PARCIAL TEÓRICO SEGUNDO CORTE.

Leonardo Fabio Fernandez Diaz / 45161174

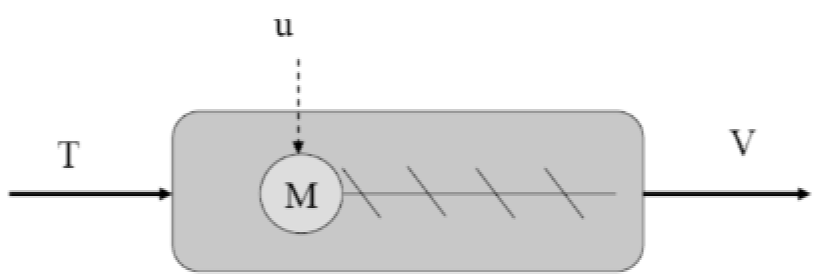
Automatización de procesos.

Universidad de la Salle.

Bogotá D.C.

2020.

1. Diseñar un controlador de la viscosidad de salida con el criterio de obtener una respuesta ante cambios de temperatura en salto sin error estacionario y que minimice los errores grandes en el punto de trabajo antes indicado.




$$V(s) = \frac{10e^{-0.5s}}{5s+6}U(s) - \frac{5}{5s+6}T(s)$$

**a)** (2.0) Diseñar el controlador por el método lugar geométrico de las raíces. Todos los cálculos tienen que estar explicados y comentados (Tomar foto y anexar a un archivo PDF)

Se opto por un control PI diseñado por lugar geométrico de las raíces, donde su expresión es la siguiente:

$$PI = Kp + \frac{Ki}{s} = \frac{Kp * s + Ki}{s} = \frac{Kp\left(s + \frac{Ki}{Kp}\right)}{s} = \frac{\boldsymbol{Kp(s+a)}}{\boldsymbol{s}}$$

Como se observa el controlador consiste en un polo en cero, una ganancia proporcional y un cero ubicado en Ki/Kp. Así que la tarea, es calcular Kp y el cero (**a**) por medio de LGR. Ademas, Como se en el siguiente punto, se desea diseñar un controlador Smith, se debe realizar el PI para la planta sin tiempo muerto, ya que después se tendrá en consideración este dato.

$$V(s) = \frac{10 \cdot e^{-(0.5)s}}{(5.s+6)}$$

- Se desea hacer un smith, asi que se toma sin tiempo muerto:

$$V_1(s) = \frac{10}{(5.s+6)} \quad ; \quad C = \frac{1}{s}$$

→ Criterios de diseño:

$T_{ss} = 3$ segundos.

$\%OV = 10\%$.

$$\xi = \frac{|Ln(\frac{OV}{100})|}{\sqrt{\pi^2 + (Ln(OV/100))^2}} = 0.5912$$

$$W_n = \frac{4}{\xi \cdot T_{ss}} = \frac{4}{(0.517)(3)} = 1.6916$$

$$P_d = -\xi . W_n \pm j W_n . \sqrt{1-\xi^2}$$

$$\underline{P_d = -1 \pm 1.3644}$$

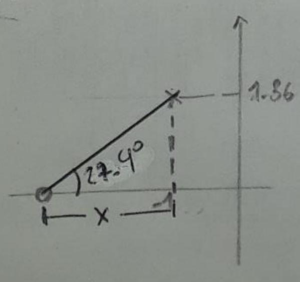
→ Comprobar que Pd pertenece al LGR:

$$V_1(s) . C = \frac{10}{(5.s+6)} \cdot \frac{1}{s} \Big|_{pd} = \frac{10}{(5.s+6).s} \Big|_{-1 \pm 1.3644}$$

$$= 152.1° \longrightarrow \text{No es multiplo de } 180°$$

→ Entonces, sumar:

