PARCIAL APLICADO DE SEGUNDO CORTE.

Prof. José Antonio Tumialan Borja.

Leonardo Fabio Fernandez Diaz. / 45161174

Universidad de La Salle Bogotá D.C.

A) Diseñar una estrategia de control teniendo en cuenta todas las características de proceso.

- Planta del sistema: (Temperatura de salida / Presión de vapor)

$$Gp = \frac{9 * e^{-20s}}{1 + 40 * s}$$

- Válvula del sistema:

$$V = \frac{0.1 * e^{-s}}{3 * s + 1}$$

- Planta total:

$$Gp * V = \frac{0.9 * e^{-21*s}}{120 * s^2 + 43 * s + 1}$$

- La estrategia de control consiste en un controlador PI con estructura Smith y modelo predictivo.
  El controlador PI se diseña para la planta sin tiempo muerto por medio del lugar geométrico de las raíces, asignando unas condiciones de diseño y revisando la condición de angulo, donde el controlador es:

$$PI = \frac{Kp * (s + a)}{s}$$

  Donde:
  Kp es la ganancia proporcional.
  a es el cero del controlador dado por la relación: Ki/Kp.

- Criterios de diseño:

Tiempo de establecimiento: $tss = 105\ segundos$.

Porcentaje de overshoot: $\%Ov = 7\ \%$.

$$Z = \frac{|\ln{(\%ov/100)}|}{\sqrt{\pi^2 + (\ln{(\%ov/100)})^2}} = \mathbf{0.6461}$$

$$Wn = \frac{3}{Z * tss} = \mathbf{0.0442}$$

Donde:

Z es el coeficiente de amortiguamiento.

Wn la frecuencia del sistema.

Entonces, la ubicación de los polos de diseño es:

$$Pd = -Z * Wn \ \pm Wn * \sqrt{1 - Z^2}$$

$$Pd = \ -0.0286 \ \pm i * 0.0338$$

Ahora se comprueba si el polo de diseño pertenece al LGR del sistema:

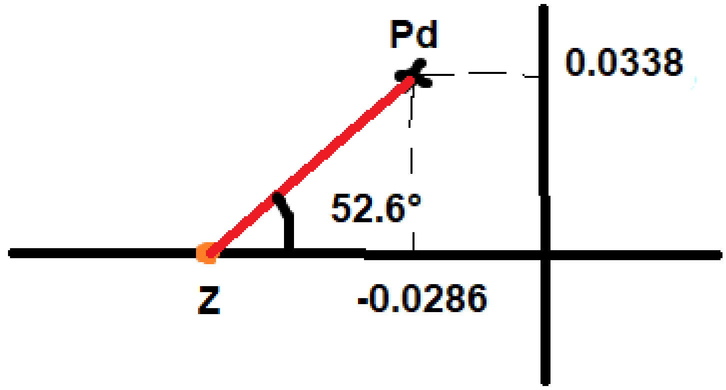
$$Ang\left(Gp * \left(\frac{1}{s}\right)\right) = \left|\left(\frac{0.9}{120 * s^2 + 43 * s + 1}\right) * \left(\frac{1}{s}\right)\right| \ s = -0.0286 + i * 0.0338$$

$$Ang = 127.3932°$$

Como se observa el angulo que aporta el polo de diseño no pertenece al LGR del sistema, ya que no es un múltiplo de 180°. Por ello, toca agregar una compensación con cero. El angulo de compensación del cero de diseño será:

$$Ang(Z) = \ 180° - 128.76° = \mathbf{52.606°}$$

Sabiendo el ángulo que aporta el cero, se calcula su magnitud teniendo en cuenta el polo de diseño y el LGR, asi:



$$Z = \frac{0.8186}{\tan{(51.24°)}} = \mathbf{0.0258}$$

Ahora se calcula la ganancia **Kp** del controlador **Pi:**

$$\left|Kp * Gp * \left(\frac{s+Z}{s}\right)\right| = 1$$

$$Kp = \frac{1}{\left|Gp * \left(\frac{s+Z}{s}\right)\right|}$$

En la ecuación de Kp se debe evaluar el polo de diseño para relacionarlo con la ganancia proporcional: $S = -0.0286 + i * 0.0338$

