

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento de Informática



Modelación y Simulación
Laboratorio 2

Richard Torti

Max Chacon

Profesor: Gonzalo Acuña

Ayudante: Francisco Muñoz

Santiago – Chile

2018

TABLA DE CONTENIDO

Índice de tablas	v
Índice de ilustraciones	vii
1 Introducción	1
2 Marco teórico	3
2.1 Función de Transferencia	3
2.1.1 Estabilidad	3
2.2 Procesos continuos	4
2.2.1 Lazo Abierto	4
2.2.2 Lazo Cerrado	5
2.3 Reducción Diagrama de bloques	5
3 Desarrollo Primera Parte	7
3.1 Función 1	7
3.1.1 Lazo abierto	9
3.1.2 Lazo cerrado	10
3.1.3 Comparación	11
3.2 Función 2	11
3.2.1 Lazo abierto	13
3.2.2 Lazo cerrado	14
3.2.3 Comparación	15
3.3 Función 3	15
3.3.1 Lazo abierto	17
3.3.2 Lazo cerrado	18
3.3.3 Comparación	19
4 Desarrollo Segunda Parte	21
5 Manual de usuario	25
6 Conclusiones	27
7 ANEXOS	29
7.1 Código de implementación primera parte del laboratorio	29
7.2 Código de implementación segunda parte del laboratorio	34
Bibliografía	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Datos importantes de la función obtenida	8
Tabla 3.2	Datos importantes de la función obtenida	12
Tabla 3.3	Datos importantes de la función obtenida	16

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1	Ejemplo sistema de lazo abierto	4
Figura 2.2	Ejemplo sistema de lazo cerrado	5
Figura 3.1	Gráfico del lazo abierto	9
Figura 3.2	Gráfico del lazo cerrado	10
Figura 3.3	Gráfico comparativo de lazo abierto (rojo) y cerrado (azul)	11
Figura 3.4	Gráfico del lazo abierto	13
Figura 3.5	Gráfico del lazo cerrado	14
Figura 3.6	Gráfico comparativo de lazo abierto y cerrado	15
Figura 3.7	Gráfico del lazo abierto	17
Figura 3.8	Gráfico del lazo cerrado	18
Figura 3.9	Gráfico comparativo de lazo abierto y cerrado	19
Figura 4.1	Problema inicial	21
Figura 4.2	Problema inicial para reducir	21
Figura 4.3	Primera reducción	22
Figura 4.4	Segunda reducción	22
Figura 4.5	Tercera reducción	23
Figura 4.6	Diagrama final luego de reducir	23
Figura 4.7	Gráfico de la amplitud en el tiempo	24
Figura 7.1	Primera parte programa 1	29
Figura 7.2	Segunda parte programa 2	30
Figura 7.3	Primera parte programa 2	31
Figura 7.4	Segunda parte programa 2	32
Figura 7.5	Primera parte programa 3	33
Figura 7.6	Segunda parte programa 3	34
Figura 7.7	Primera parte programa 4	35
Figura 7.8	Segunda parte programa 4	35

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo implementar en MATLAB funciones de transferencia para distintos sistemas, con el fin de realizar un análisis de primer y segundo orden para los sistemas presentados. Este análisis debe hacerse utilizando función de lazo abierto y cerrado, todo esto debe ser implementado en MATLAB con el fin de comparar las distintas funciones. El objetivo de la segunda parte es lograr graficar correctamente la respuesta al escalón de un diagrama de bloque mediante herramientas de MATLAB. El presente informe se compone por esta introducción en donde se explican los objetivos del trabajo y la organización del informe. Luego se presenta el marco teórico correspondiente a una breve explicación de los conceptos claves y necesarios para poder comprender el informe del trabajo a totalidad, también se presentan formulas o procedimientos utilizados para completar el trabajo.

A continuación se presenta el desarrollo de la primera parte, el cual conociste en explicar como se llego a la solución de graficar las respuestas de lazo abierto y cerrado de ambas funciones, se presentan los gráficos obtenidos y la correspondiente comparación de los resultados.

El siguiente capítulo consta del desarrollo de la segunda parte del laboratorio en donde se explica el proceso realizado en MATLAB para graficar la respuesta al escalón del diagrama de bloque, aquí se exponen el gráfico obtenido y los pasos realizados para obtener el valor que toma la función de transferencia en el sistema.

Antes de finalizar el informe se presentan las conclusiones pertinentes del trabajo realizado, en este capítulo se exponen los pensamientos finales de lo obtenido, se hace una retrospectiva para evaluar si los objetivos generales y específicos fueron cumplidos en totalidad, se presentan las ultimas reflexiones sobre los resultados obtenidos y los análisis realizados, se nombran los problemas que pueden haberse encontrado al realizar las soluciones y finalmente lecciones aprendidas para futuros trabajos. El ultimo capítulo del presente informe corresponde a las referencias utilizadas a lo largo de este, es decir se presentan con detalle las referencias utilizadas principalmente en el capítulo del marco teórico y en los capítulos de desarrollo que fueron utilizadas para poder completar el laboratorio.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

En un sistema lineal e invariante en el tiempo, se puede describir la función de transferencia como el coeficiente de la transformada de Laplace de la salida y de la entrada del sistema, suponiendo condiciones iniciales iguales a 0. Utilizando esto se puede describir el comportamiento del sistema mediante su función de transferencia, en donde mediante ecuaciones algebraicas de $H(s)$, se puede obtener el número de orden del sistema, el cual corresponde al mayor exponente de s en la función. Esta función presenta diferentes características como que es una propiedad del sistema independiente de la magnitud y naturaleza de la entrada, a pesar de incluir las unidades necesarias para relacionar la entrada con la salida del sistema, no provee información sobre la estructura interna de este sistema, solo con poseer la función de transferencia de un sistema es posible comprender la naturaleza de este mediante diferentes entrada y la salida de este. (Facultad de Ingeniería, 2018a)

2.1.1 Estabilidad

Al analizar la estabilidad del sistema se tienen distintas opciones para calificar al sistema como estable, la primera es que al tener una entrada acotada produzca salidas acotadas del sistema, la segunda si el límite de $H(t)$ cuando t tiende a infinito es igual a 0, la tercera opción es que si todos los polos de la FT en el dominio de s , es decir los polos de $H(s)$ son estrictamente negativos, es decir todos los polos que tenga la FT son negativos. Finalmente la última opción y una de las más utilizadas en sistemas de orden mayor a 2, es el criterio de Routh-Horwitz, en el cual se debe contruir una tabla mediante una fórmula y evaluar lo obtenido en la tabla para clasificar al sistema como estable o inestable.

2.2 PROCESOS CONTINUOS

Estos son procesos en que se tiene una materia prima, la cual se encuentra ingresando constantemente por un extremo al sistema (posee la característica de funcionar permanentemente), y por tanto el sistema se encuentra constantemente sin detención ocupando materia prima para generar al producto. Son estos procesos los que necesitan sistemas de control, para regular el correcto funcionamiento del sistema y así reducir las probabilidades de fallar. En estos sistemas de control se hace una diferenciación entre los de lazo abierto y lazo cerrado, ambos serán explicados a continuación.