$180° - 152.1° = 27.9°$ (adelanto)




$$\tan\theta = \frac{1.3644}{x}$$

$$x = \frac{1.3644}{\tan(27.9°)} = 2.577$$

Entonces:

$$C(s) = \frac{1}{s} . (s+z)$$

$$C(s) = \frac{1}{s} . (s+2.577)$$

→ Calculo de Kp:

$$\left| Kp \cdot V_1(s) \cdot C(s) \right|_{pd} = 1.$$

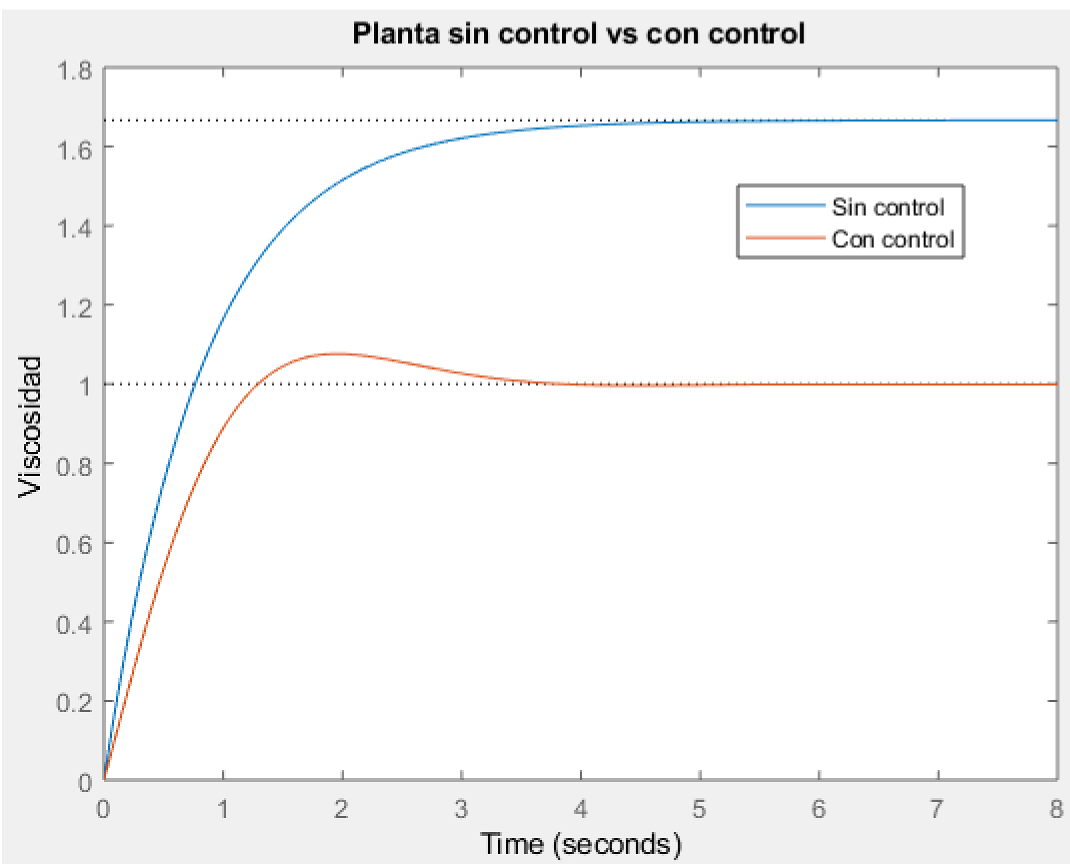
$$\left| Kp \cdot \left[ \frac{10}{(5.s+6)} \cdot \frac{(s+2.577)}{s} \right] \right|_{pd} = 1$$

$$\left| Kp \cdot \left[ \frac{10}{(5.s+6)} \cdot \frac{(s+2.577)}{s} \right] \right|_{-1 \pm 1.3644} = 1$$

$$Kp = 0.5593$$

→ Controlador:

$$C(s) = \frac{Kp.(s+a)}{s} = \frac{(0.5593)(s+2.577)}{s}$$



**b)** (1.5) Implementar una estrategia de control para mitigar la perturbación.

$$V(s) = \frac{10e^{-0.5s}}{5s+6}U(s) - \frac{5}{5s+6}T(s)$$

Se sabe que la perturbación de temperatura posee un tiempo muero menor al de la planta, por ende, no es posible aplicar un control anticipativo. Pero se pueden mitigar algunas perturbaciones con un controlador Smith.

