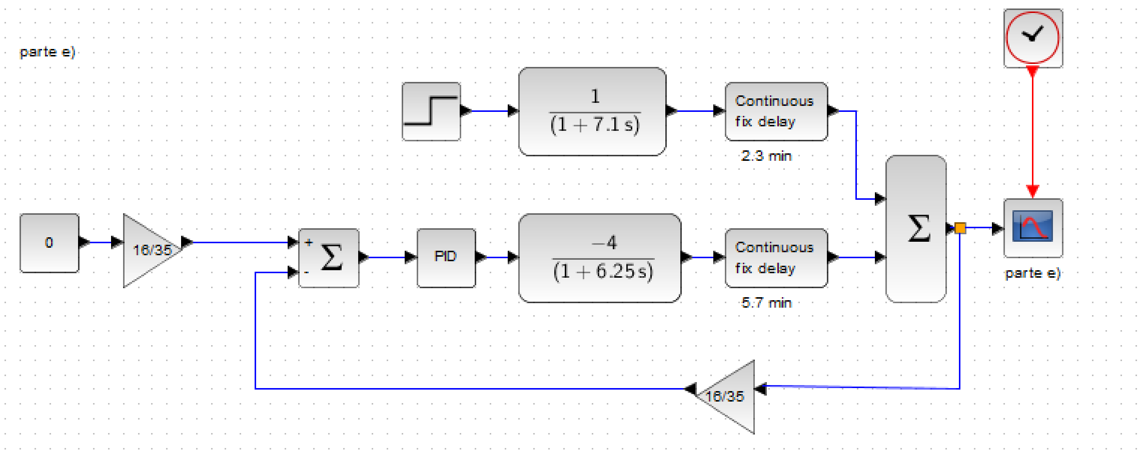


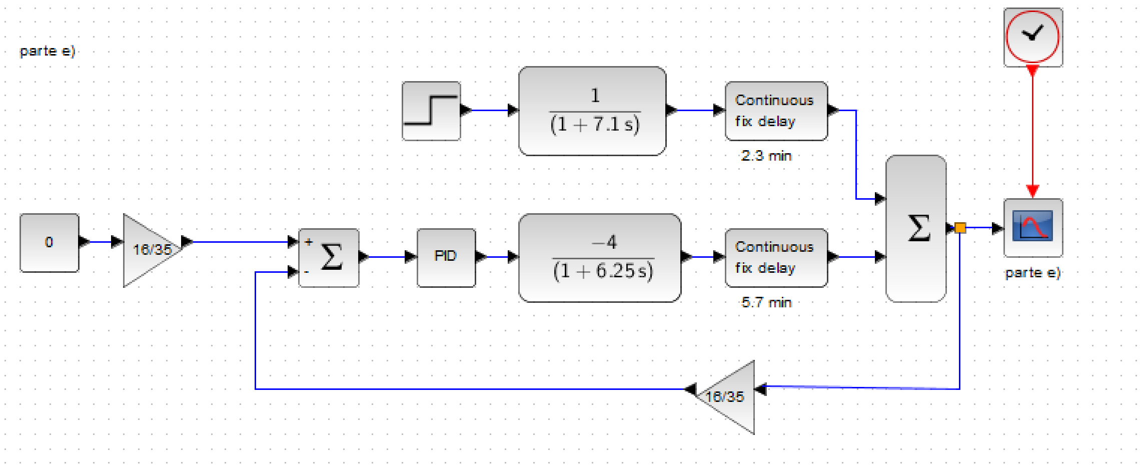
d y e.

Razón de amortiguamiento de un cuarto, controlador PI

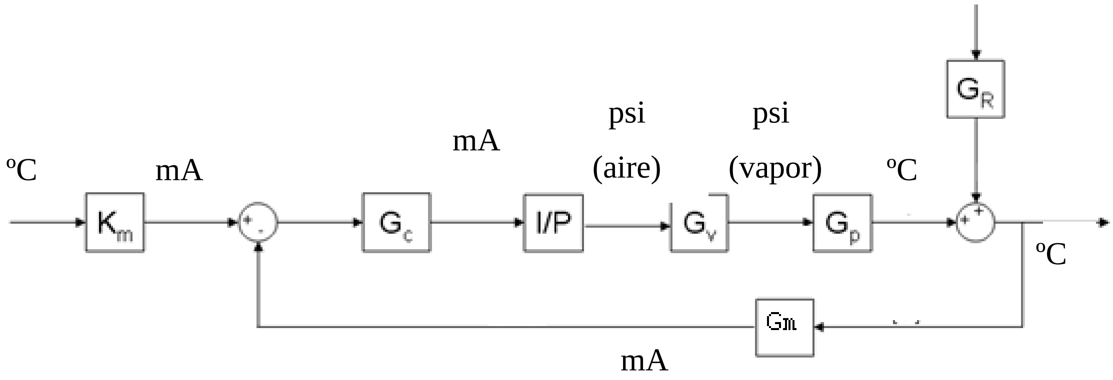
Kc = 0,45 Kcu = - 0,79

τ_I= Pu/1.2 = 14,8 min





5.7 Una corriente de proceso se calienta usando un intercambiador de camisa y tubos. La



a) Síntesis directa -

Podemos probar el ajuste de una función de transferencia de segundo orden con tiempo muerto: $G(s) = \frac{2{,}65e^{-1{,}09s}}{(2{,}17s+1)(2{,}17s+1)}$mA/psig

El ajuste es mucho mejor.