2.2.1 Lazo Abierto

Estos sistemas son aquellos sin retroalimentación, es decir solo dependen de la entrada que se proporcione al sistema, en otras palabras la señal de salida no llega a ser una señal de entrada, solo ingresa al sistema la señal de entrada original. Las ventajas de utilizar estos sistemas son que es un sistema sencillo y de fácil implementación, pero tiene desventajas como que su estabilidad no se encuentra asegurada si se presenta una perturbación y que la precisión depende solo de la previa calibración. A continuación un ejemplo de sistema de lazo abierto.(García, 2017)

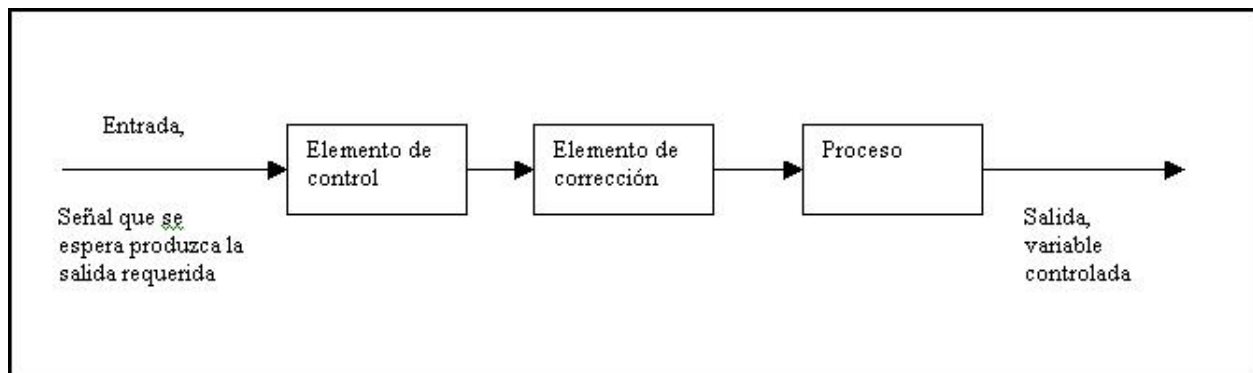


Figura 2.1: Ejemplo sistema de lazo abierto

2.2.2 Lazo Cerrado

Estos son aquellos sistemas que presentan retroalimentación, es decir la salida del sistema entra a este nuevamente como parte de la entrada del sistema, la señal de salida pasa a ser señal de entrada, por lo que esta salida afecta en el control del sistema. Estos se caracterizan por ser sistemas más complejos de comprender e implementar, pero con la posibilidad de más parámetros, además de permanecer estable a perturbación externas y variaciones internas. Esto como se presenta en el siguiente ejemplo de sistema de lazo cerrado. (García, 2017)

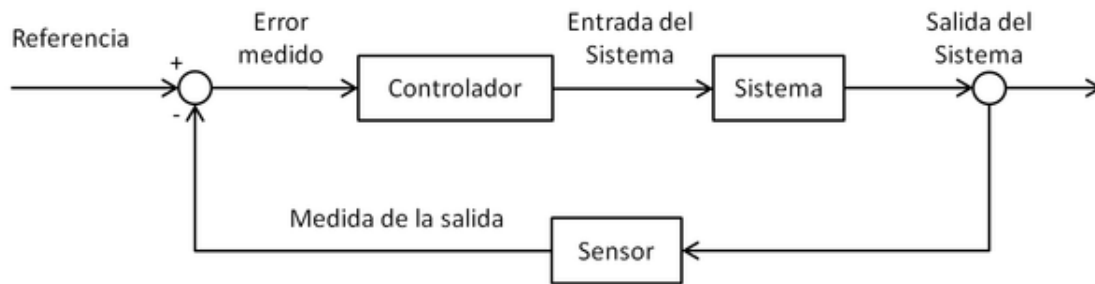


Figura 2.2: Ejemplo sistema de lazo cerrado

2.3 REDUCCIÓN DIAGRAMA DE BLOQUES

Con el fin de facilitar el trabajo en un diagrama de bloques, es posible efectuar múltiples reducciones, algunas generales consisten en mover los puntos de ramificación y puntos de suma, también es posible sumar los bloques en serie y solo dejar un bloque (Con otro H). Cualquier grupo de bloques conectados en cascada o serie sin carga pueden reducirse a un bloque con función de transferencia como la multiplicación de la FT de los bloques reducidos; en el caso de tener bloques conectados en paralelo al reducir la FT será la suma de las FT de los bloques reducidos, si no se presentan sumadores en las salidas o entradas. Recordar que la dirección permanece igual al tener producto de funciones de transferencia, además el producto de FT al rededor del lazo debe ser el mismo, utilizando propiedades de álgebra de bloques. (Facultad de Ingeniería, 2018b)

CAPÍTULO 3. DESARROLLO PRIMERA PARTE

A continuación se muestra los gráficos de lazo abierto y lazo cerrado para cada función solicitada en el laboratorio. Notar que algunos valores obtenidos en el cuadro comparativo son los resultados de funciones mismas que viene en el lenguaje Matlab, y en los cuales se puede ver el código que se usó para lograrlo en el anexo.

3.1 FUNCIÓN 1

En el primer ejercicio de la parte uno del laboratorio, se tiene la siguiente función:

$$3\frac{\partial y(t)}{\partial t} + 2y(t) = 3\frac{\partial u(t)}{\partial t}; y(0) = 1, u(0) = 0$$

En el cual, para desarrollarlo de mejor manera, se utilizará la transformada de laplace para ver el comportamiento (conociendo su función de transferencia). Entonces, al aplicar la transformada:

$$\mathcal{L}\left\{3\frac{\partial y(t)}{\partial t} + 2y(t)\right\} = 3\frac{\partial u(t)}{\partial t}$$

Los cálculos son triviales, por lo que no requiere un paso a paso de la solución para llegar a la función. Sabiendo que la función $u(t)$ es un escalón:

$$Y(s) = \frac{3s}{3s + 2}U(s) + \frac{3}{3s + 2}$$

Tabla 3.1: Datos importantes de la función obtenida

Nombre	Valor
Función de transferencia	$H(s) = \frac{3s}{3s+2}$
RESC	$\frac{3}{3s+2}$
RENC	$\frac{3}{3s+2}$
Ceros	$\{0\}$
Polos	$\{-\frac{2}{3}\}$
Estable	sí
Tipo de sistema	propio
Ganancia estática	0
Tiempo de estabilización	4.5[s]
wn	0,66667
z	-0,66667

En el caso de este sistema es clasificado como estable, ya que al estudiar los polos de la función de transferencia del sistema, estos polos son estrictamente negativos, por lo que el sistema puede ser categorizado como estable.