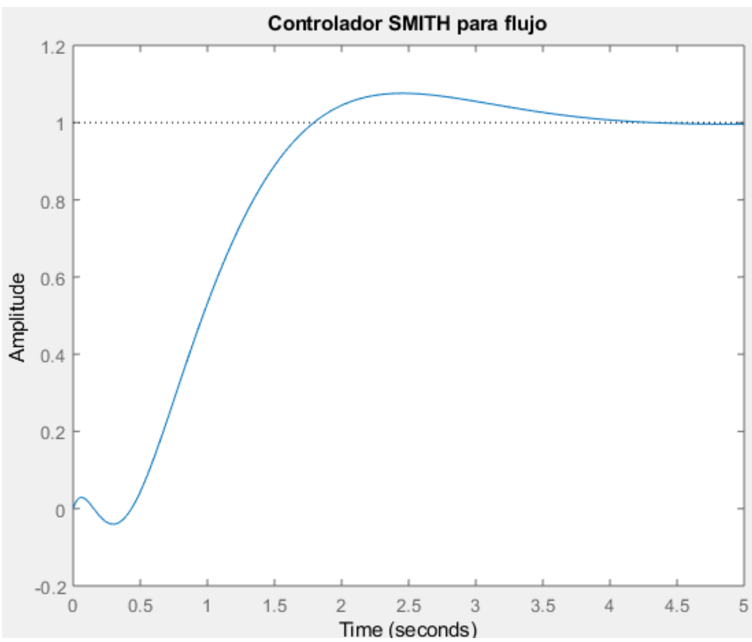
Para diseñar el controlador Smith, se usa el controlador PI diseñado anteriormente para la planta sin tiempo muerto, y se genera una nueva estructura de control:

```
tmF = 0.5;
KpF=10;
taoF=5;

[N1,D1]=pade(tmF,2);
ret = tf(N1,D1);
Gr = (KpF*ret)/((taoF*s)+6);
CL = feedback(Cs,Vs1)
Ceq = feedback(CL,-Gr)

figure
step(feedback(Ceq*Gr,1))
title('Controlador SMITH para flujo')
```

Como se observa en el scrip, se realiza una realimentación entre el control Pi (**Cs**) y la planta sin tiempo muerto, luego se realimenta este resultado con la planta más tiempo muerto, obteniendo el siguiente resultado:



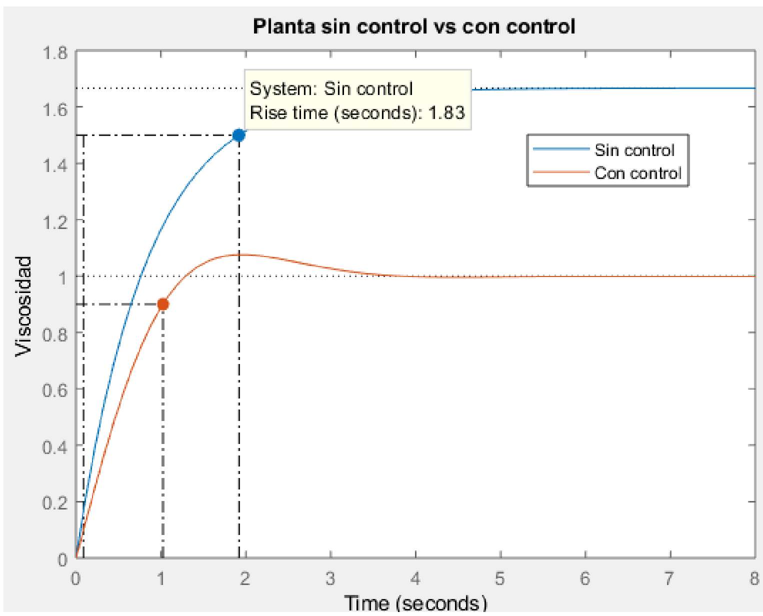
**c)** (1.0) Mostar la implementación en PLC.

