

Sistemas de Control II

Trabajo práctico N°2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FCEFyN

- Profesor: Ing. Laboret, Sergio
- Alumno: Valdez Benavidez, Mauricio L.

DESARROLLO

Datos indicados para la realización del tp 1:

Polo1	Polo2	Cero	Ganancia	Sobrepaso%	Tiempo2%	Error	Tiempo Muestreo
-2	0	-10	10	5	3	0	0.15

- Obtener los valores de ξ ; ω_0 ; ω_d

$$\xi = \frac{-\ln(\frac{S}{100})}{\sqrt{\pi^2 + \ln(\frac{S}{100})^2}} = \frac{-\ln(\frac{5}{100})}{\sqrt{\pi^2 + \ln(\frac{5}{100})^2}} = 0.6901$$

$$t_R = \frac{4}{\xi \omega_0} \Rightarrow \omega_0 = \frac{4}{\xi t_R} = \omega_0 = \frac{4}{0.6901 * 3} = 1.9321$$

$$\omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - \xi^2} = 1.9321 \sqrt{1 - 0.6901^2} = 1.3983$$

$$t_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{1.3983} = 4.4936$$

- Calcular la cantidad de muestras por ciclo de la frecuencia amortiguada ω_d

$$m = \frac{t_d}{T_m} = \frac{4.4936}{0.15} = 29.9573$$

- Mediante la equivalencia de planos s y z determinar la ubicación de los polos deseados en el plano z:

$$r = |z_{1,2}| = e^{-\xi \omega_0 T_m} = 0.8187$$

$$\Omega = \angle z_{1,2} = \pm \omega_d T_m = 12^\circ$$

Pasando a coordenadas rectangulares

$$polo_{deseado} = 0.6983 \pm j 0.4274$$

- Seleccionar y diseñar al menos 2 controladores digitales en serie (PI,PD,PID o Adelanto) que cumpla (para los polos dominantes) las especificaciones dadas mediante SISOTOOL, en caso de que no se cumplan analizar el porqué.

- La condición de error debe cumplirse con exactitud.
- Construir el sistema a lazo cerrado y verificar los polos, ceros y respuesta temporal mediante el código:

C %muestra el compensador importado de sisotool

*F=feedback(C*Gd,1) % sistema de lazo cerrado*

pole(F)

zero(F)

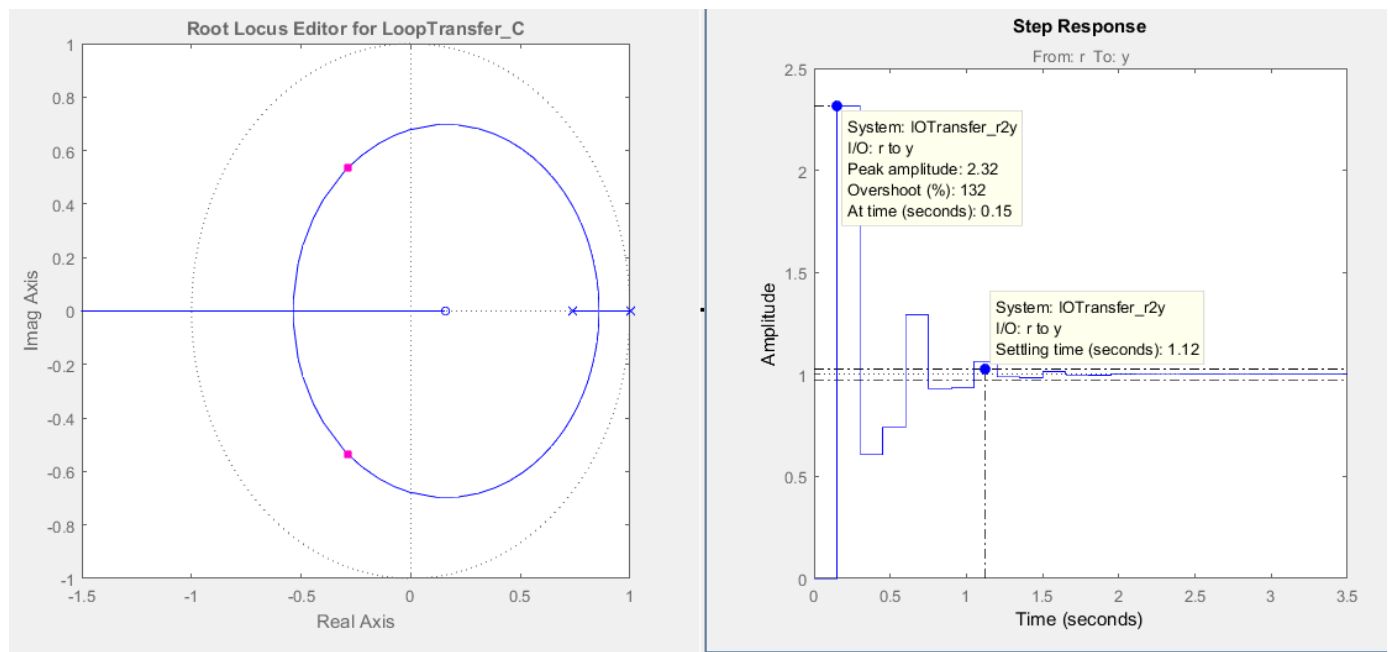
pzmap(F)

step(F) % respuesta al escalon

- Simular mediante un diagrama Simulink el control que mejores prestaciones haya obtenido según se muestra en el diagrama adjunto, graficando la salida, el error, las acciones de control individuales P,I,D o la de adelanto (las que hubiera) y la acción de control total después del retentor de salida.

En primera instancia se abre la GUI SISOTOOL llamándola con el sistema discreto como parámetro

sisotool(Gd)



En esta gráfica se observa que el sistema pertenece dentro del círculo unitario, su respuesta al escalón en la de un sistema estable. Tiene un tiempo de establecimiento casi 1/3 del especificado como requerimiento, pero a costa de tener un sobrepaso del 132% siendo que el requerido es del 5%.

Como la función de transferencia a tratar ya posee un polo en 1, es decir un integrador, se diseña un controlador PD que va a tener un polo fijo en 0 y un cero ajustable, aparte de la ganancia, es

decir 2 grados de libertad para ajustar con este controlador. Luego se diseña un controlador en adelante que es muy parecido al PD, sólo que el polo no está fijo en el origen.

En primera instancia, se fijan dos requerimientos, el primero en base a ξ y el segundo en base al tiempo de establecimiento al 2%.

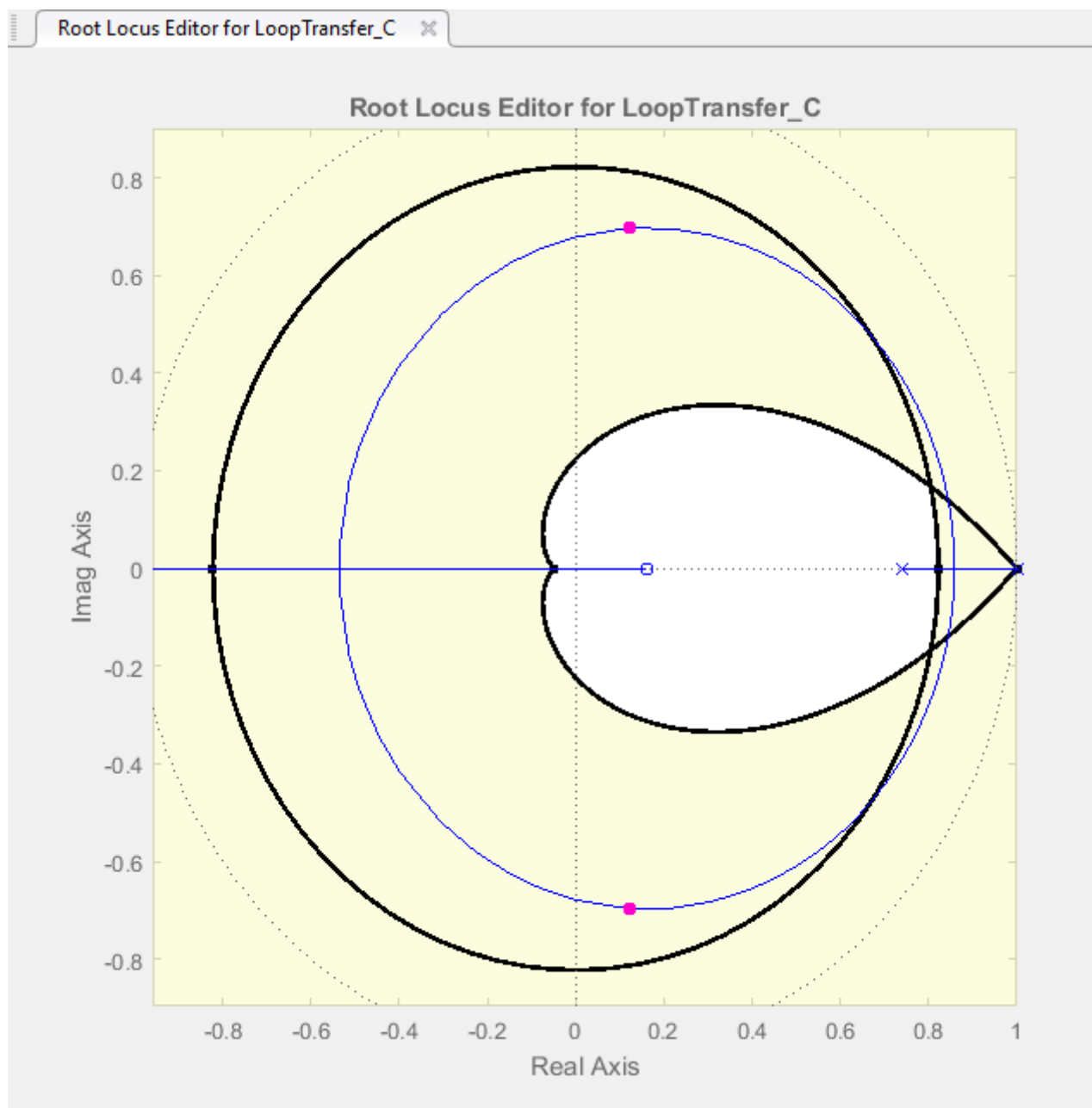
$$\xi = 0.6901 ; t_R 2\% = 3[s]$$

Gd =

$$\frac{2.3164 (z-0.1608)}{(z-1) (z-0.7408)}$$

Sample time: 0.15 seconds

Discrete-time zero/pole/gain model.