Para síntesis directa, resulta un controlador PID con

$Kc = 0{,}93$ mA/mA tomando p.ej. $\tau_c = 1.5$

$\tau_I = 4{,}34$ min

$\tau_D = 1{,}1$ min

ii. Cohen-Coon

Este método está pensado para procesos de primer orden con tiempo muerto.

$G(s) = \frac{2{,}74e^{-2{,}26s}}{3{,}65s+1}$mA/psi

PID por Cohen-Coon

$K_c = 0{,}35$

$\tau_i = 4{,}5$ min

$\tau_D = 0{,}73\ min$

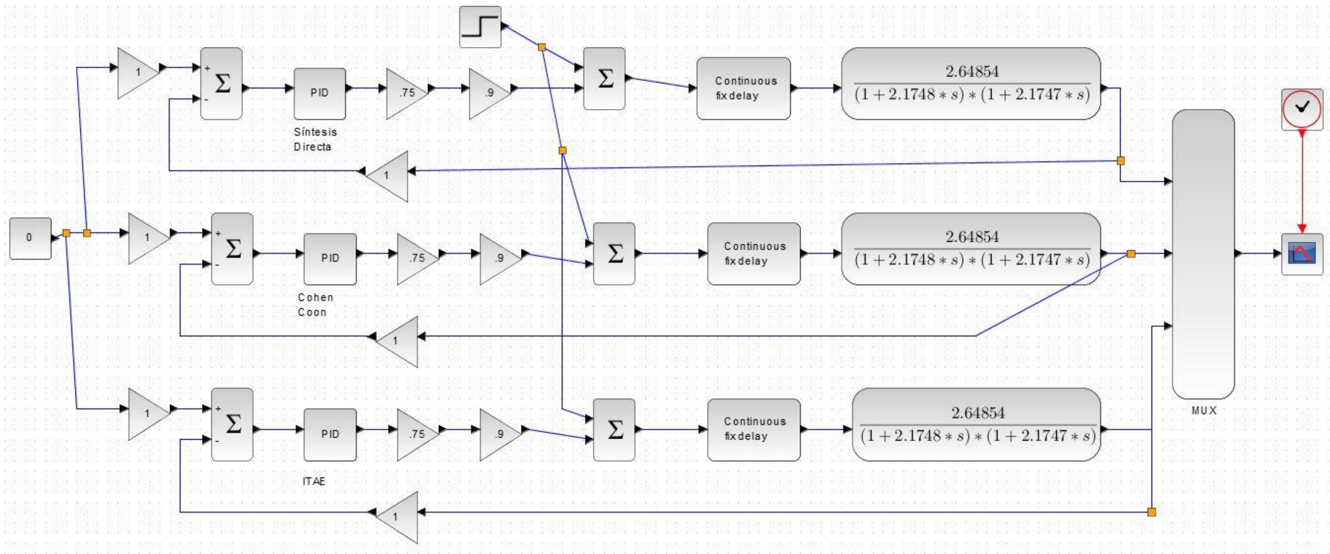
iii. ITAE

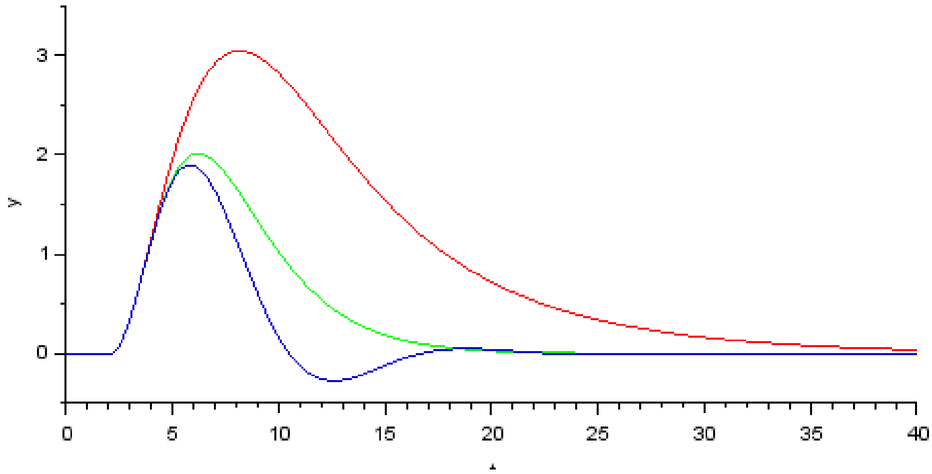
Usando los valores de A y B de la tabla para PID carga, obtengo