Para implementar el controlador Smith en un PLC, se debe:

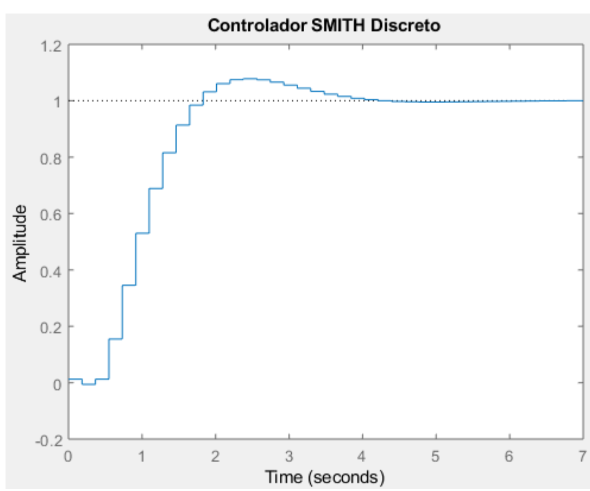
- Discretizar el controlador según el criterio de tiempo de muestreo.
- Expresar el controlador en ecuaciones de diferencias.
- Expresar cada termino como una constante y hacer su respectivo corrimiento.
- Simular su funcionamiento.

**Discretización:**

Para escoger el tiempo de discretización, se usó el tiempo de subida de la planta y el criterio: $\frac{Tr}{20} < Ts < \frac{Tr}{10}$. Donde **Tr** es el tiempo de subida y **Ts** el tiempo de muestreo.




Como es un **PI** se puede usar gustan para discretizar, obteniendo lo siguiente con **Ts = 1.83/10**:



**Ecuaciones en diferencias:**

El controlador Smith discretizado es el siguiente:

```
Gcz =

  0.6283 z^5 - 1.697 z^4 + 1.772 z^3 - 0.9115 z^2 + 0.2445 z - 0.03039
  ---------------------------------------------------------------------
       z^5 - 2.84 z^4 + 3.111 z^3 - 1.767 z^2 + 0.6124 z - 0.1162
```

Para pasarlo a diferencias, se hace lo siguiente:

$$\frac{U}{E} = Gcz * \frac{z^{-5}}{z^{-5}}$$

Obteniendo lo siguiente:

```
NGcz =

    0.6283   -1.6972    1.7722   -0.9115    0.2445   -0.0304

DGcz =

    1.0000   -2.8405    3.1112   -1.7669    0.6124   -0.1162
```

```
Y0 = NGz(1)*U0+NGz(2)*U1+NGz(3)*U2+NGz(4)*U3-DGz(2)*Y1-DGz(3)*Y2-DGz(4)*Y3;
E0 = ref-Y0;
U0 = NGcz(1)*E0+NGcz(2)*E1+NGcz(3)*E2+NGcz(4)*E3+NGcz(5)*E4+NGcz(6)*E5-...
    DGcz(2)*U1-DGcz(3)*U2-DGcz(4)*U3-DGcz(5)*U4-DGcz(6)*U5;
```

Donde:

**Y0** es la planta en diferencias, para poder simular en Matlab.

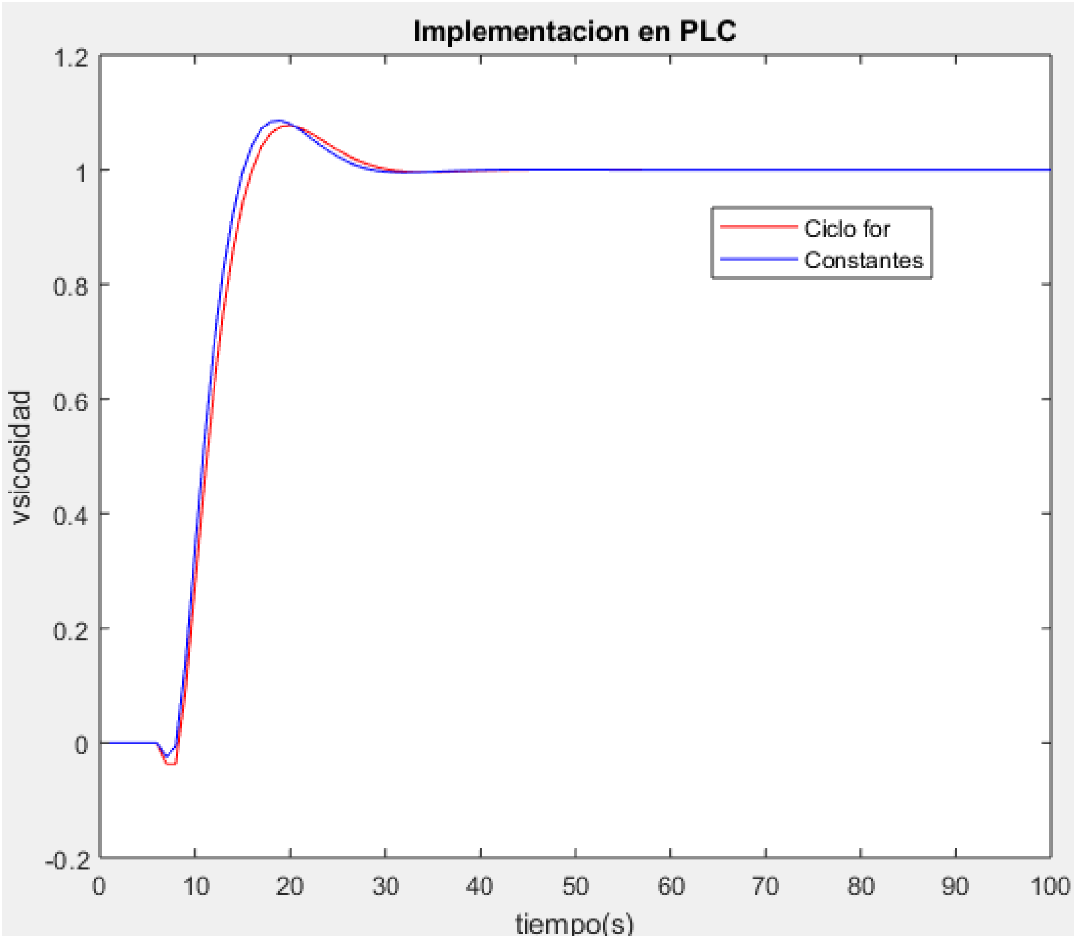
**E0** es el error de control.

**U0** es el controlador Smith en diferencias.

Para implementar en PLC se debe hacer un corrimiento de variables para poder actualizar los valores, así:

```
U5=U4; U4=U3; U3=U2; U2=U1; U1=U0;
Y3=Y2; Y2=Y1; Y1=Y0;
E5=E4; E4=E3; E3=E2; E2=E1; E1=E0;
```

Iniciando los primeros **U**, **Y** en cero, se obtiene los siguiente:




Como se observa, el controlador Smith implementado en PLC con constantes se comporta de forma similar a un ciclo for, cumpliendo con los criterios de diseño y con el seguimiento de referencias.

Por lo tanto, se logra comprobar su funcionamiento.

**d)** (0.5) Calcular el erro del sistema con y sin control

Sin control:

$$Kp = \lim_{s\to 0}(Es) = \lim_{s\to 0}\left(\frac{(5*s+6)}{(5*s+6)+10}\right) = \frac{6}{16}$$

$$essp = \frac{1}{1+Kp} = \frac{1}{1+(6/16)} * 100 = \mathbf{72}\%.$$

Con control:

$$Kv = \lim_{s\to 0}(Gc * Gp) = s * \frac{10 * Kp * (s+a)}{(5*s+6)*s}$$

$$essv = \frac{1}{Kv} = \mathbf{0}\%$$