Controlador PD

Entonces, con los requerimientos ya fijos, se agrega un polo y un cero de tal manera que el polo esté fijo en 0 y se mueve el cero del controlador para que los valores que pueda tomar la ganancia pasen por la intersección de ambos requerimientos. Luego se ajusta el valor de ganancia al punto exacto de la intersección.

El controlador PD tiene la forma

$$C(z) = K \frac{(z - c)}{z}$$

Compensator

C = 0.034914 x $\frac{(1 + 0.28w)}{(1 + 0.15w)}$, $w = (z-1)/T_s$

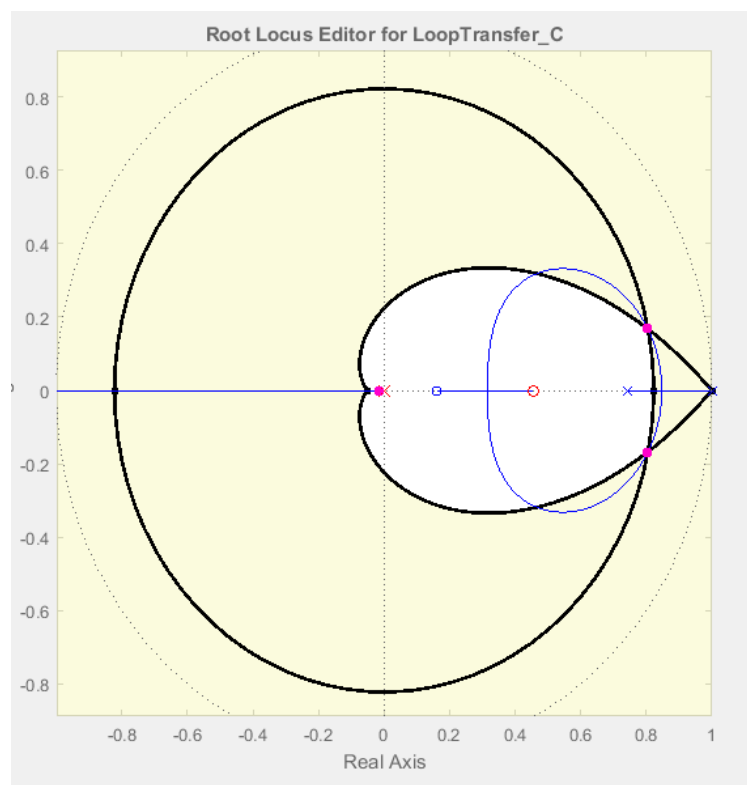
Pole/Zero Parameter

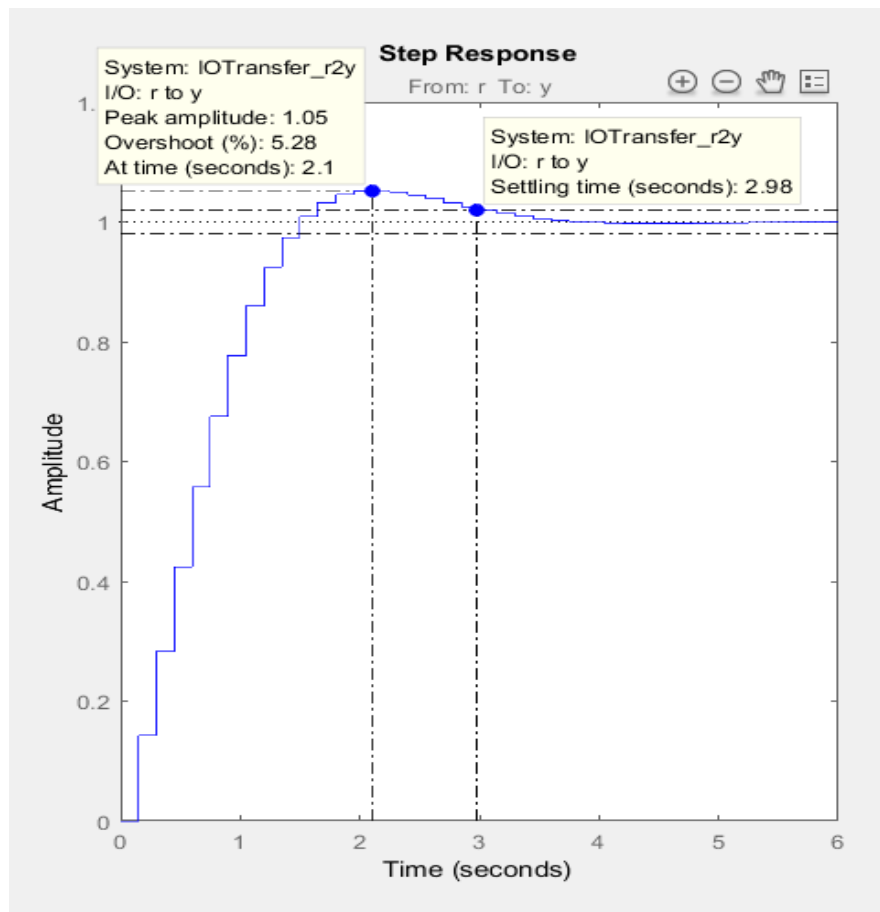
Dynamics

Type	Location	Damping	Frequency
Real Pole	0	NaN	NaN
Real Zero	0.455	1	5.25

Edit Selected Dynamics

Location 0.455





Aquí se observa, como queda la respuesta al escalón con la realimentación unitaria y el controlador PD en serie.

Se exporta el controlador C y se construye el sistema a lazo cerrado

```
C =
    0.061627 (z-0.455)
    -----
           z

Name: C
Sample time: 0.15 seconds
Discrete-time zero/pole/gain model.
```

```
F =
    0.14275 (z-0.455) (z-0.1608)
    -----
    (z+0.01541) (z^2 - 1.613z + 0.6778)

Sample time: 0.15 seconds
Discrete-time zero/pole/gain model.
```

El sistema queda con un polo muy parecido al deseado, calculado anteriormente

```
>> pole(F)

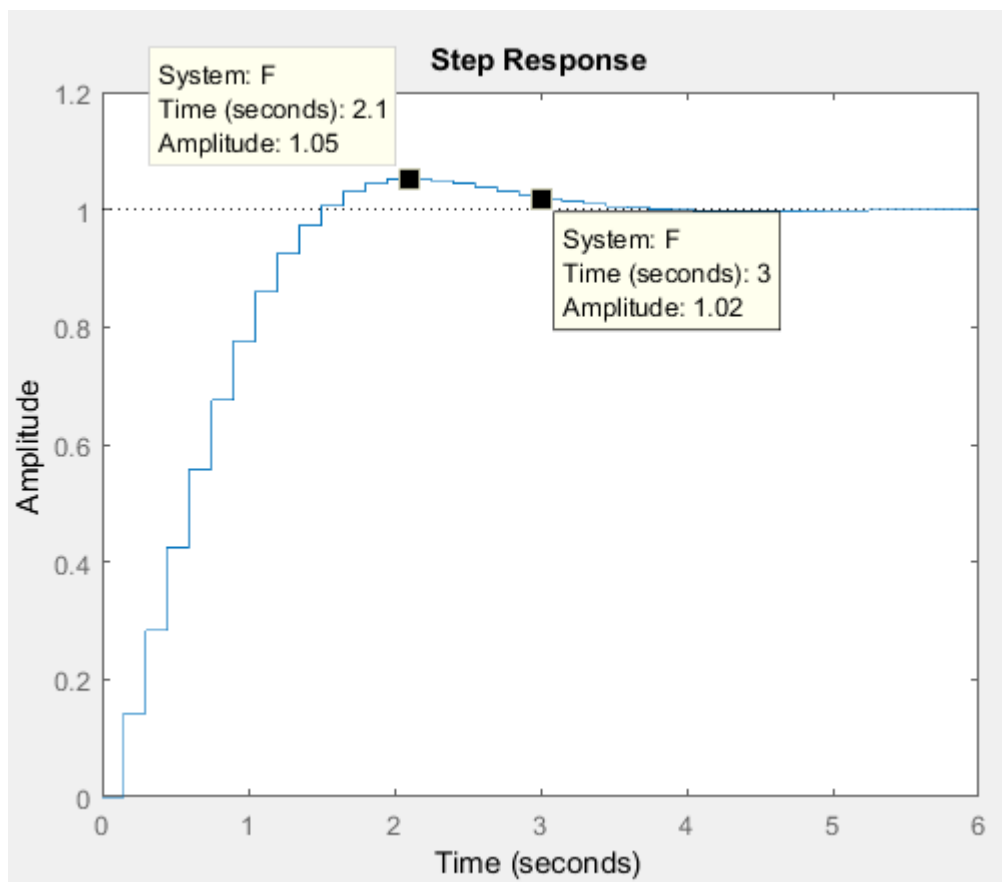
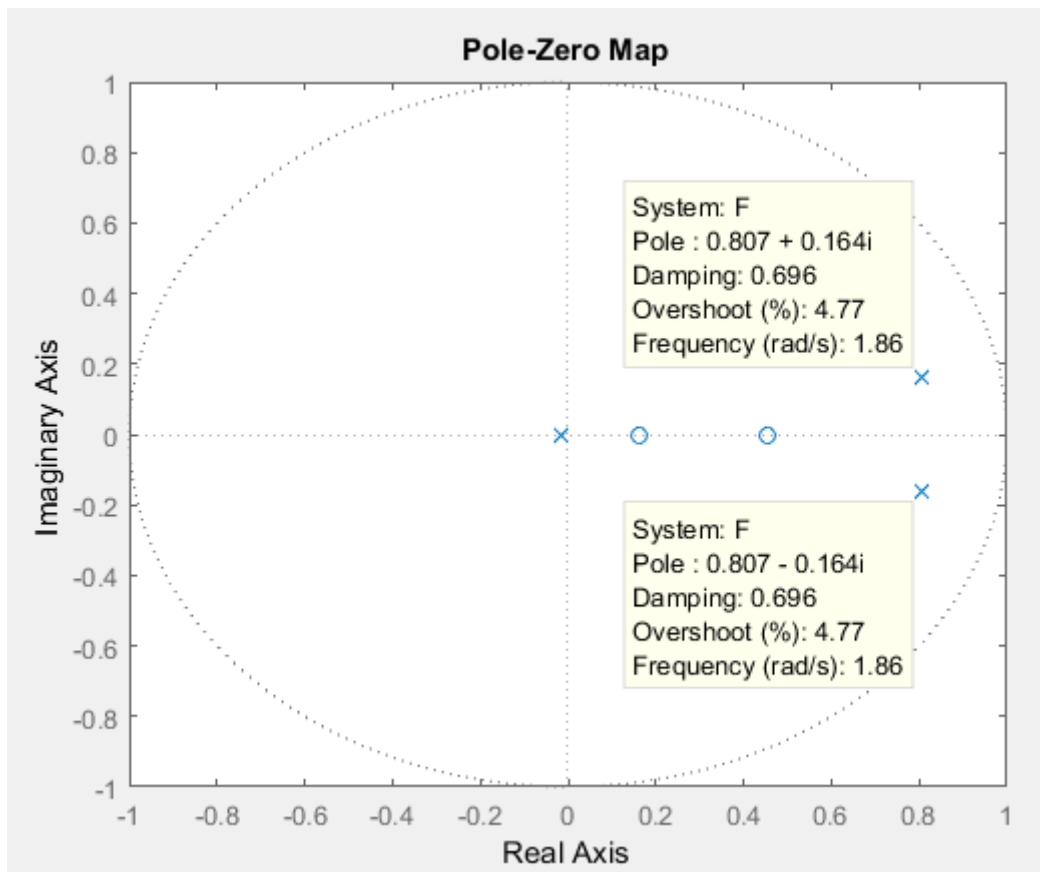
ans =

-0.0154 + 0.0000i
 0.8067 + 0.1642i
 0.8067 - 0.1642i

>> zero(F)

ans =

0.4550
0.1608
```