$K_c = 1{,}15$

$\tau_I = 3{,}02\ min$

$\tau_D = 0{,}86\ min$





rojo (SD), verde (CC), azul (ITAE)

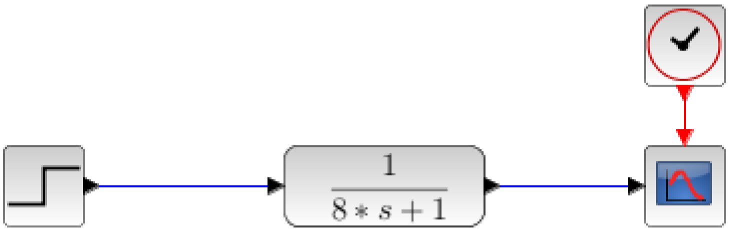
5.8 Considere un tanque calefactor completamente agitado con un controlador PI que controla la temperatura del tanque ajustando el calor intercambiado mediante una

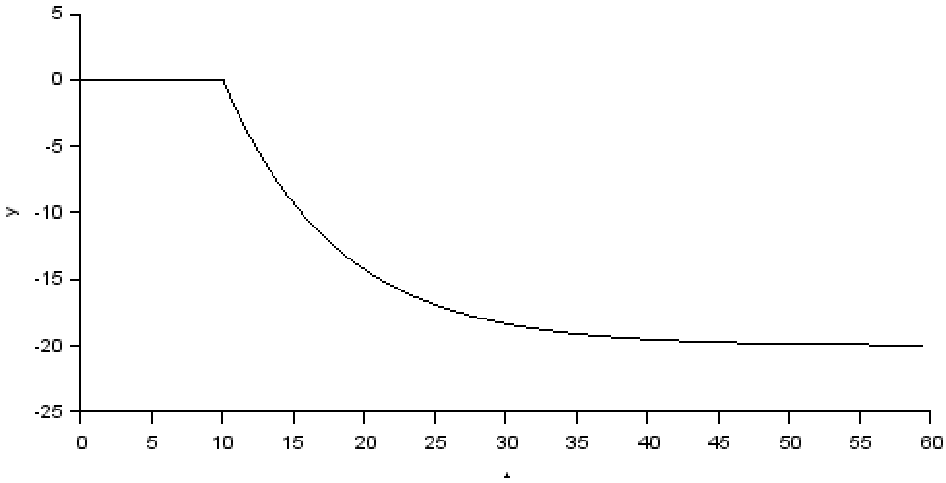
a)

$$T(s) = \frac{K_1}{\tau s + 1} T_{in}(s) + \frac{K_2}{\tau s + 1} Q(s)$$

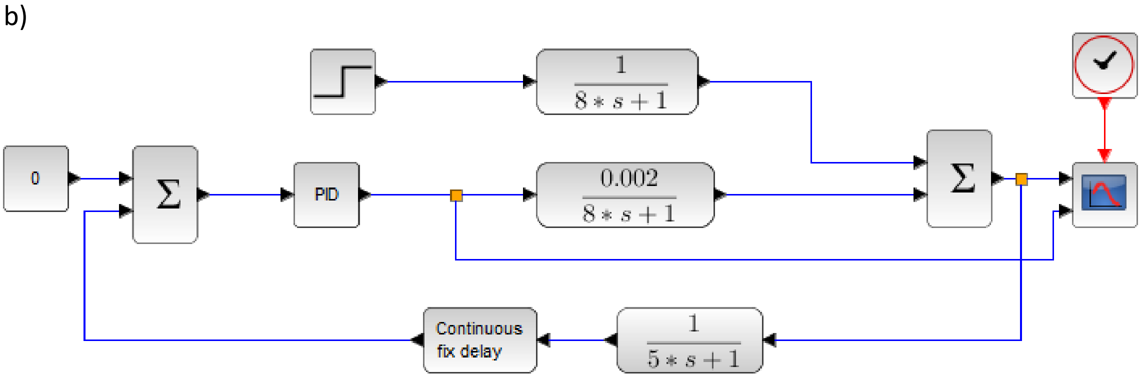
Con $\tau = 8min$ $\quad K_1 = 1 \quad K_2 = 0{,}002 min ºC/kJ$