3.1.1 Lazo abierto

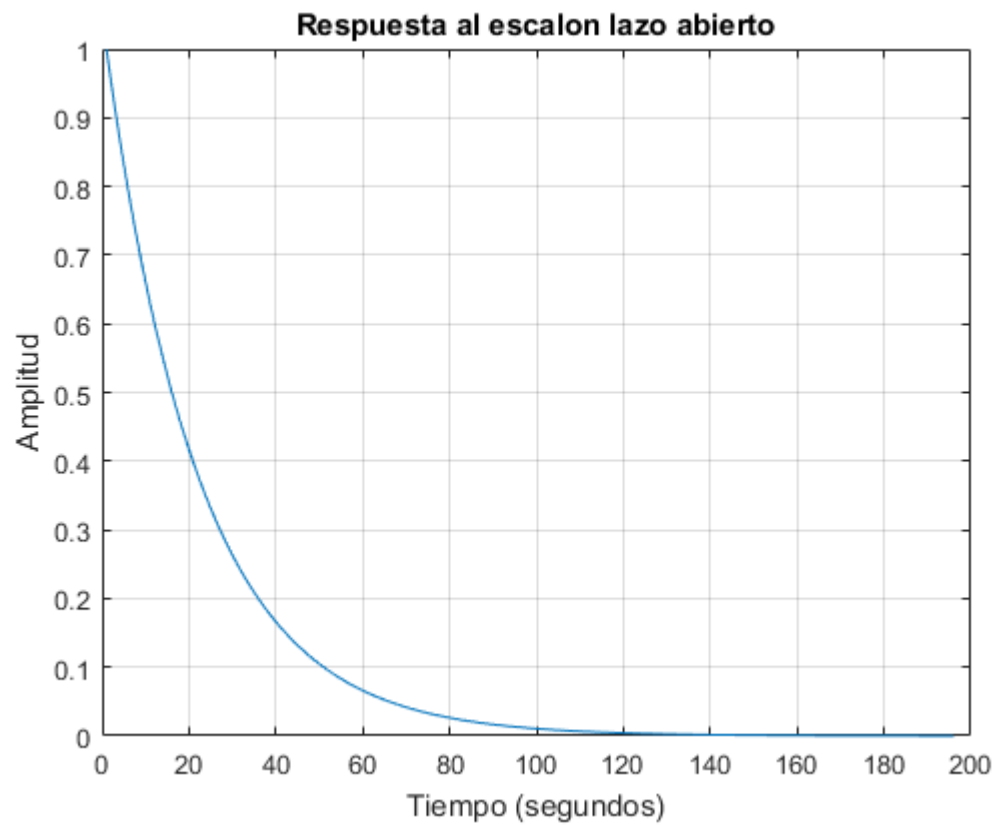


Figura 3.1: Gráfico del lazo abierto

3.1.2 Lazo cerrado

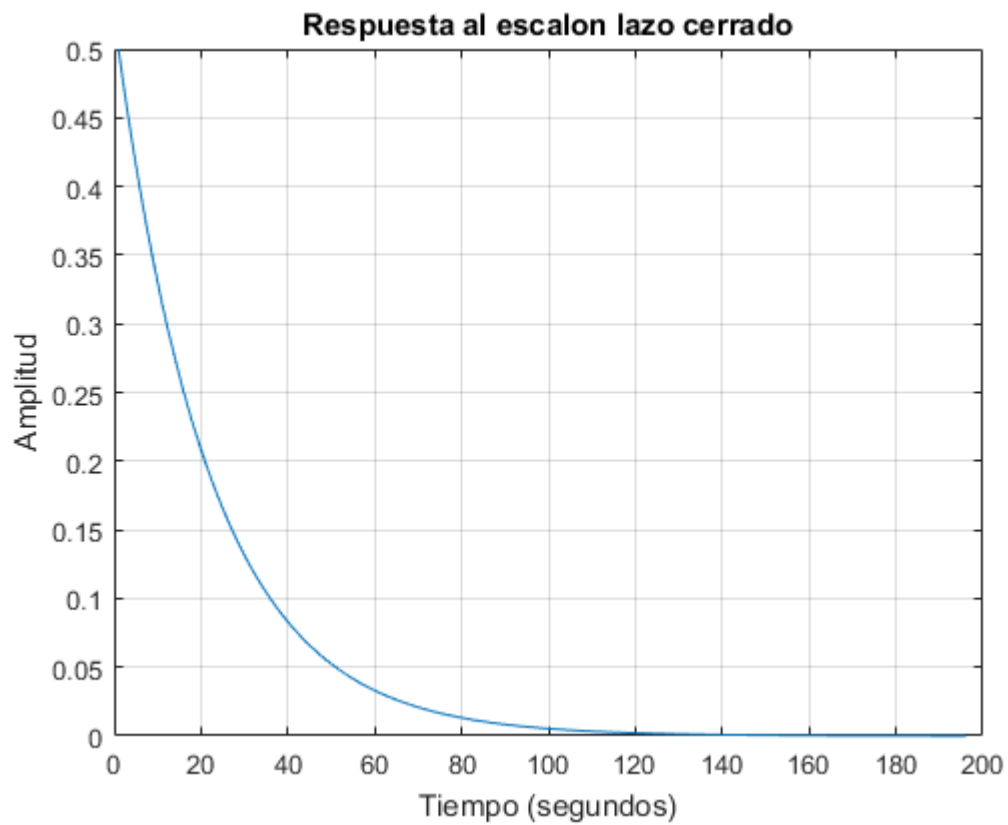


Figura 3.2: Gráfico del lazo cerrado

3.1.3 Comparación

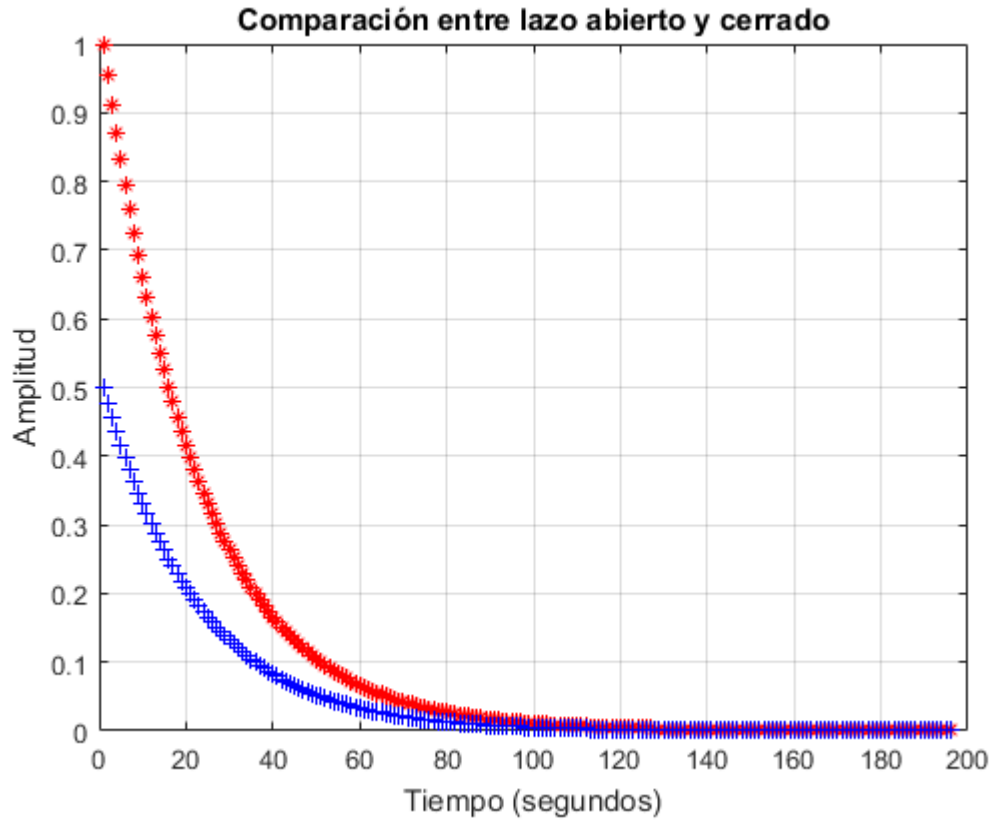


Figura 3.3: Gráfico comparativo de lazo abierto (rojo) y cerrado (azul)

3.2 FUNCIÓN 2

En el primer ejercicio de la parte uno del laboratorio, se tiene la siguiente función:

$$\frac{\partial^2 y(t)}{\partial t^2} + 2\frac{\partial y(t)}{\partial t} + 7y(t) - \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} - 8\frac{\partial u(t)}{\partial t} - u(t) = 0$$

En el que las condiciones iniciales para el sistema son: $y(0) = 1$, $\frac{\partial y(0)}{\partial t} = 1$, $\frac{\partial u(0)}{\partial t} = 0$, $u(0) = 0$. Para desarrollarlo de mejor manera, se utilizará la transformada de Laplace para ver el comportamiento (conociendo su función de transferencia). Entonces, al aplicar la transformada:

$$\mathcal{L}\left\{\frac{\partial^2 y(t)}{\partial t^2} + 2\frac{\partial y(t)}{\partial t} + 7y(t) - \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} - 8\frac{\partial u(t)}{\partial t} - u(t) = 0\right\}$$

y luego resolviendo la función:

$$(s^2 + 2s + 7)Y = (s^2 + 8s)U + s + 3$$

Se llega al resultado final:

$$Y(s) = \frac{s^2 + 8s}{s^2 + 2s + 7}U(s) + \frac{s + 3}{s^2 + 2s + 7}$$

Tabla 3.2: Datos importantes de la función obtenida

Nombre	Valor
Función de transferencia	$H(s) = \frac{s^2 + 8s}{s^2 + 2s + 7}$
RESC	$\frac{s + 8}{s^2 + 2s + 7}$
RENC	$\frac{s + 3}{s^2 + 2s + 7}$
Ceros	$\{-8, 0\}$
Polos	$\{-1 \pm 2.4495i\}$
Estable	polos $\notin R$
Tipo de sistema	Propio
Ganancia estática	0.142857
Tiempo de estabilización	3[s]
wn	2.645751
z	0.377964

En el caso de este sistema es clasificado como no estable, ya que al analizar los polos de la función de transferencia del sistema, estos polos no pertenecen al conjunto de los números reales, por lo tanto no se puede clasificar el sistema como estable.