Se simula con la aplicación Simulink el sistema con el controlador PD diseñado y se muestra el error, la acción de control y la salida.

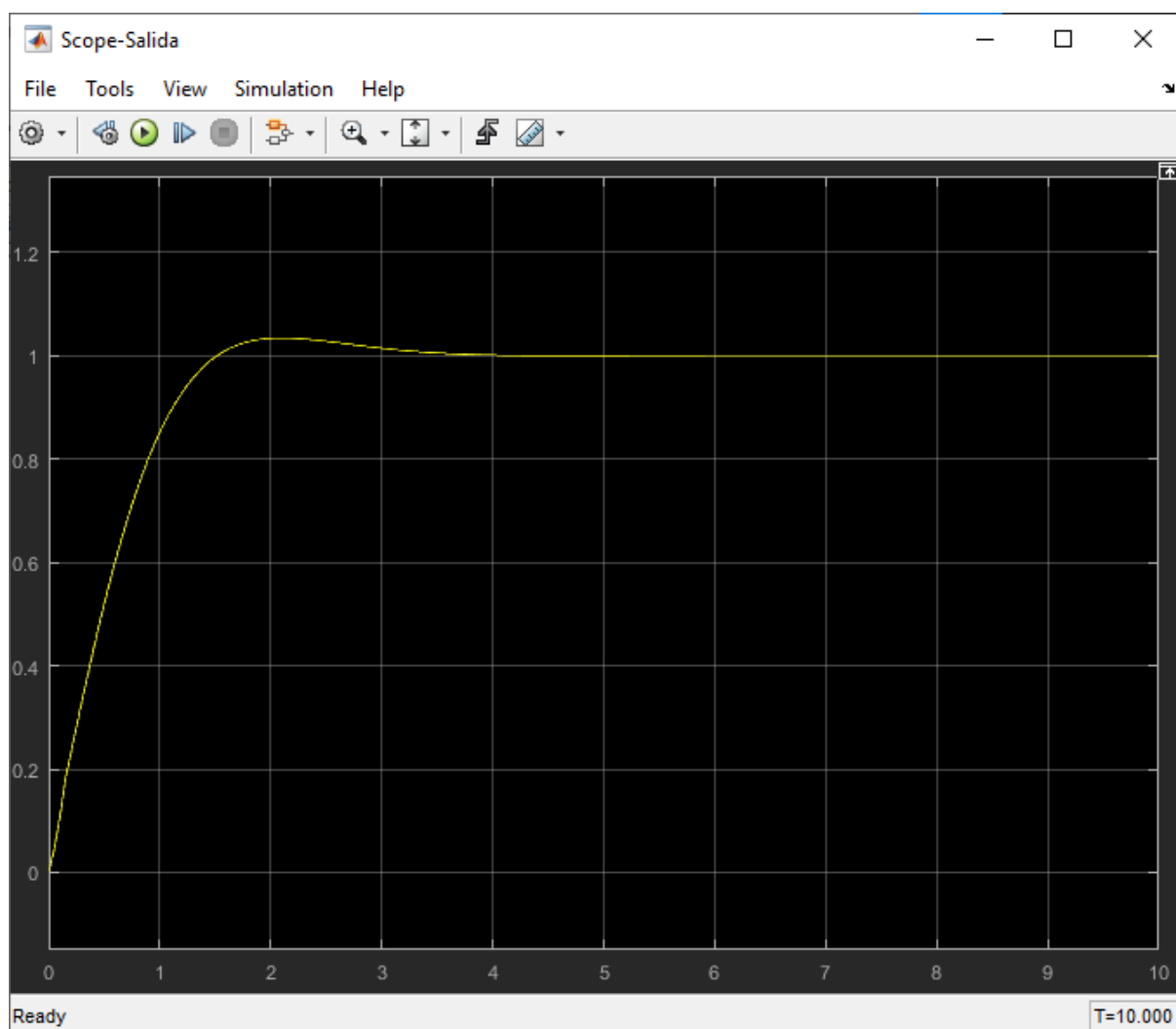
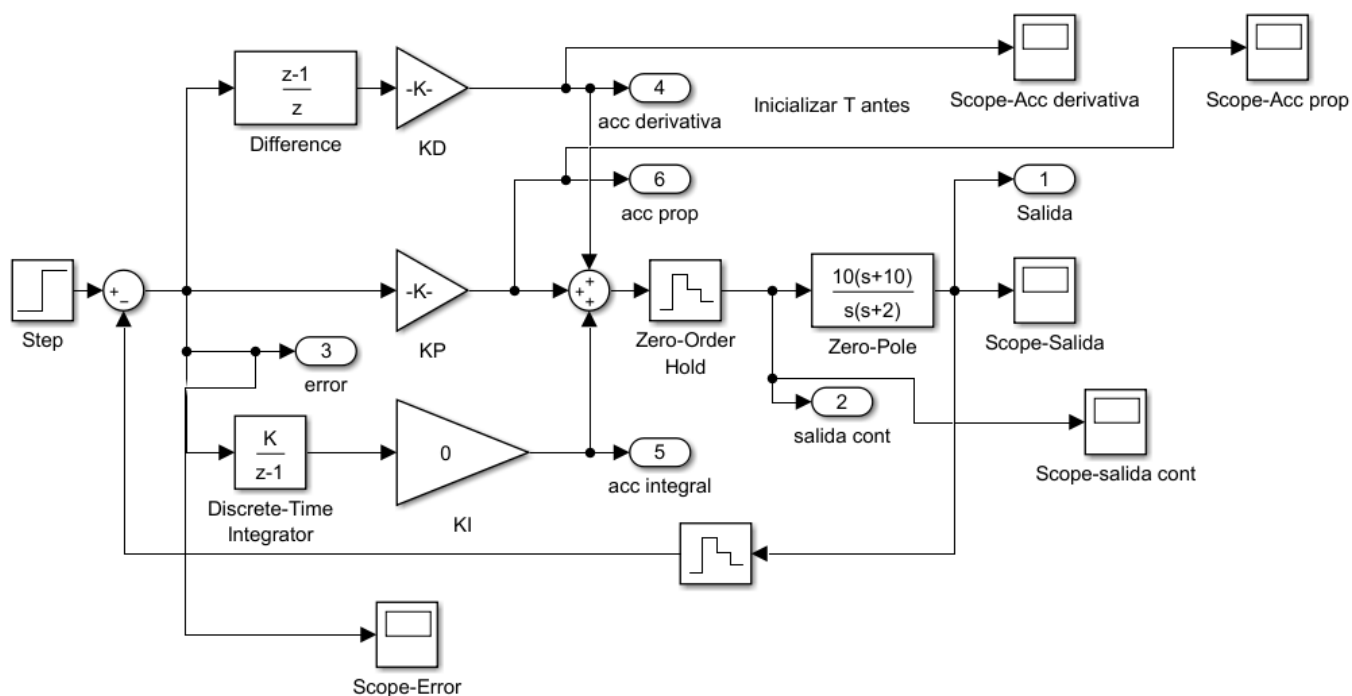