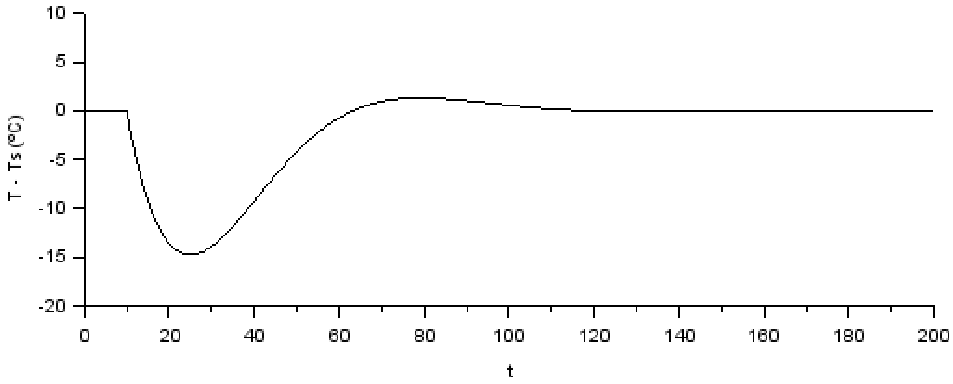
$$G_m(s) = \frac{e^{-s}}{5s + 1}$$

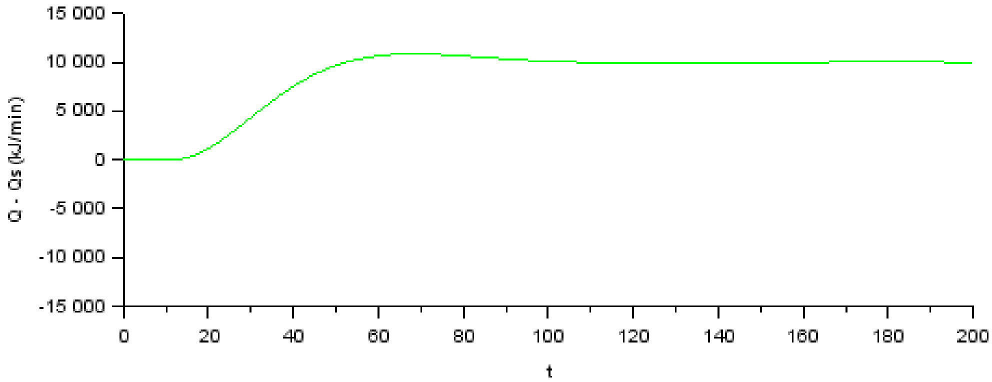




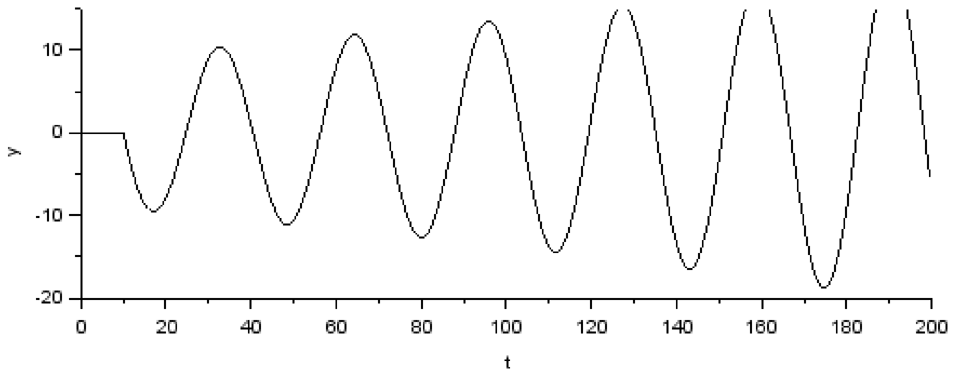
b)