3.2.1 Lazo abierto

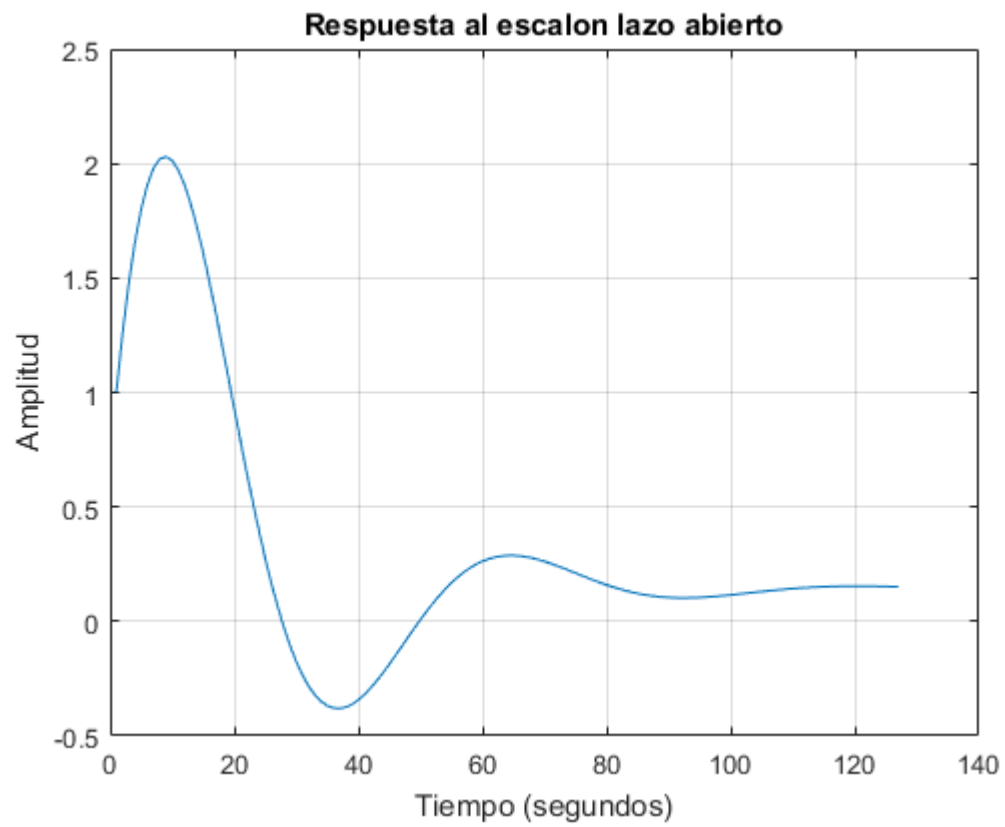


Figura 3.4: Gráfico del lazo abierto

3.2.2 Lazo cerrado

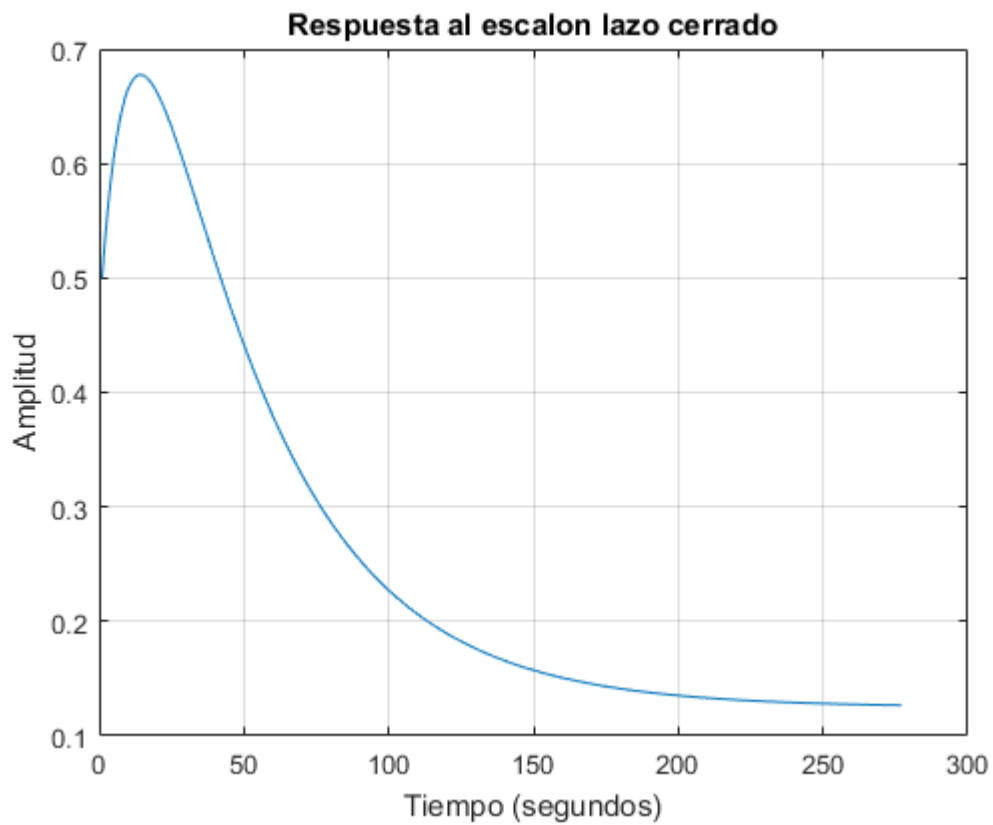


Figura 3.5: Gráfico del lazo cerrado

3.2.3 Comparación

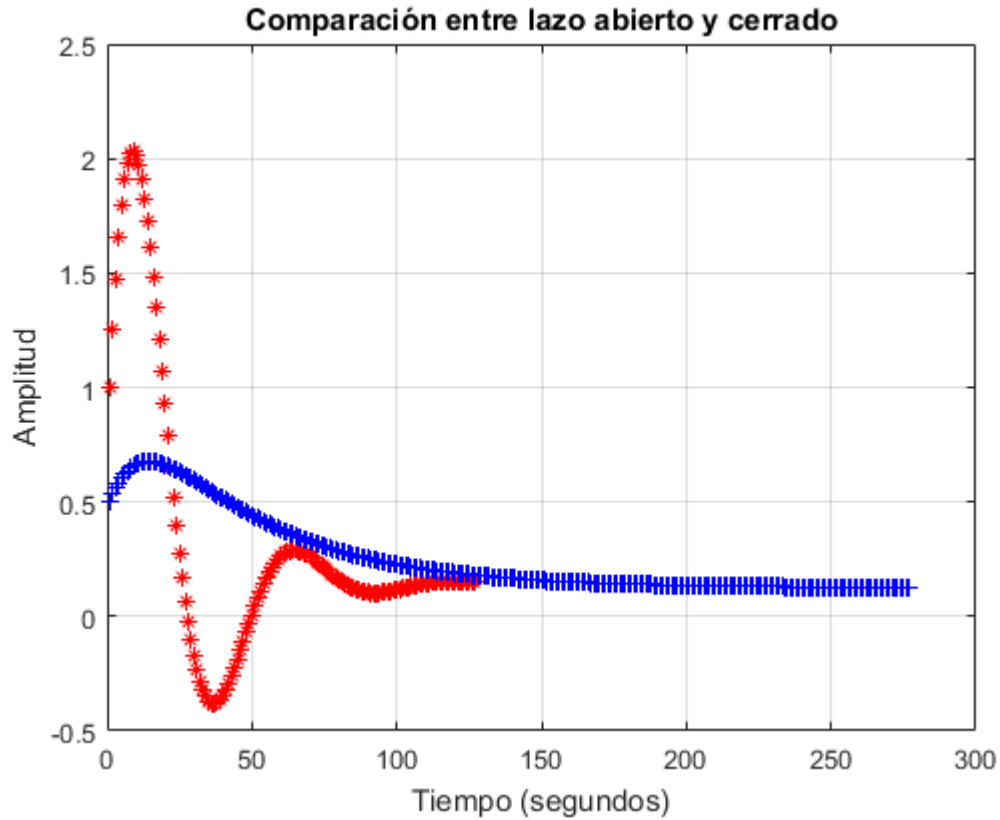


Figura 3.6: Gráfico comparativo de lazo abierto y cerrado

3.3 FUNCIÓN 3

A continuación, se pide realizar una función de tercer orden

$$\frac{\partial^3 y(t)}{\partial t^3} + y(t) = u(t)$$

En el que las condiciones iniciales para el sistema son: $y(0) = 0$, $\frac{\partial y(0)}{\partial t} = 0$, $\frac{\partial^2 y(0)}{\partial t^2} = 0$. Para desarrollarlo de mejor manera, se utilizará la transformada de Laplace para ver el comportamiento (conociendo su función de transferencia). Entonces, al aplicar la transformada:

$$\mathcal{L}\left\{\frac{\partial^3 y(t)}{\partial t^3} + y(t) = u(t)\right\}$$

Por simplicidad del ejercicio, se llega al resultado final:

$$Y(s) = \frac{1}{s^3 + 1} U(s)$$

Tabla 3.3: Datos importantes de la función obtenida

Nombre	Valor
Función de transferencia	$H(s) = \frac{1}{s^3+1}$
RESC	$\frac{1}{s^4+s}$
RENC	0
Ceros	{}
Polos	$\{-1, 0,5 \pm 0,8660i\}$
Estable	No
Tipo de sistema	Estrictamente propio
Ganancia estática	1
Tiempo de estabilización	3[s]
wn	1
z	-0.5, 1

En el caso de este sistema es clasificado como no estable, ya que al analizar los polos de la función de transferencia del sistema, estos polos no son estrictamente negativos, por lo que el sistema es inestable .

3.3.1 Lazo abierto

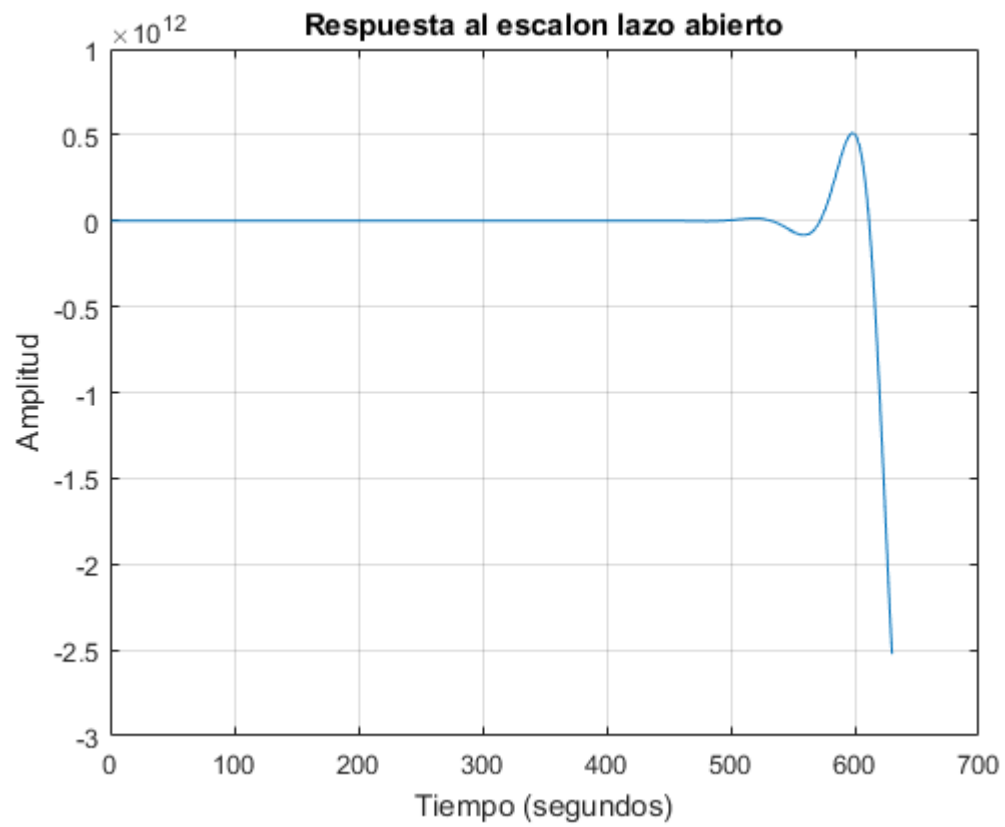


Figura 3.7: Gráfico del lazo abierto

3.3.2 Lazo cerrado

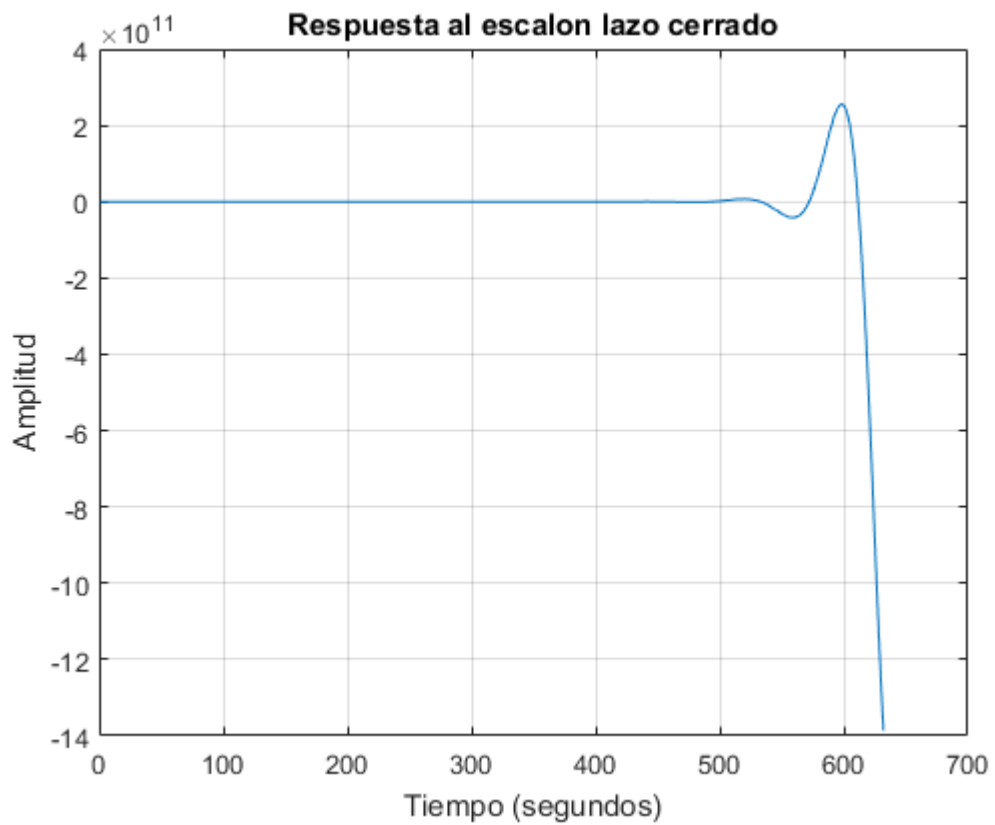


Figura 3.8: Gráfico del lazo cerrado

3.3.3 Comparación

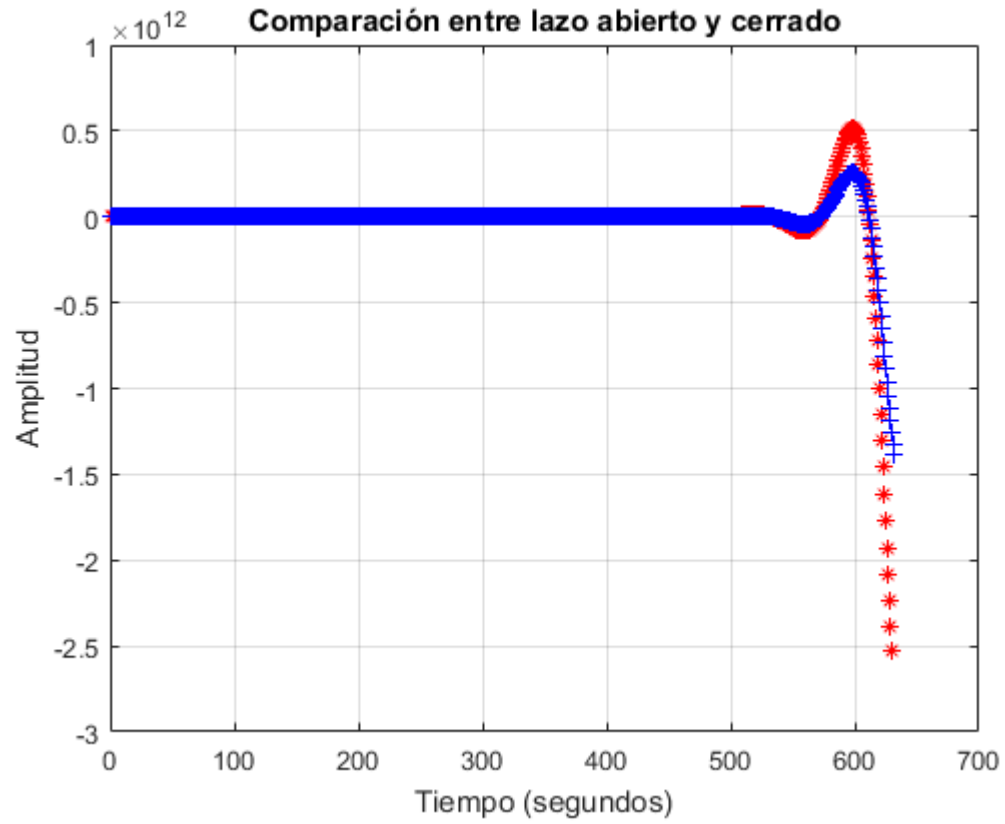