Gráfico de la salida del sistema con controlador PD

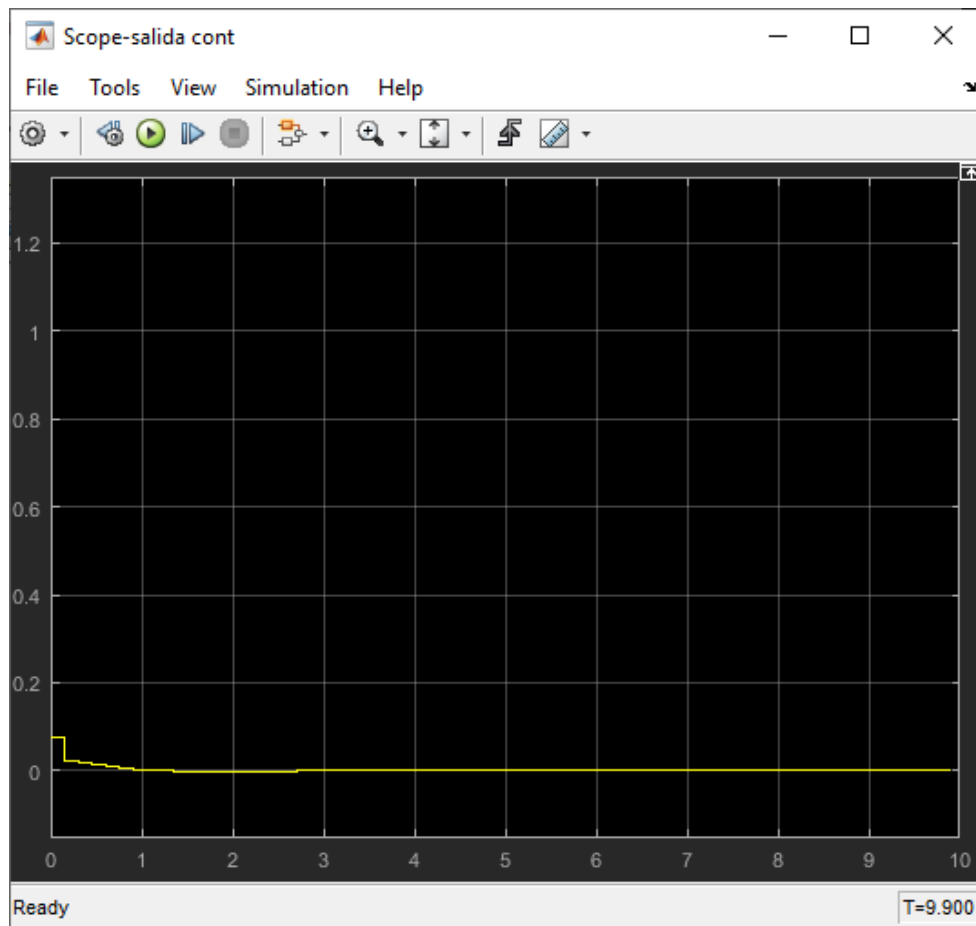


Gráfico de accion de control total a la salida del retentor.