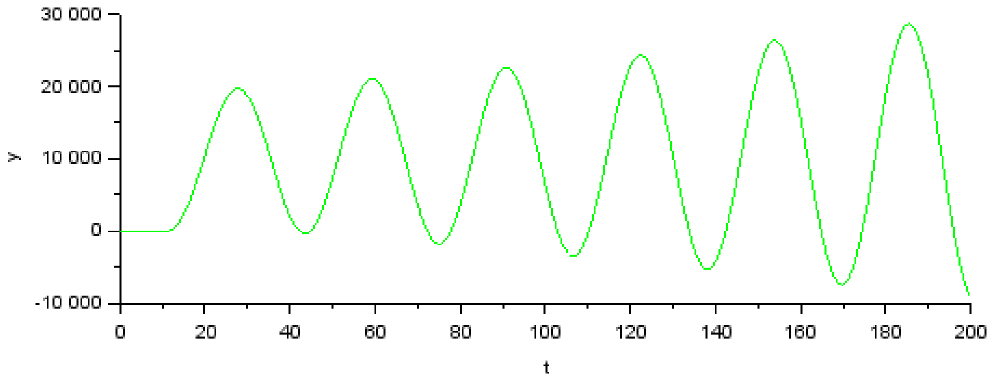






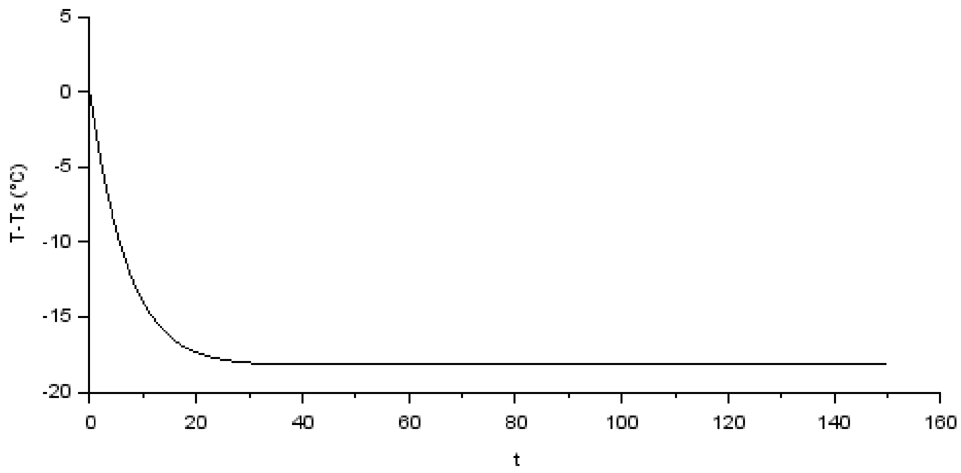
c)

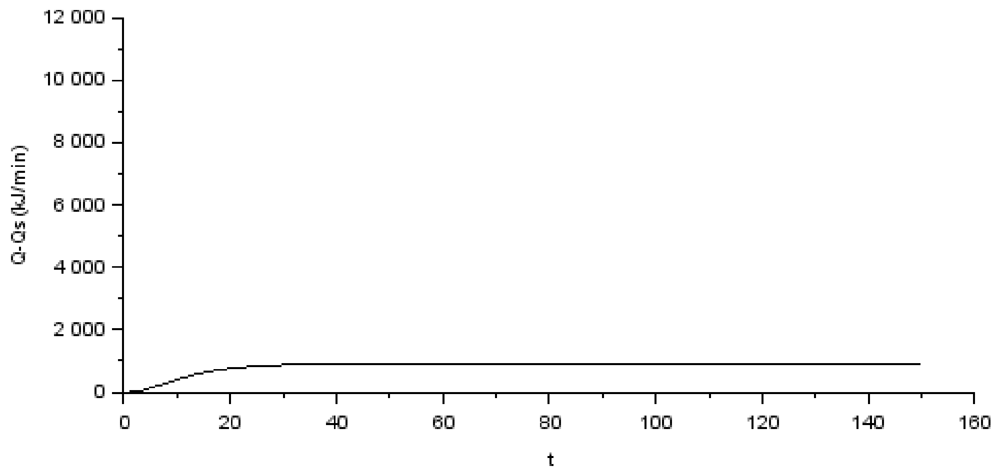




No se estabiliza.

d)