Figura 3.9: Gráfico comparativo de lazo abierto y cerrado

CAPÍTULO 4. DESARROLLO SEGUNDA PARTE

En esta parte del laboratorio, se pide hacer un buen manejo sobre álgebra de diagramas. El problema está en reducir los H para lograr obtener un H equivalente a todos los demás, el cual responda con la misma salida ante la entrada, y es por esto, que se irá diciendo paso a paso la idea para lograr una mayor comprensión (el código se puede ver en anexos).

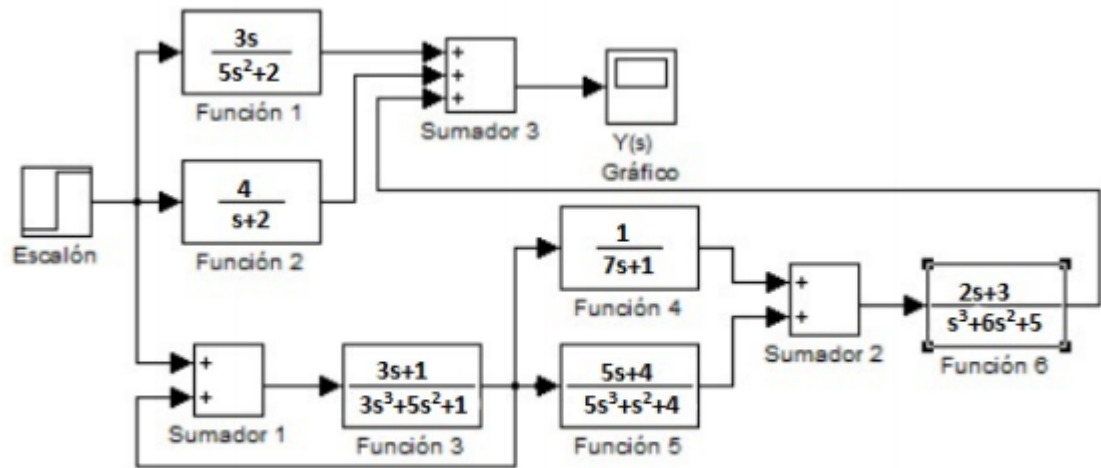


Figura 4.1: Problema inicial

Para presentar el modelo de manera más simple y trabajar en la reducción, se tiene el siguiente diagrama:

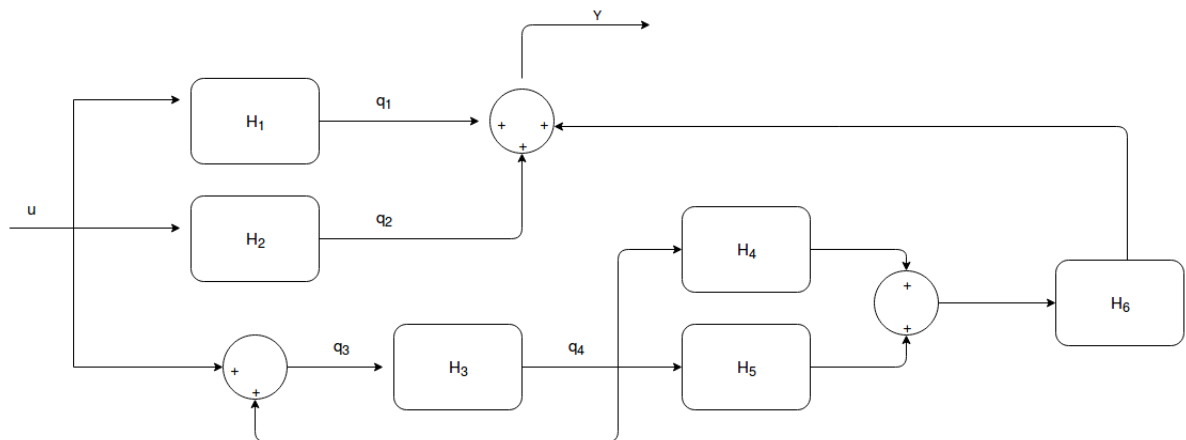


Figura 4.2: Problema inicial para reducir

Entonces, se procede a buscar un H_7 equivalente a H_3 :

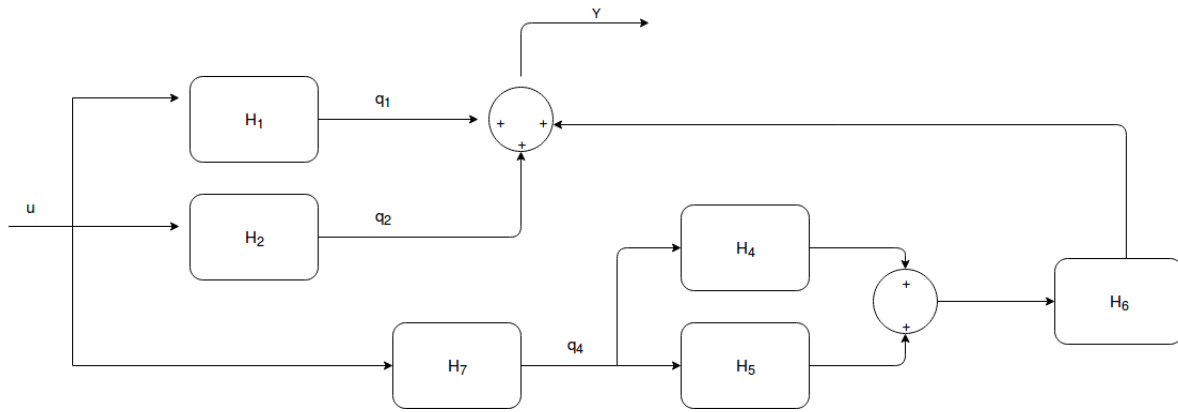


Figura 4.3: Primera reducción

Luego se reducen H_4 y H_5 junto con su sumador, formando un nuevo H_8 :