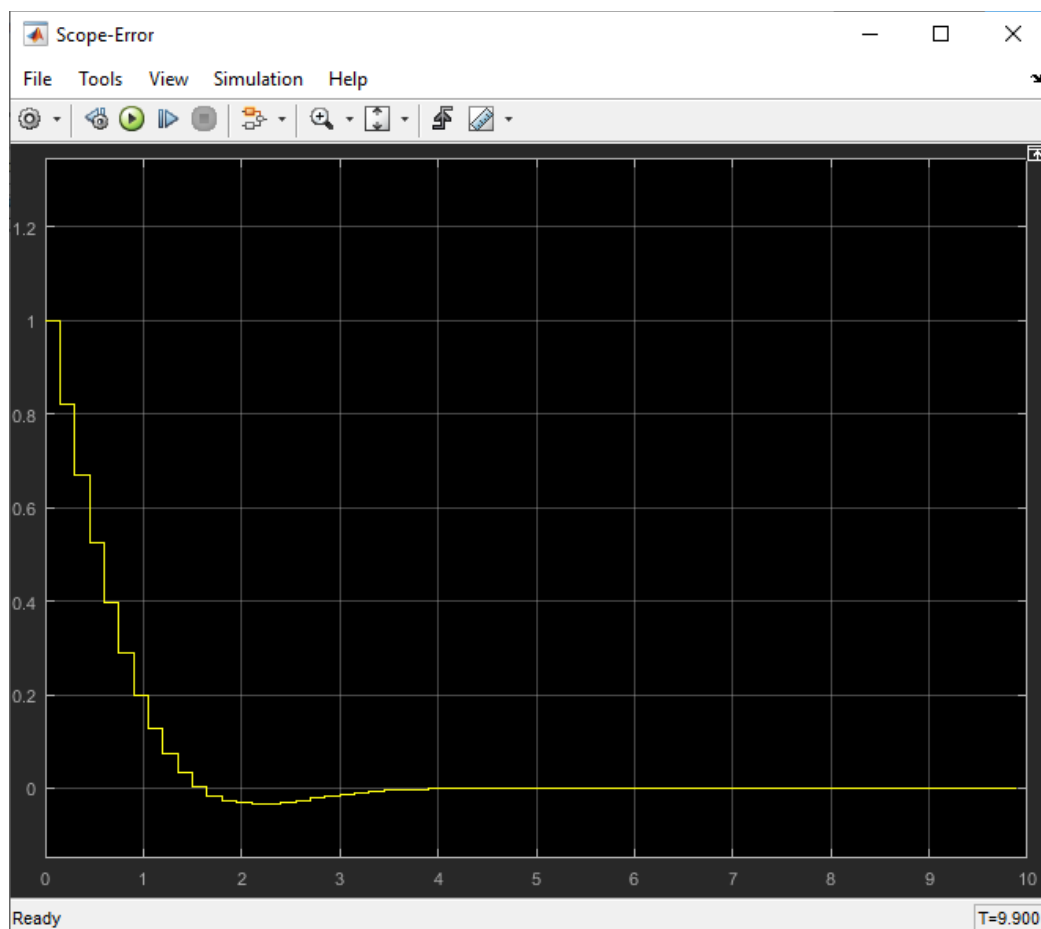


Gráfico del error

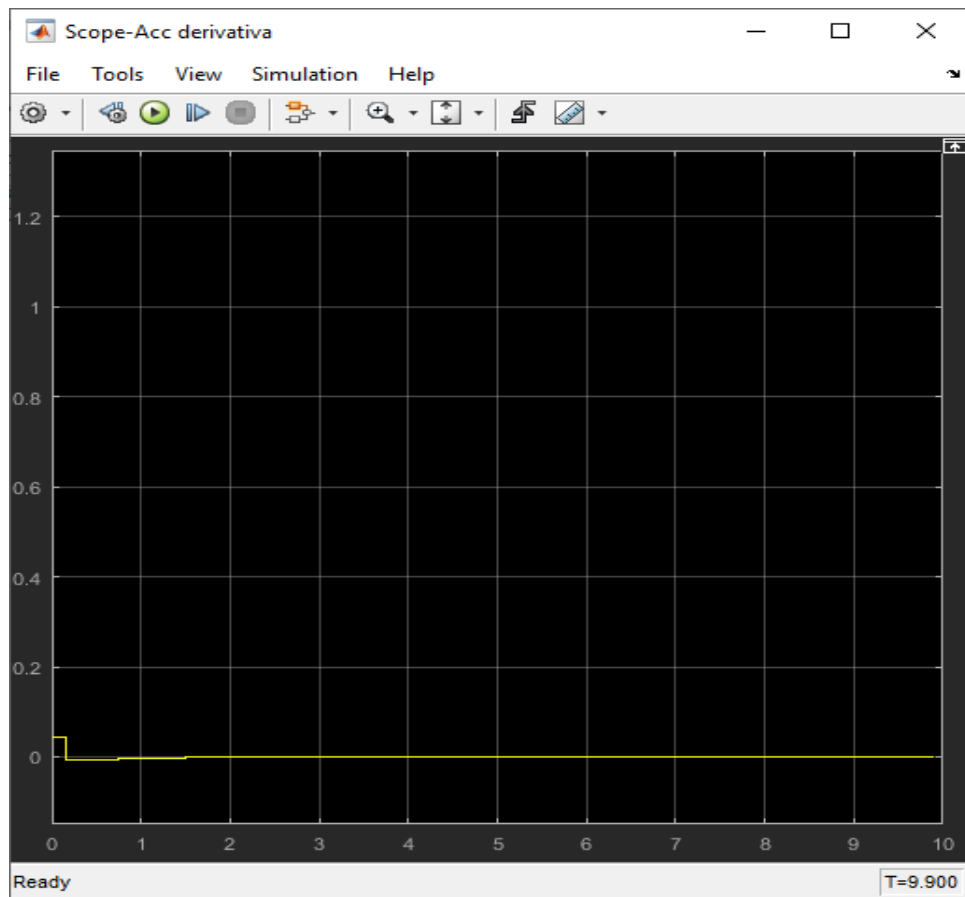


Gráfico de la acción derivativa

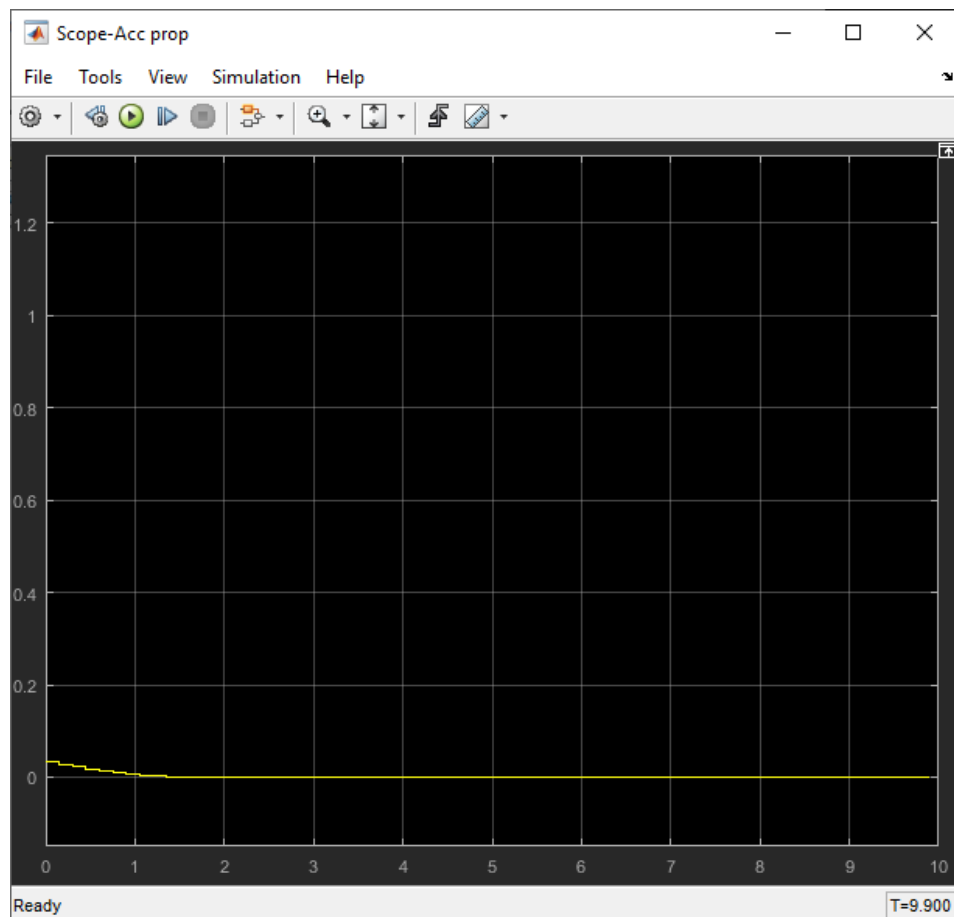


Gráfico de la acción proporcional

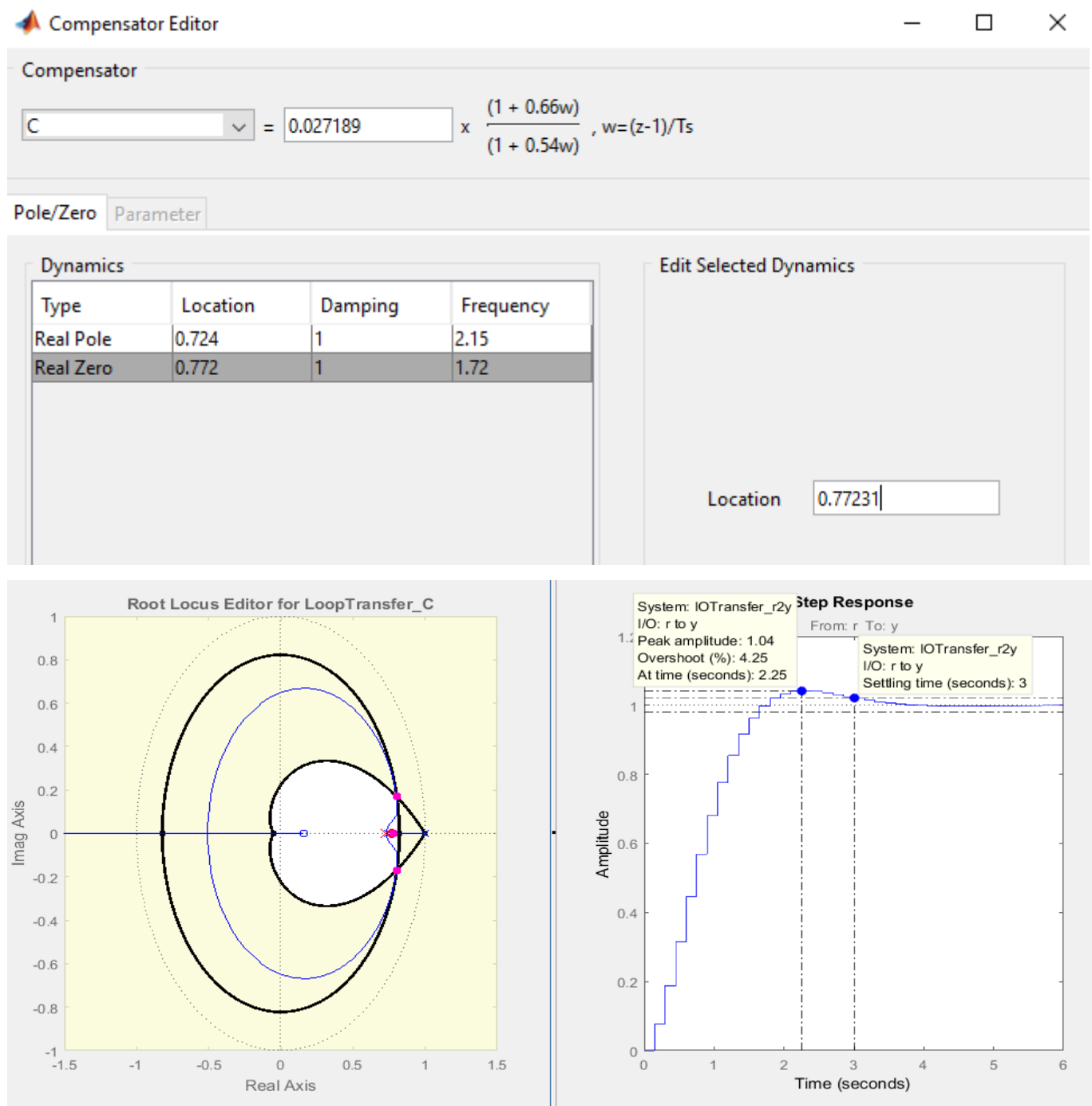
Controlador en Adelanto

Se realiza un procedimiento similar para el diseño de este controlador, se coloca un polo cerca de unos de los polos de G_d , además a la derecha de este polo se agrega un cero, haciendo que la curva de la ganancia pase por la intersección de las curvas de requerimientos.

Luego se ajusta el valor de ganancia al punto deseado. Estas modificaciones son las ventajas de los 3 grados de libertad que presenta este tipo de controlador.

Debe quedar de la forma:

$$C(z) = \frac{K_{AD}(z - a)}{z - b}$$



Aquí en la respuesta se observa que con este controlador se estarían cumpliendo los 2 requerimientos propuestos, un tiempo de establecimiento del 2% en 3 [s] y un ξ tal que el sobre pasamiento no sea mayor al 5%

C =

$$\frac{0.032954 (z-0.7723)}{(z-0.724)}$$

Name: C

Sample time: 0.15 seconds

Discrete-time zero/pole/gain model.