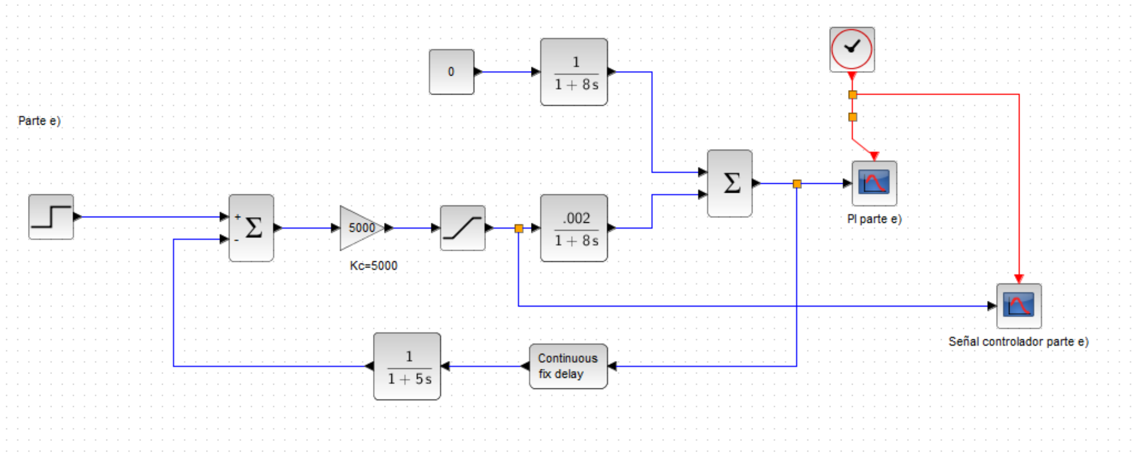


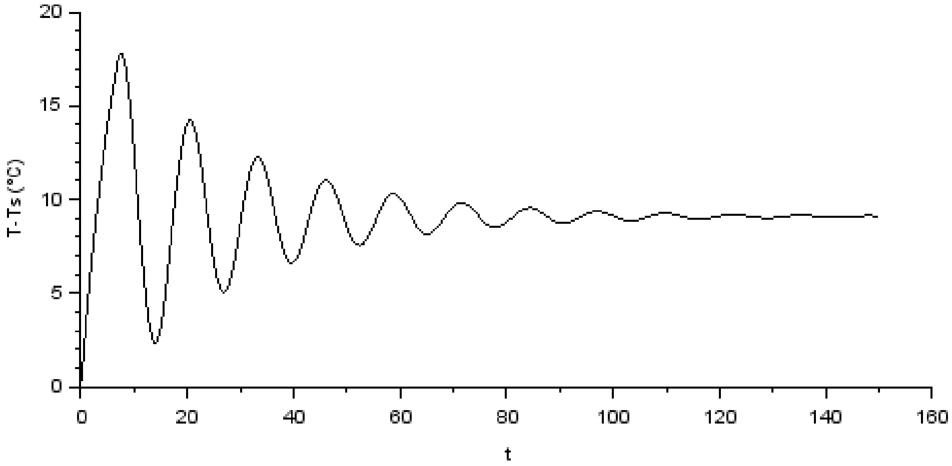


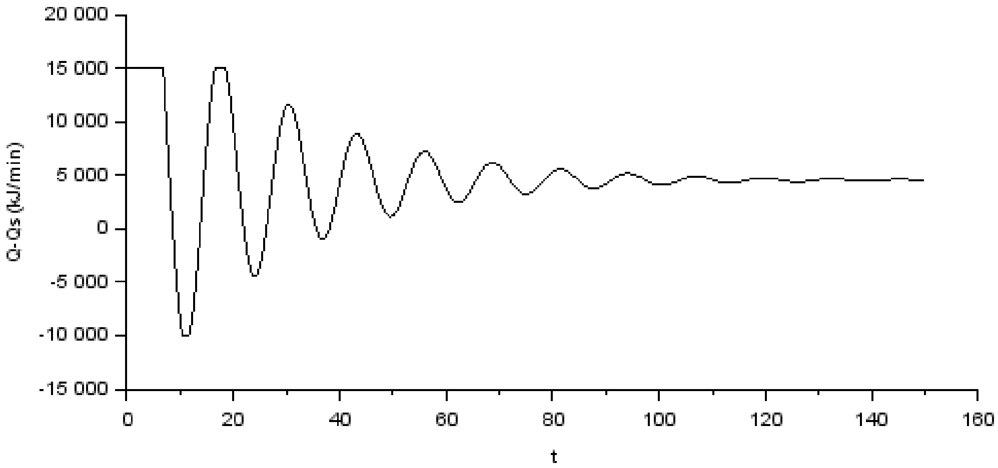
Se estabiliza con off set

e) En estado estacionario: $Q_s = 10000\ \mathrm{kJ/min}$

Entonces variamos entre 0 y 25000 kJ/min, o en variables desviación entre -10000 y +15000.



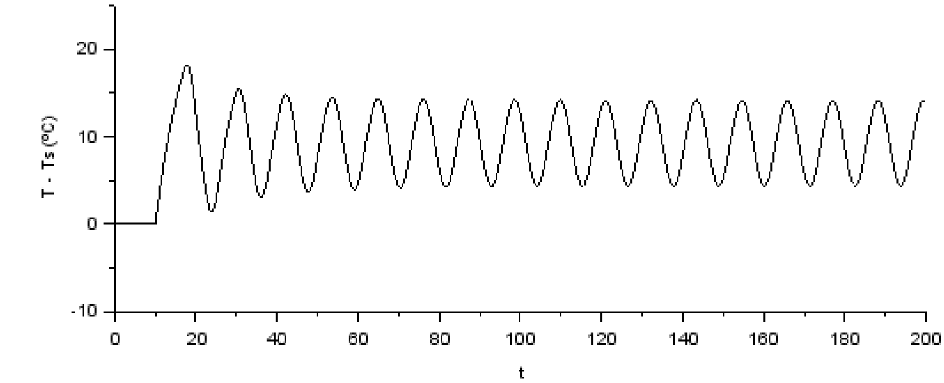


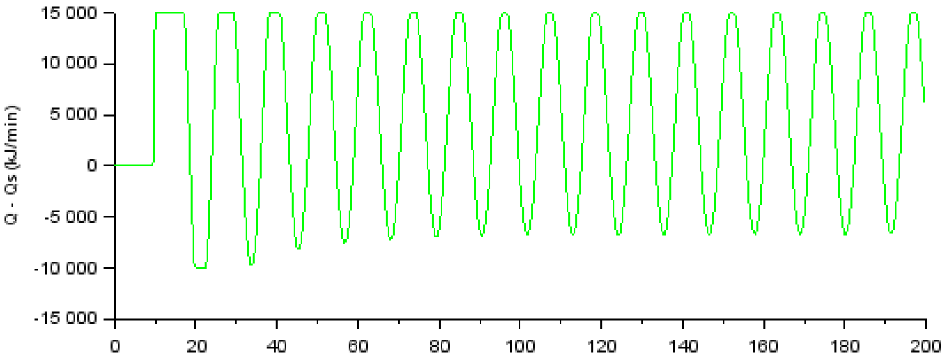


f)