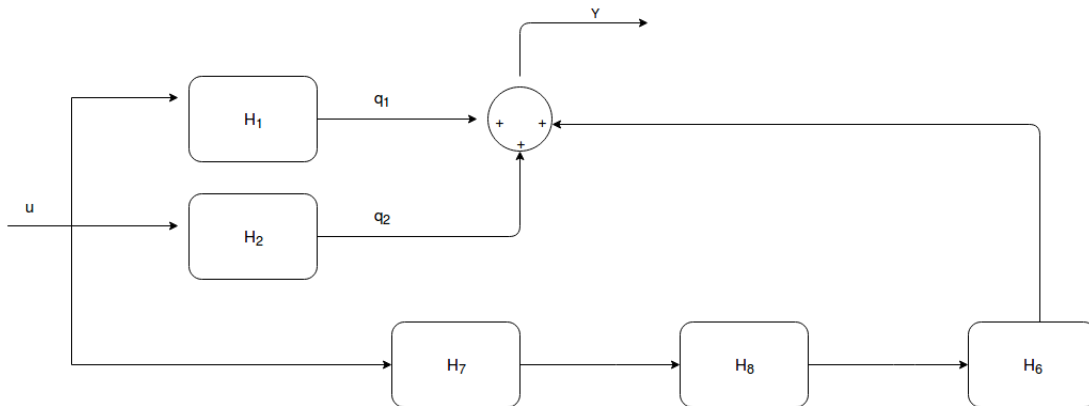


Figura 4.4: Segunda reducción

Una vez hecho esto, se procede a sumar los H_7 , H_8 y H_6 que están en serie para dejar un nuevo H_9 :

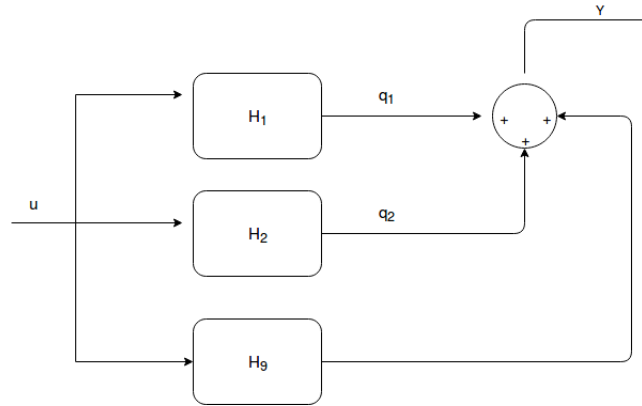


Figura 4.5: Tercera reducción

Finalmente se tienen H_1 , H_2 y h_9 en paralelo, por lo que reduciendo, se llega H_{final} :

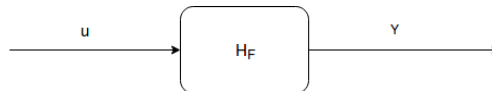


Figura 4.6: Diagrama final luego de reducir

Para terminar el desarrollo de la parte 2 es necesario graficar la respuesta al impulso del sistema, luego de reducir el sistema gracias al código realizado presentado en el capítulo de anexos, se puede graficar la respuesta al escalón de este sistema, este gráfico se presenta a continuación:

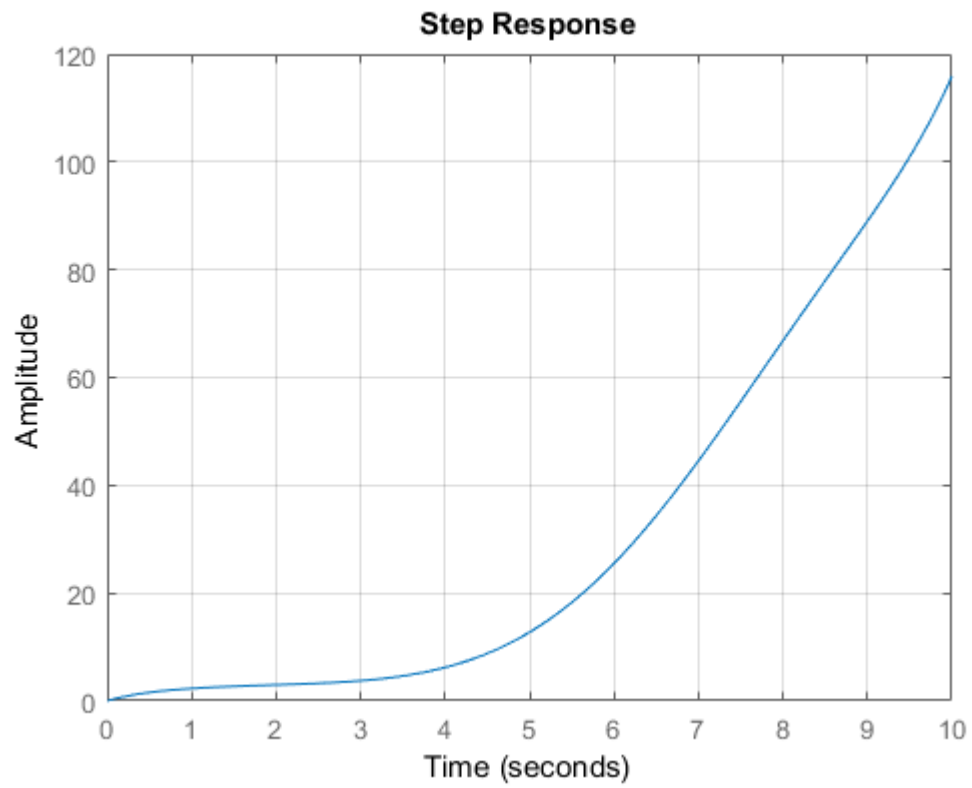


Figura 4.7: Gráfico de la amplitud en el tiempo

CAPÍTULO 5. MANUAL DE USUARIO

Al ser corrido en programa con MATLAB los resultados son entregados rápidamente al compilar y ejecutar cada uno de ellos, por lo que no se considera necesario imágenes ilustrativas para mostrar el funcionamiento, ya que al correr los programas se obtienen los resultados que fueron utilizados para el análisis presentado en el presente informe.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

En este capítulo se exponen las reflexiones finales sobre el trabajo realizado, conclusiones sobre los resultados obtenidos, dificultades presentadas, evaluación de objetivos y lecciones aprendidas a lo largo de la realización del laboratorio.

A modo de sintetizar ambas partes del laboratorio, se puede decir que en la primera parte las dos funciones presentadas se aplicó transformada de Laplace y se desarrollaron para poder identificar sus partes y características como el RESC y RENC, luego se gráfico el sistema de lazo abierto y lazo cerrado para cada sistema, en estos se puede observar la comparación entre los dos lazos para cada función, en donde la diferencias se observan claramente para cada sistema, en las 2 primeras comparaciones realizadas se puede observar que el lazo cerrado tiene menor amplitud que lazo abierto, en el caso de la primera función ambos sistemas convergen a 0 de amplitud, pero el de lazo cerrado se acerca antes a 0, para la segunda función de grado 2 se puede ver que la gráfica de lazo abierto varía mucho más su amplitud y en menor tiempo antes de converger cerca de 0.25 de amplitud, lazo cerrado sube un poco desde 0.5 para luego bajar hasta acercarse a 0.25, luego para la tercera función propuesta de grado 3 la amplitud es mayor en el sistema de lazo abierto, al igual que los dos casos anteriores, pero en esta comparación se puede observar que el comportamiento es bastante similar y las diferencias son menores; cerca de los 570 segundos se va a positivo la amplitud y un poco antes de los 600 segundos esta disminuye drásticamente hacia valores negativos. Una de las dificultades encontradas en esta parte del laboratorio, fue que la función fue entregada erróneamente, ya que los datos de inicio estaba equivocados y eso implicó tiempo perdido tratando de ver cual era el procedimiento que estaba hecho de forma incorrecta (no habiendo ninguno).