F =

$$\frac{0.076332 (z-0.7723) (z-0.1608)}{(z-0.7841) (z^2 - 1.604z + 0.672)}$$

Sample time: 0.15 seconds

Discrete-time zero/pole/gain model.

```
>> pole(F)
```

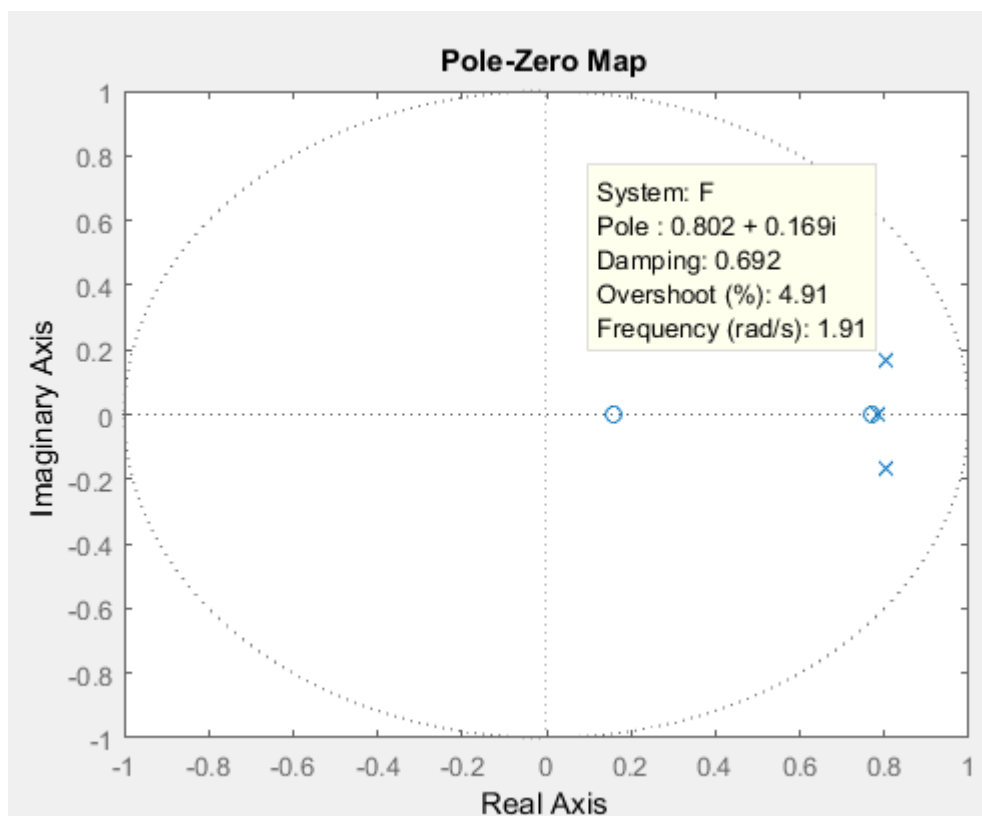
ans =

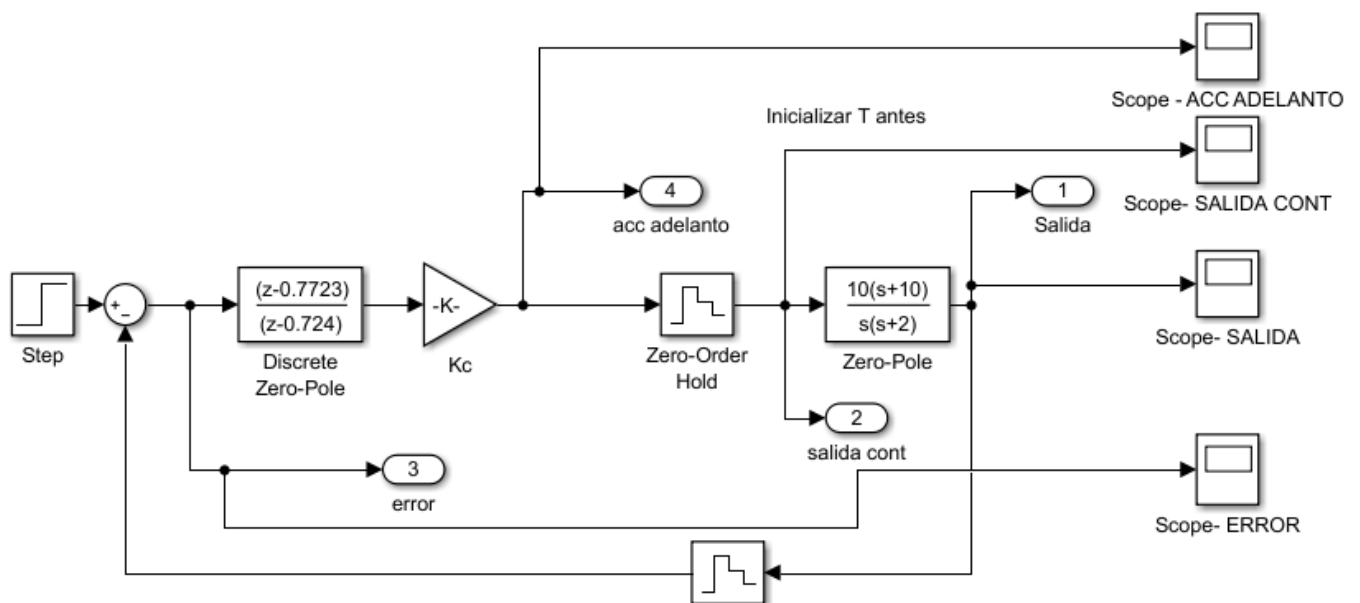
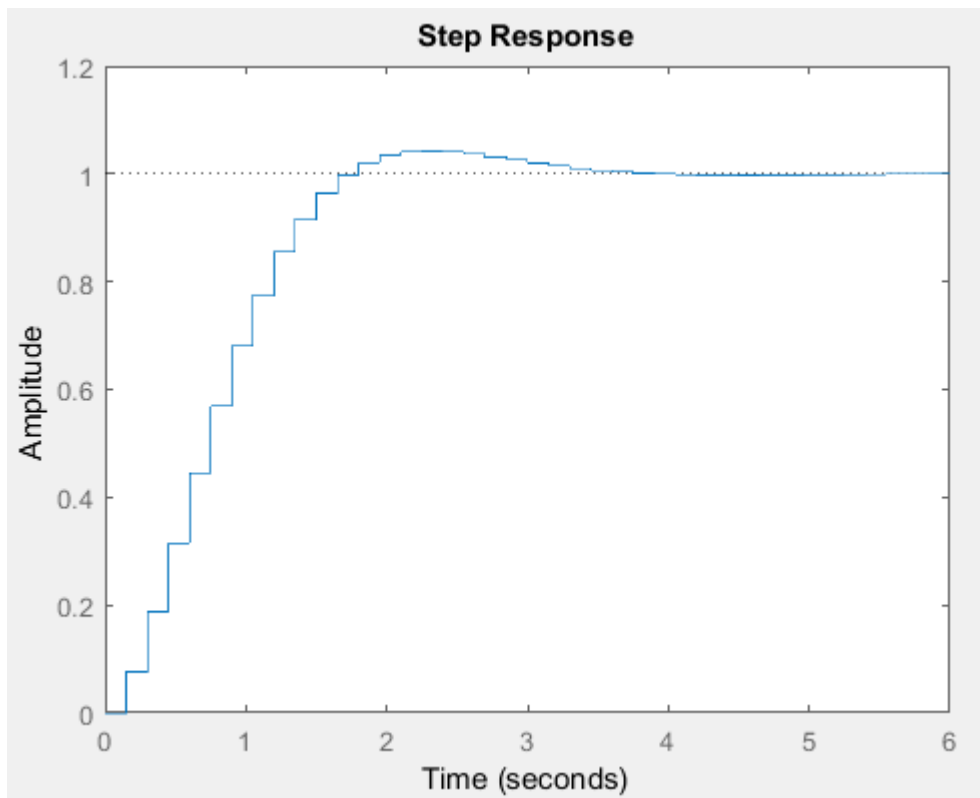
```
0.8022 + 0.1686i
0.8022 - 0.1686i
0.7841 + 0.0000i
```

```
>> zero(F)
```