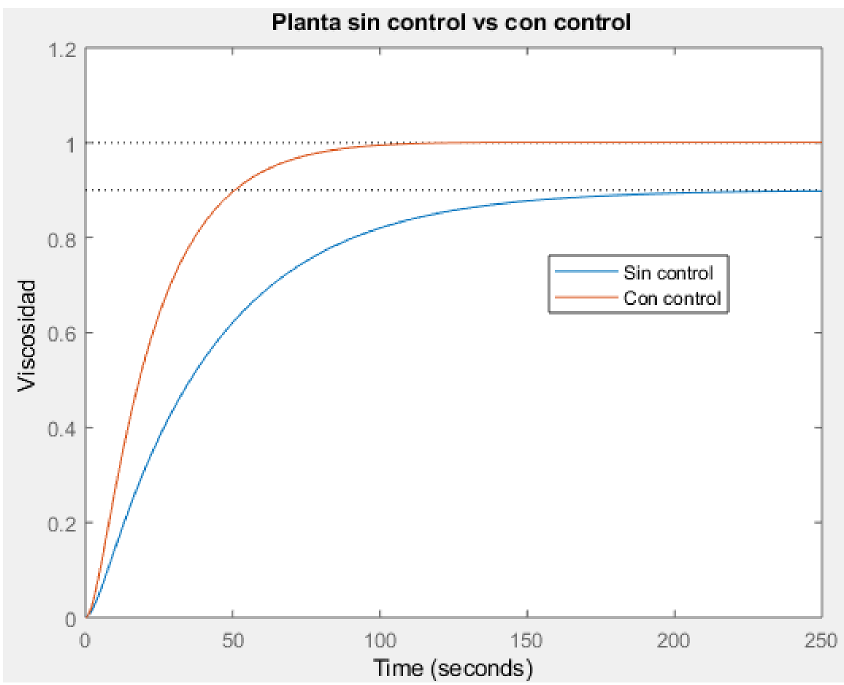
$$Kp = \frac{1}{\left|\left(\frac{0.9}{120 * s^2 + 43 * s + 1}\right) * \left(\frac{s + 0.6573}{s}\right)\right|} = \mathbf{1.8120}$$

Entonces, el controlador Pi, es el siguiente:

$$PI = \frac{Kp * s + Ki}{s} = \frac{Kp(s + \frac{Ki}{Kp})}{s} = \frac{Kp\ (s + \boldsymbol{Z})}{s}$$

$$PI = \frac{1.8120(s + 0.0258)}{s}$$

Resultado:



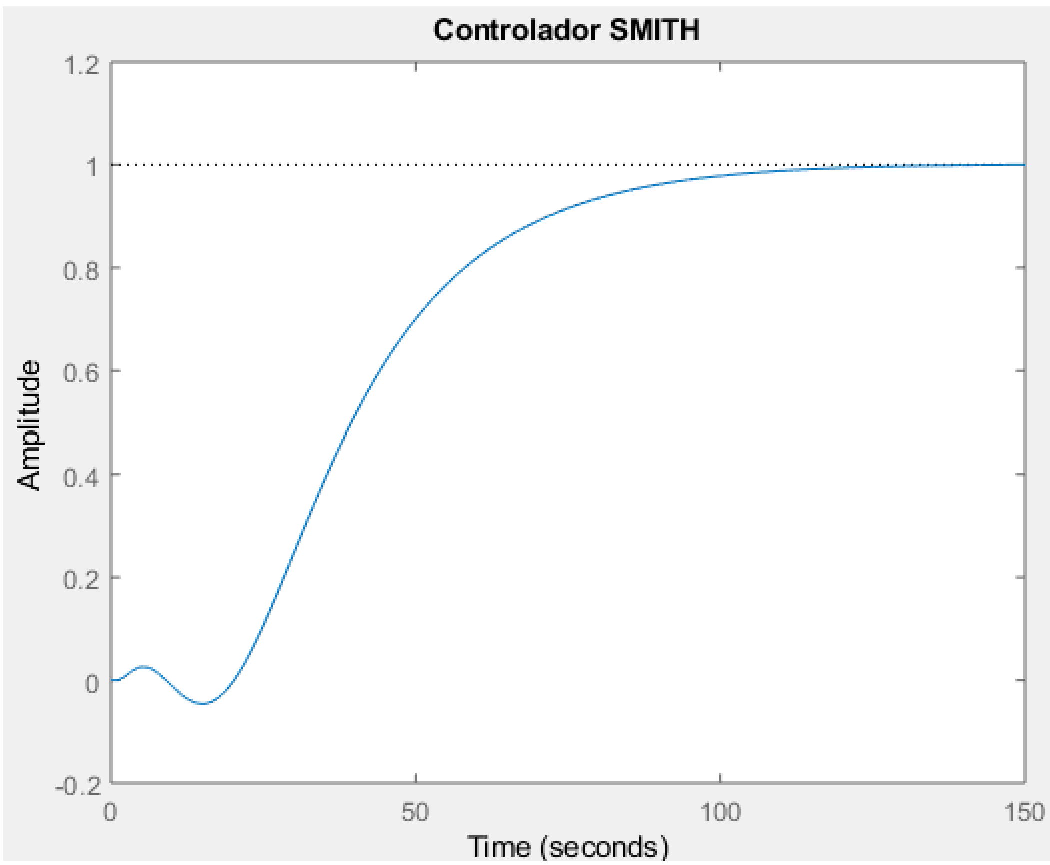
Vale la pena resaltar que el tiempo de establecimiento es de 105 segundos por ser un proceso de temperatura.

B) Diseñar los controladores o estrategia necesarios para compensar las perturbaciones:

- SMITH:

```
Gr = pade(Greal,2);
CL = feedback(Cs,Vsl)
Ceq = feedback(CL,-Gr)

figure
step(feedback((Ceq*Gr),1))
% hold on
% step(-(Gper*0.3),3)
title('Controlador SMITH')
```



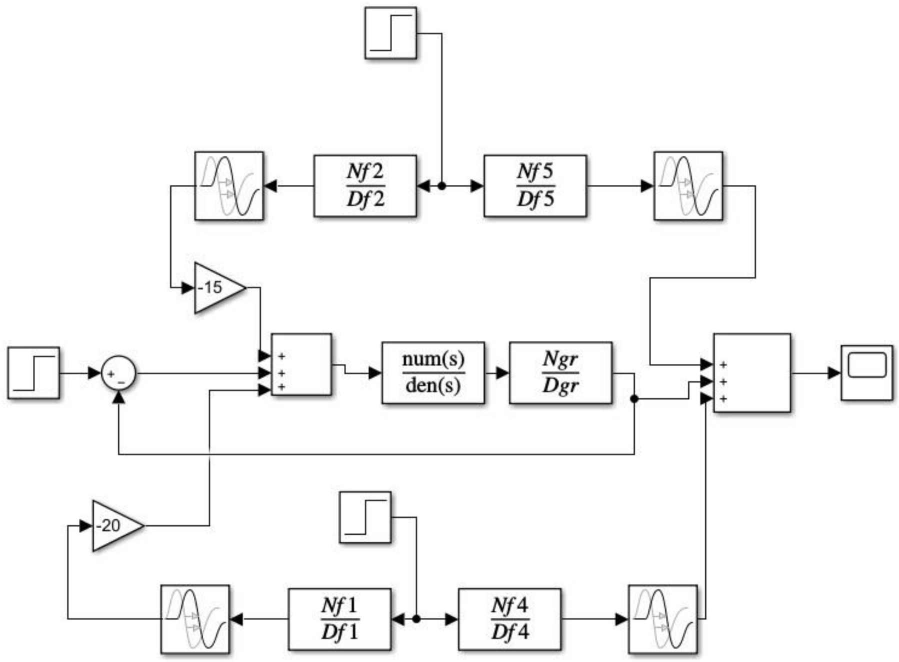
- Controlador anticipativo para perturbaciones:

Perturbaciones:

$$G_2(s) = \frac{20\, e^{-3s}}{1+30s} \; ; \quad G_3(s) = \frac{e^{-20s}}{1+60s} \; ;$$

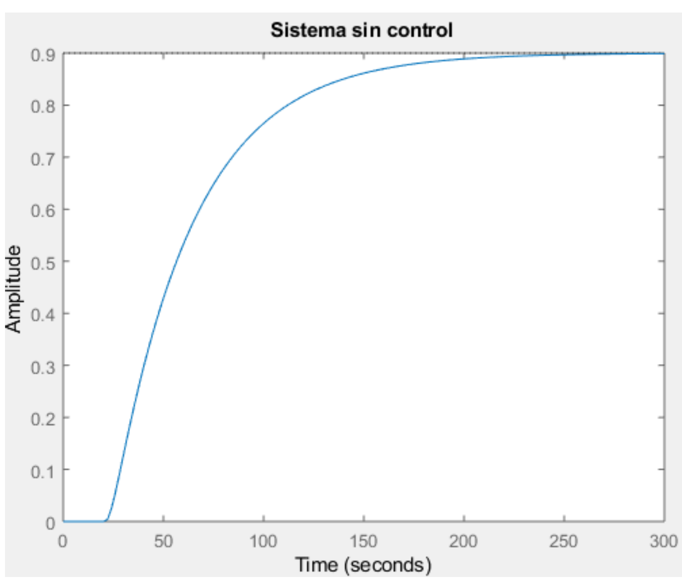
Controlador para las perturbaciones:

```
Gff1=-((20+40*s)/(9+30*s)) %-3
Gff2 = -((1+40*s)/(9+60*s)) %-20
```

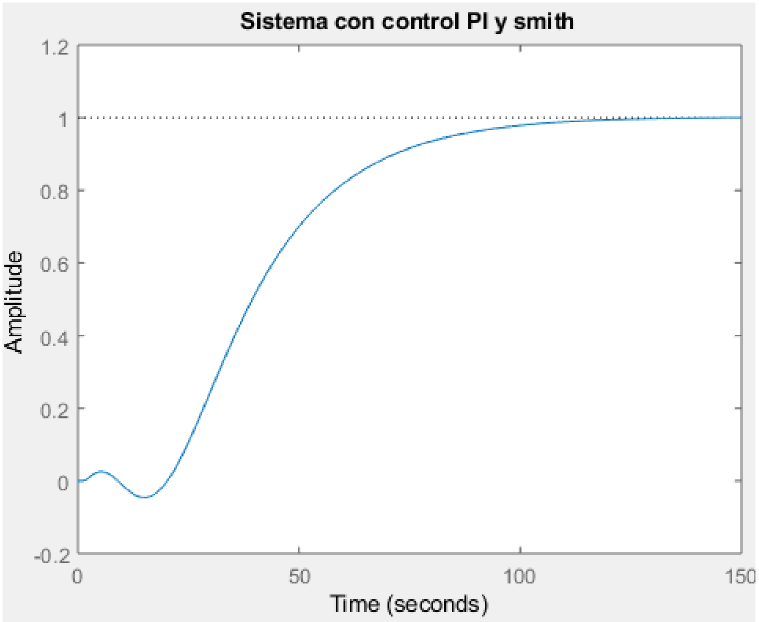


C) Comparar las respuestas, sin control, con control, y con estrategia de control para perturbación.