P_u = 11 min

K_{cu} = 7000 kJ/min.ºC

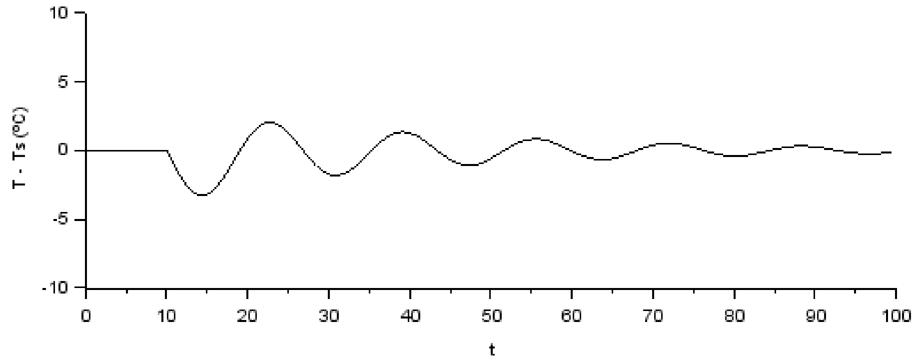


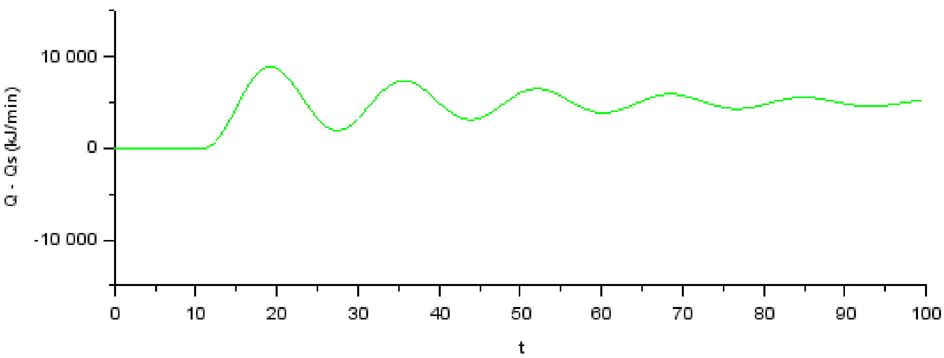


g) Ziegler-Nichols PI

K_c = 3150 kJ/minºC

τ_I = 9,2 min

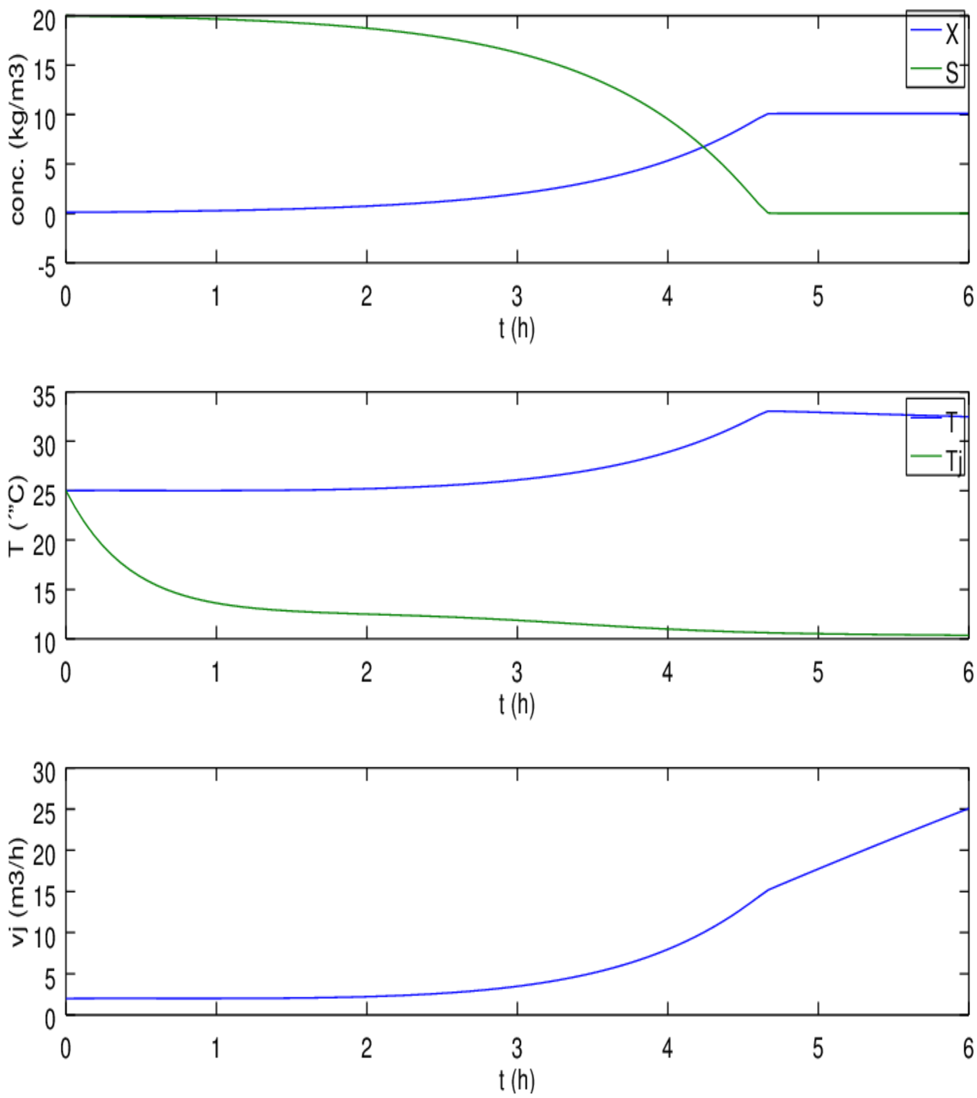




5.9 Considere un fermentador (batch) con una camisa para refrigeración en el que los

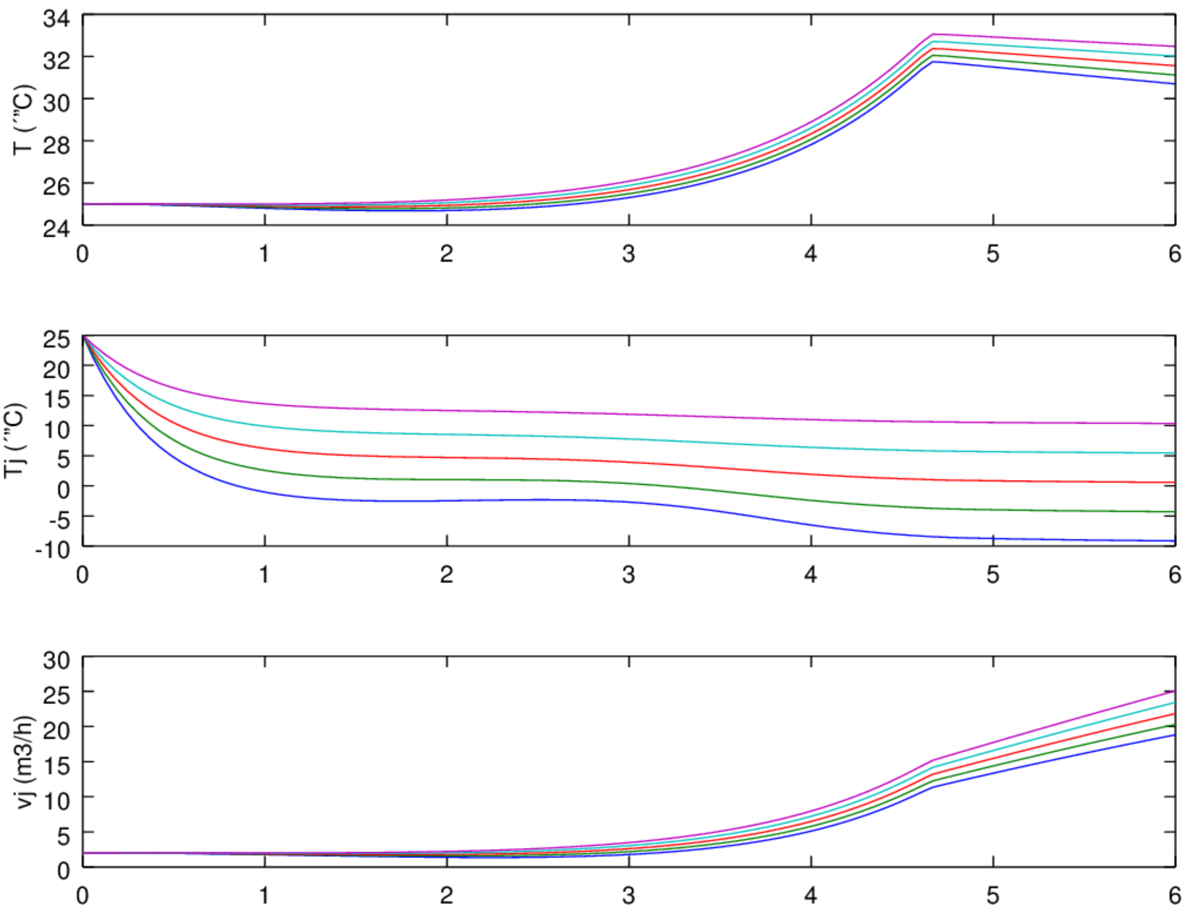
a) Llega a 0,1 kg/m^3 a los 276 minutos.

b)



Puede observarse que aunque el caudal se incrementa notoriamente no hay capacidad para controlar el sistema en el último tramo; de hecho la temperatura de la camisa es en ambos casos prácticamente la misma (alrededor de los 12 ºC). Como el problema se suscita en el último tramo, cuando ya la temperatura de la camisa bajó, resulta claro que la temperatura de partida no es relevante.

Probando con diferentes temperaturas de fluido refrigerante (-10, -5, 0, 5 y 10ºC) no se observa tampoco gran incidencia:



T (°C)
Tj (°C)
vj (m3/h)