ans =

```
0.7723
0.1608
```





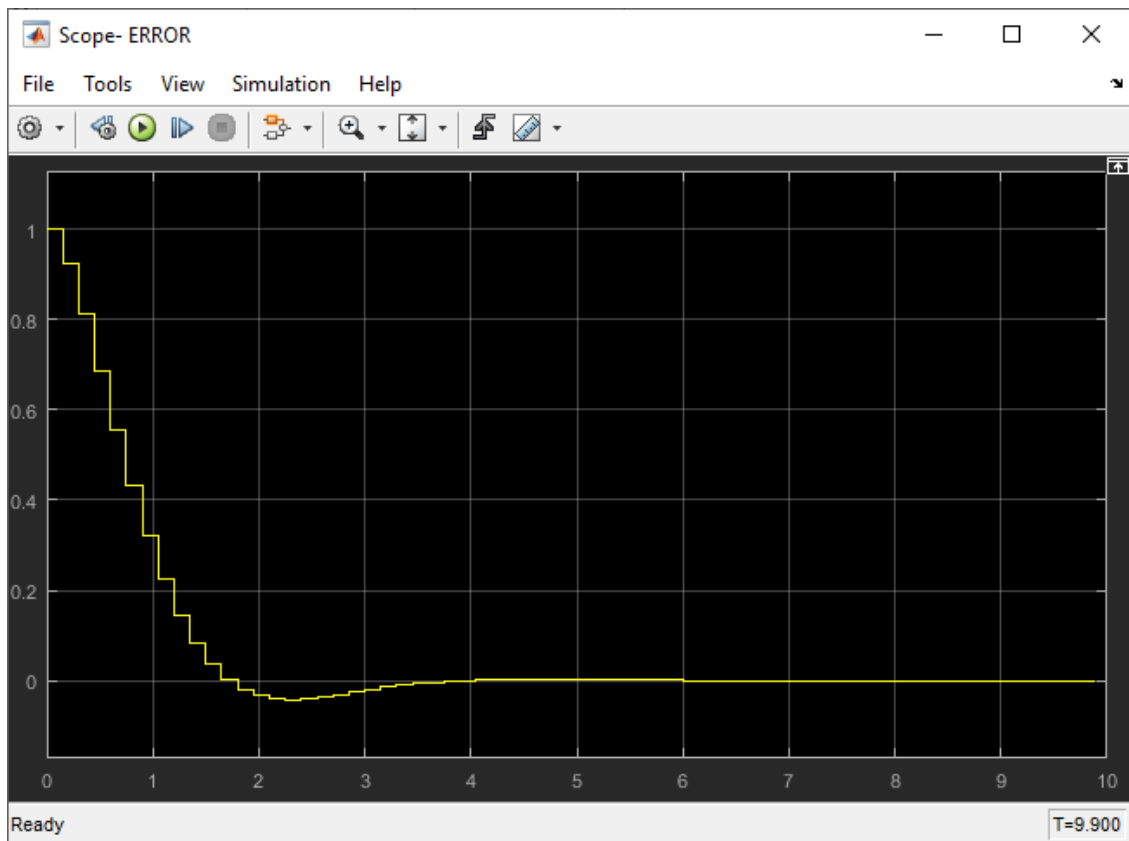


Gráfico de error del controlador en Adelanto

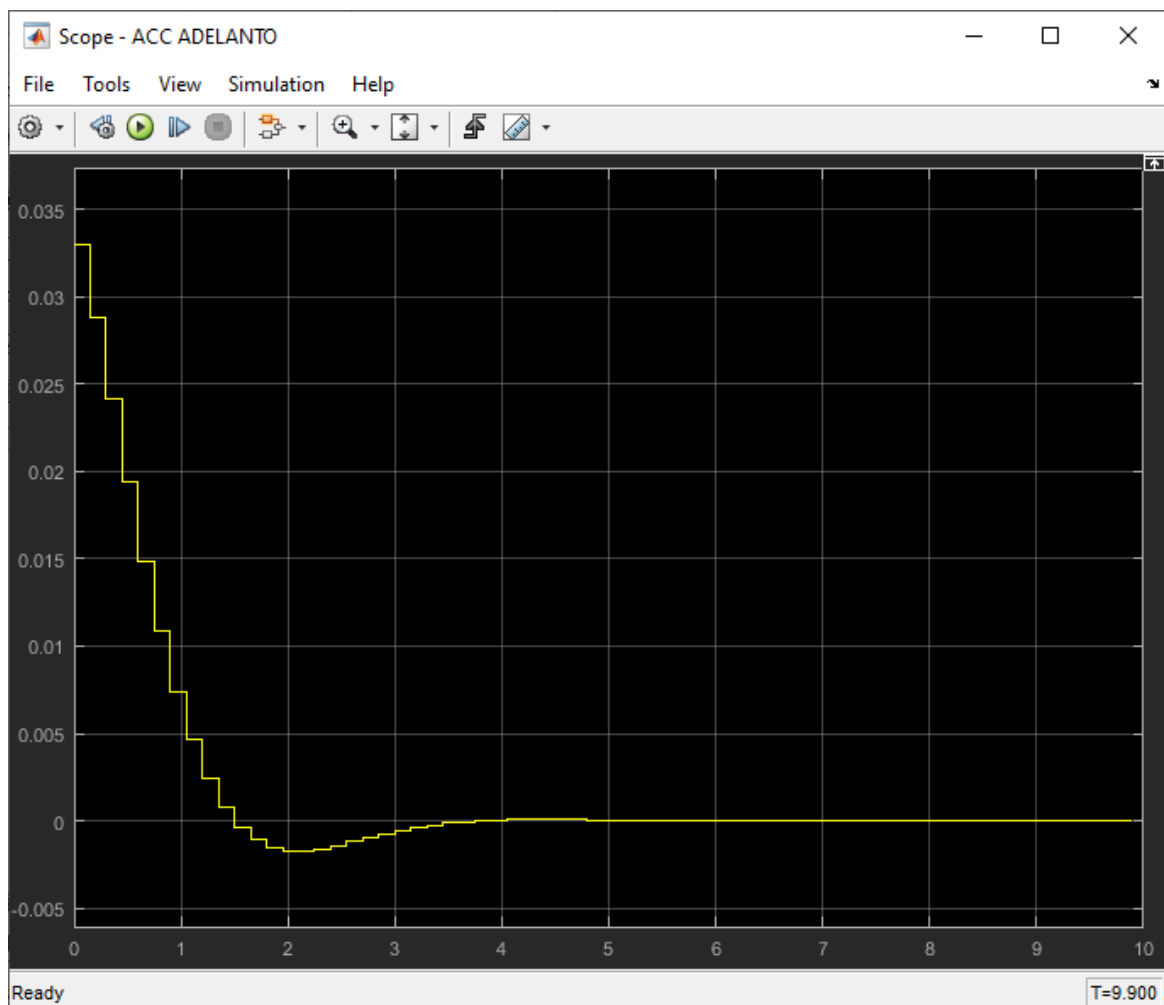


Gráfico de la acción de control del controlador en Adelanto

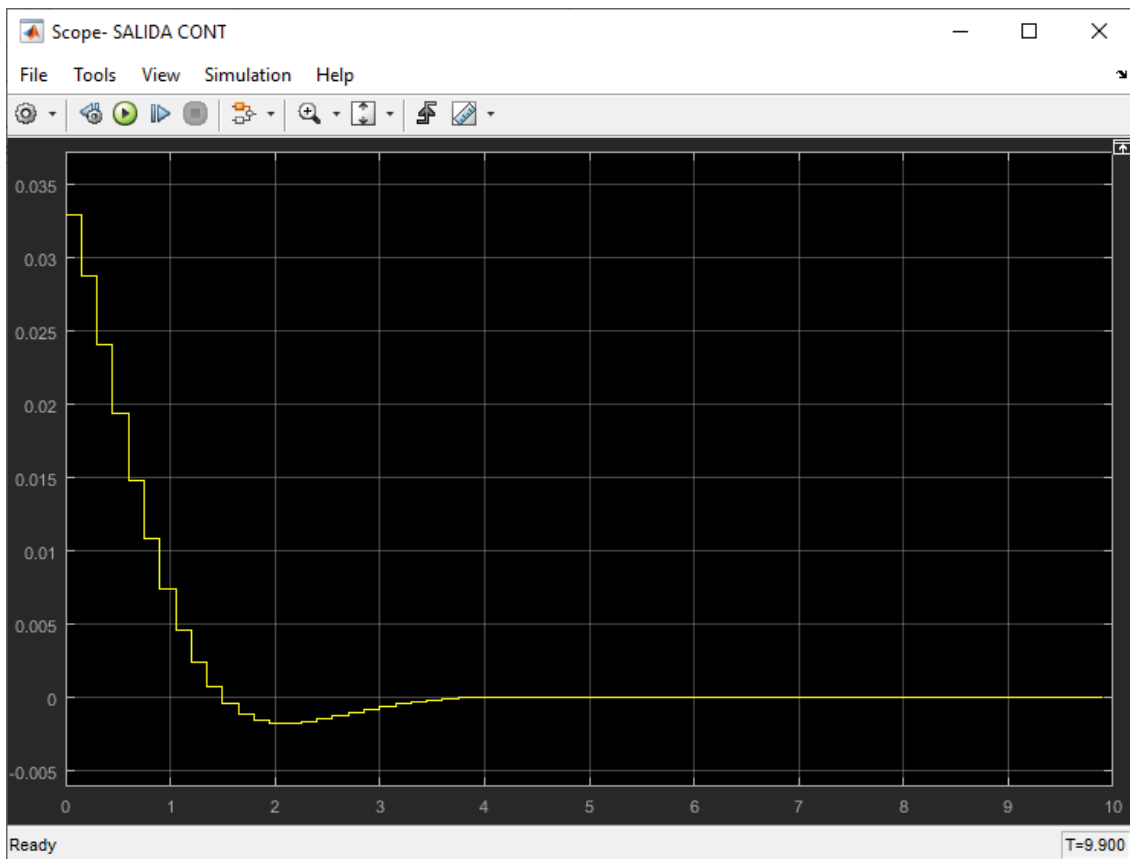


Gráfico de accion de control total a la salida del retentor.