Señal sin control:

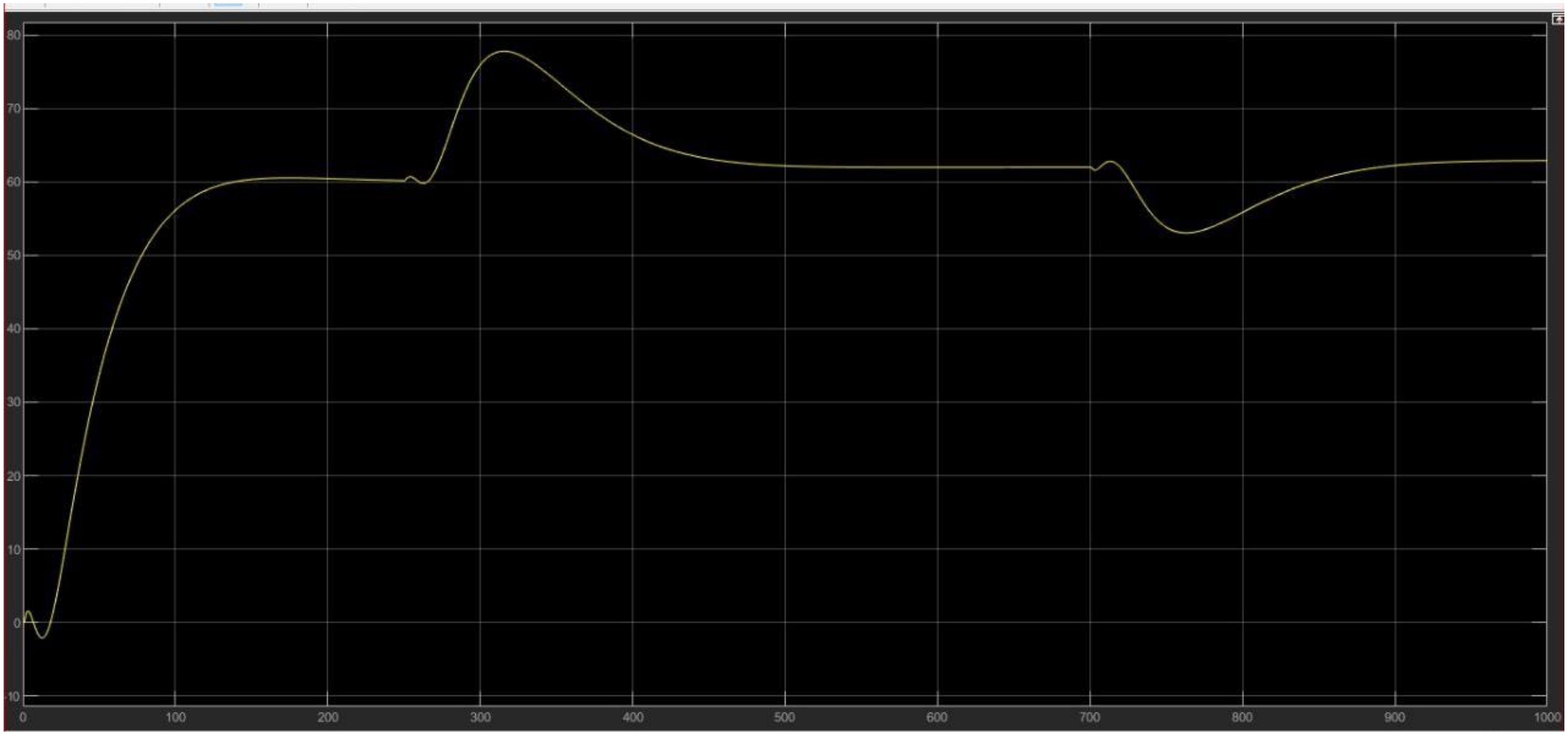


Señal con control:



Se observa que el sistema sin control tiene un error en estado estacionario del **10%** ubicándose en 0.9 para un step unitario, pero al aplicar el control PI con estructura Smith, se logra tener un error estacionario de **0%**, para un tiempo de establecimiento de **130 segundos** y sin Overshoot por lo que se establece suavemente.

- **Control de perturbaciones:**



Como se observa, el controlador anticipativo logra estabilizar en la referencia, que en este caso es **60**, luego en 280 segundos se mete la primera perturbación que logra excitar el sistema, pero vuelve a la referencia de **60,** luego en **700 segundo** se mete la segunda perturbación, pero el sistema vuelve a su referencia. Una perturbación es positiva y otra negativa debido a la forma de sus funciones de transferencia.