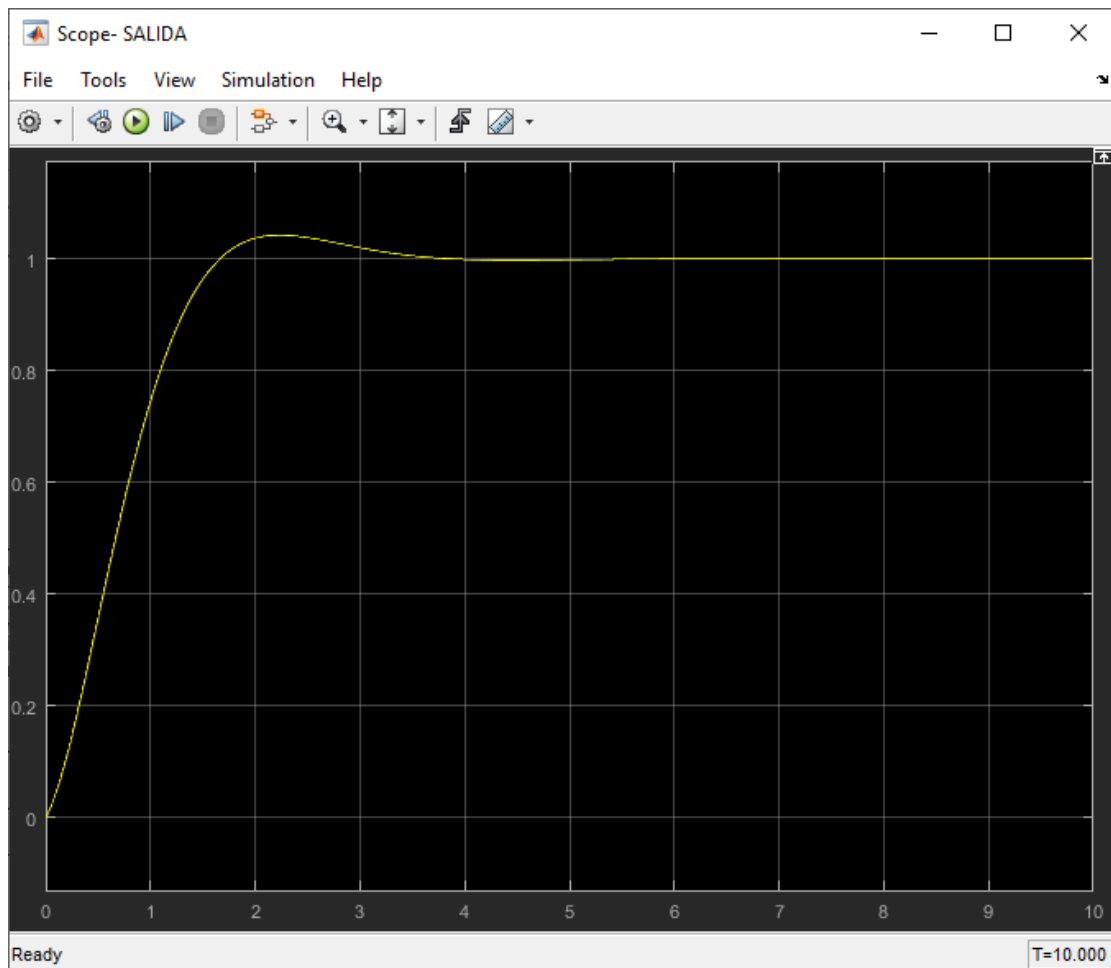
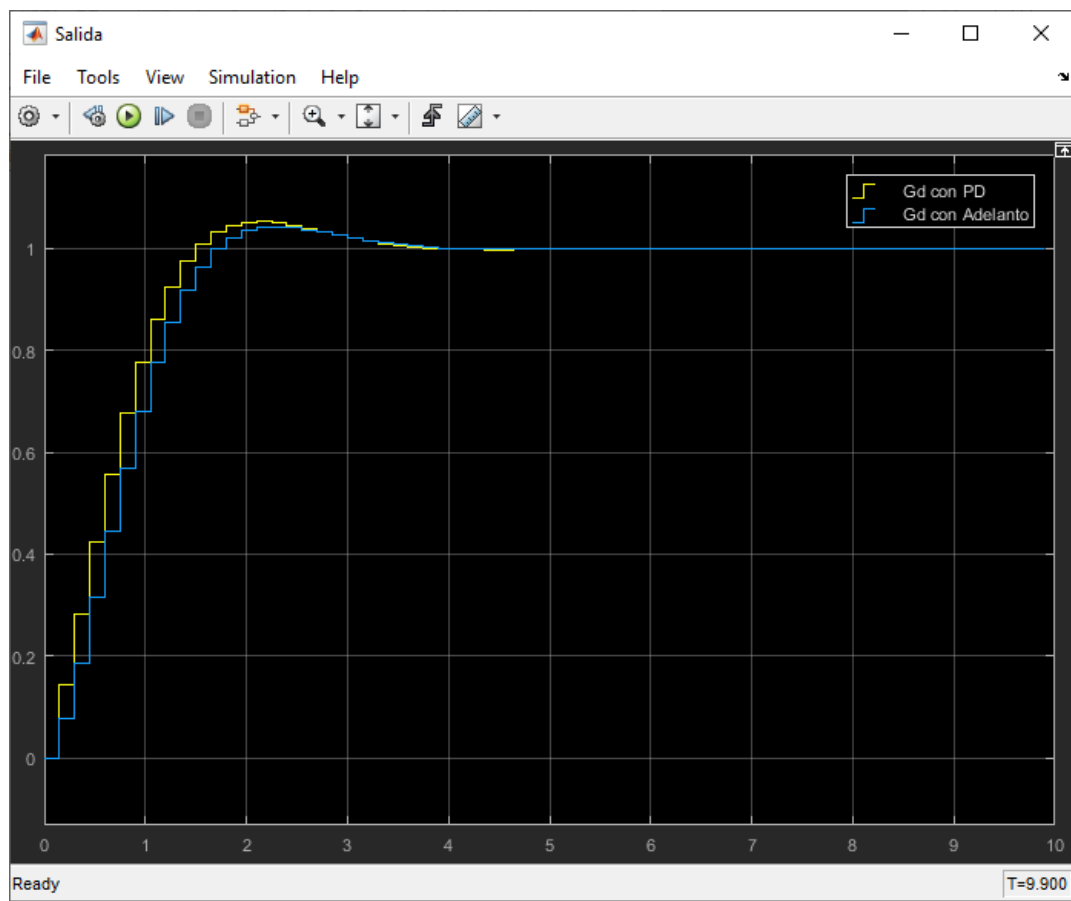
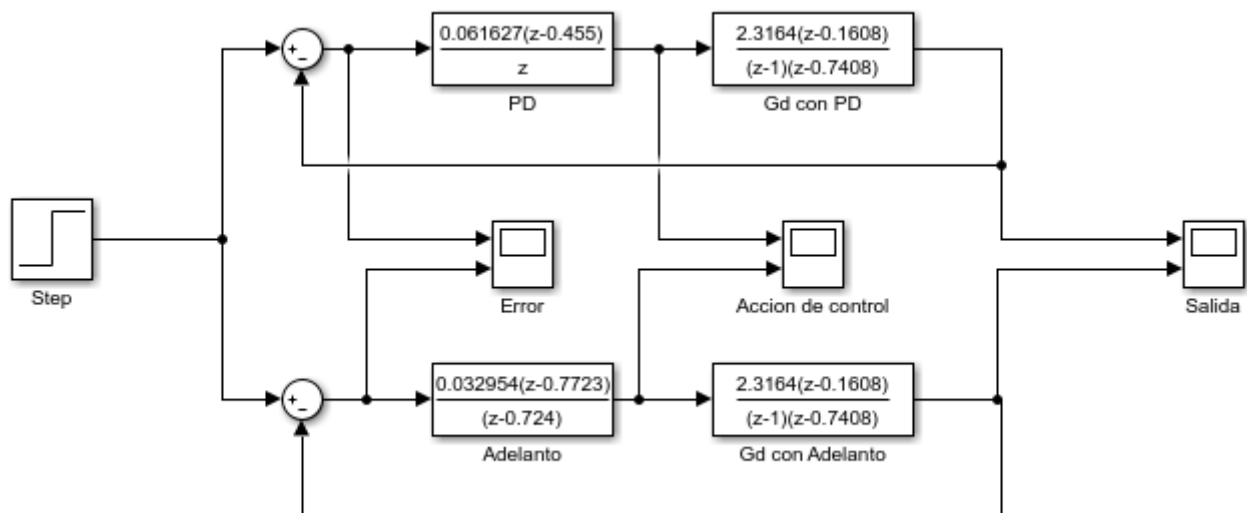
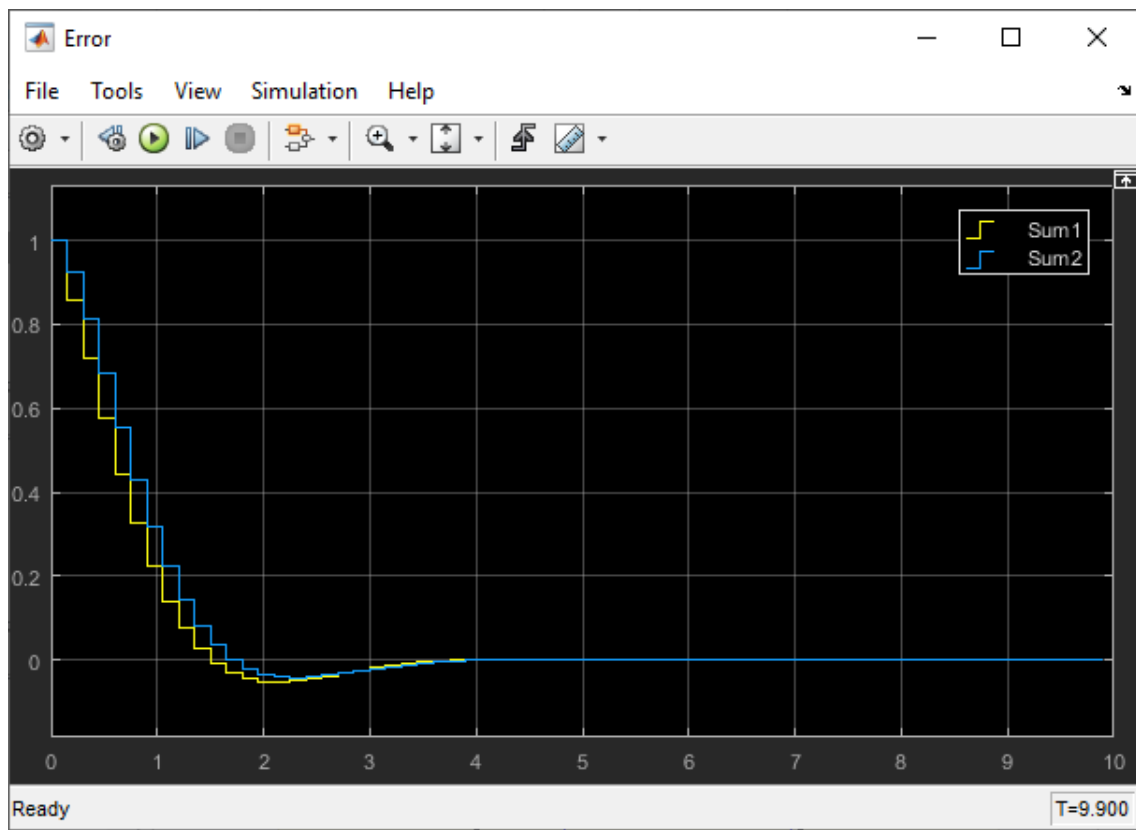
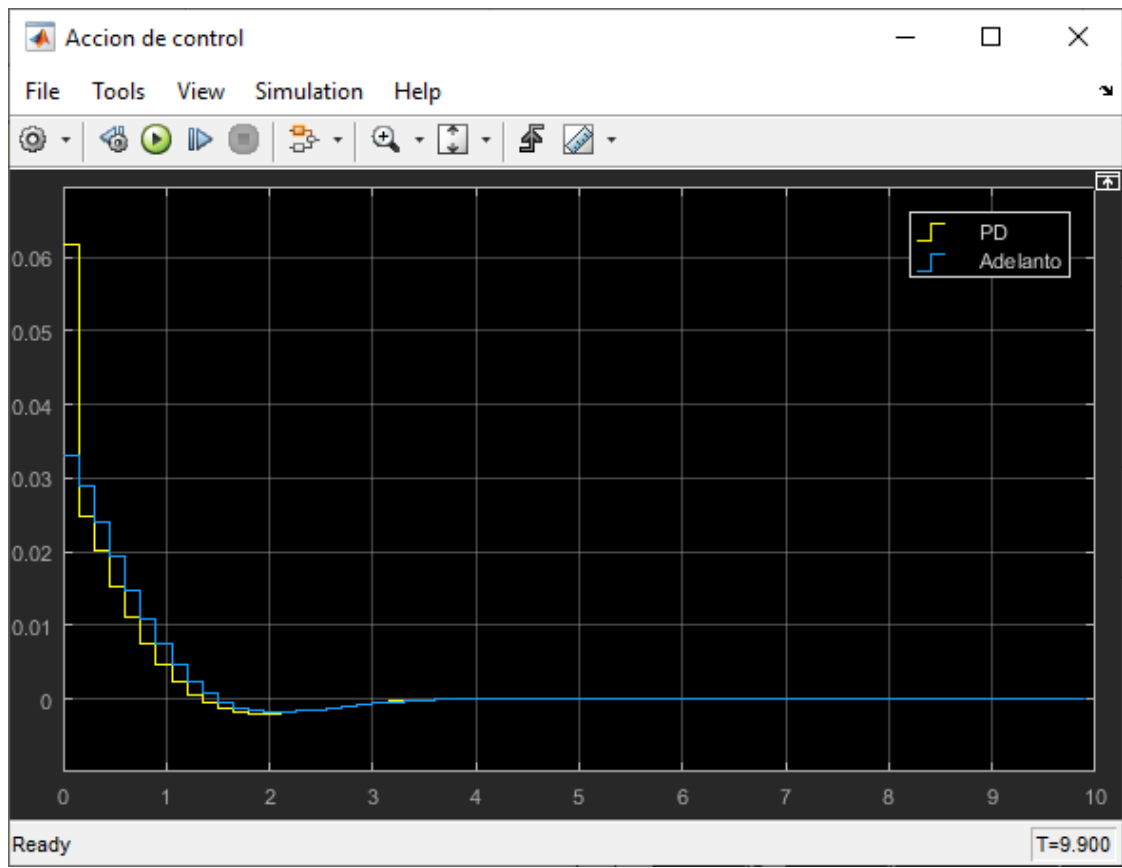


Gráfico de la salida del sistema con controlador en Adelanto

Comparando ambas respuestas





Ambos sistemas, responden de manera muy similar sin embargo el controlador en adelanto provoca que el sistema tenga una respuesta más acertada según los requerimientos, por lo tanto se elige como primera opción.