Luego en la segunda parte se puede decir que se considera que el programa fue bien realizado, este realiza todo lo necesario y el gráfico obtenido es correcto; en las reducciones del sistema no se encontraron mayores dificultades en esos pasos, eso sí el proceso de graficar el sistema en cada uno de estos pasos de la reducción fue tediosos en el desarrollo del trabajo. Tampoco se tuvieron problemas para graficar la respuesta al impulso de este sistema, todo presentado en el capítulo 5.

Finalmente se considera que el trabajo fue resuelto correctamente, se cumplieron los objetivos generales y específicos del laboratorio, no se presentaron mayores dificultades en el desarrollo de la solución ni en el análisis realizado posteriormente a la obtención de las soluciones a los problemas planteados; por lo que no se tienen mayores lecciones aprendidas para próximos laboratorios.

CAPÍTULO 7. ANEXOS

7.1 CÓDIGO DE IMPLEMENTACIÓN PRIMERA PARTE DEL LABORATORIO

A continuación se presentan los códigos para los 4 programas realizados en MATLAB, se optó por separar estos para poder mostrar de mejor manera la realización de cada uno de estos y asegurar su funcionamiento independiente, por lo tanto a continuación se presenta el código para el primer programa. Este programa es la solución a la primera función de la primera parte del desarrollo

```
Editor - C:\Users\RichardTorti\Desktop\Modelación\Lab 2\part1a.m
part1a.m x part1b.m x part1c.m x Part2.m x +
1 %Se crea una nueva figura
2 figure(1)
3 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 1 en lazo
4 %abierto
5 ht1 = step([3 0],[3 2]);
6 plot(ht1)
7 %Se asigna el label x
8 xlabel('Tiempo (segundos)')
9 %Se asigna el label y
10 ylabel('Amplitud')
11 %Se asigna el label titulo
12 title('Respuesta al escalon lazo abierto')
13 grid('on')
14
15 %Se crea una nueva figura
16 figure(2)
17 %Se obtienen los valores para transformar el lazo cerrado
18 [num, den] = cloop([3 0],[3 2]);
19 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 1 en lazo
20 %abierto
21 ht2 = step(num, den);
22 plot(ht2)
23 %Se asigna el label x
24 xlabel('Tiempo (segundos)')
25 %Se asigna el label y
26 ylabel('Amplitud')
27 %Se asigna el label titulo
28 title('Respuesta al escalon lazo cerrado')
29 grid('on')
30
31 %Se crea una nueva figura
32 figure(3)
33 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color rojo
34 plot(ht1, 'r *')
35 %Para que no se borre el grafico
36 hold('on')
37 %Se grafica los valores del lazo cerrado con + y color azul
38 plot(ht2, 'b +')
39 %Se asigna el label x
40 xlabel('Tiempo (segundos)')
41 %Se asigna el label y
42 ylabel('Amplitud')
43 %Se asigna el label titulo
```

Figura 7.1: Primera parte programa 1

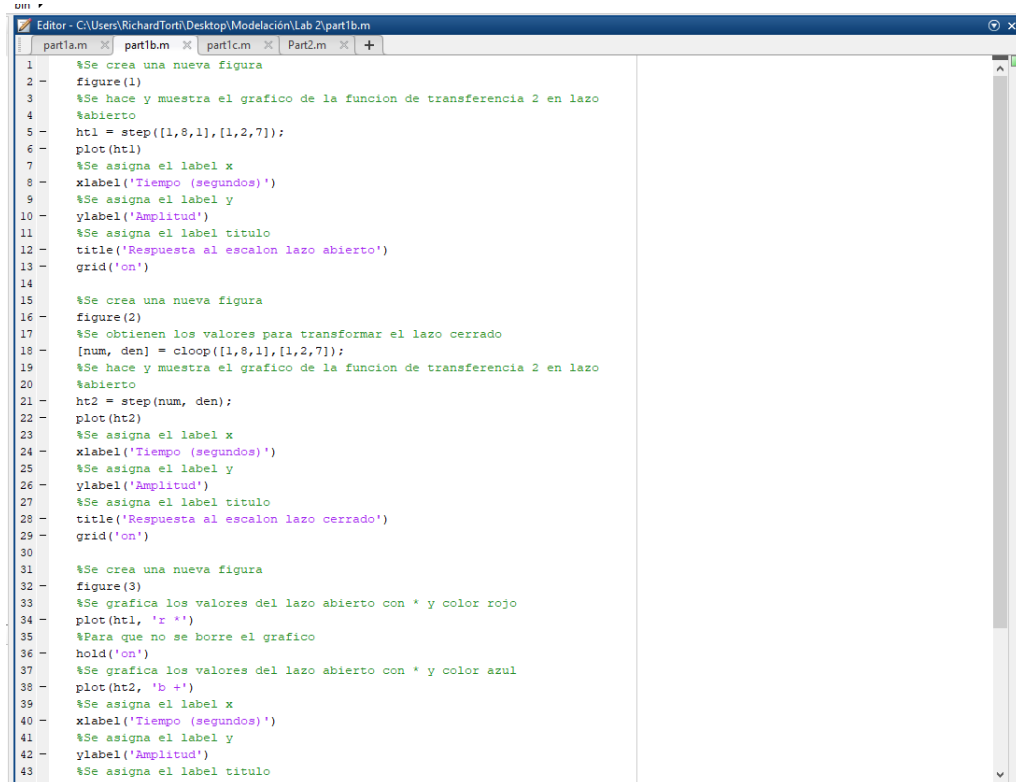
```

12 - title('Respuesta al escalon lazo abierto')
13 - grid('on')
14
15 - %Se crea una nueva figura
16 - figure(2)
17 - %Se obtienen los valores para transformar el lazo cerrado
18 - [num, den] = cloop([3 0],[3 2]);
19 - %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia l en lazo
20 - %abierto
21 - ht2 = step(num, den);
22 - plot(ht2)
23 - %Se asigna el label x
24 - xlabel('Tiempo (segundos)')
25 - %Se asigna el label y
26 - ylabel('Amplitud')
27 - %Se asigna el label titulo
28 - title('Respuesta al escalon lazo cerrado')
29 - grid('on')
30
31 - %Se crea una nueva figura
32 - figure(3)
33 - %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color rojo
34 - plot(ht1, 'r *')
35 - %Para que no se borre el grafico
36 - hold('on')
37 - %Se grafica los valores del lazo cerrado con + y color azul
38 - plot(ht2, 'b +')
39 - %Se asigna el label x
40 - xlabel('Tiempo (segundos)')
41 - %Se asigna el label y
42 - ylabel('Amplitud')
43 - %Se asigna el label titulo
44 - title('Comparación entre lazo abierto y cerrado')
45 - grid('on')
46
47 - ganancia = dcgain ([3 0] , [3 2]);
48 - [ wn, z , polos] = damp([3 2]);
49 - tiempo= 3/(wn*z);
50 - fprintf("Ganancia estatica: %f\n", ganancia);
51 - fprintf("wn: %f\n", wn);
52 - fprintf("z: %f\n", z);
53 - fprintf("polos: %f\n", polos);
54 - fprintf("tiempo de estabilización: %f[s]\n", tiempo);

```

Figura 7.2: Segunda parte programa 2

Ahora se presenta un par de imágenes, las cuales muestran el código implementado para el segundo programa, el cual es la solución a la segunda función y la primera parte:



```
1 %Se crea una nueva figura
2 figure(1)
3 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 2 en lazo
4 %abierto
5 ht1 = step([1,8,1],[1,2,7]);
6 plot(ht1)
7 %Se asigna el label x
8 xlabel('Tiempo (segundos)')
9 %Se asigna el label y
10 ylabel('Amplitud')
11 %Se asigna el label titulo
12 title('Respuesta al escalon lazo abierto')
13 grid('on')
14
15 %Se crea una nueva figura
16 figure(2)
17 %Se obtienen los valores para transformar el lazo cerrado
18 [num, den] = cloop([1,8,1],[1,2,7]);
19 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 2 en lazo
20 %abierto
21 ht2 = step(num, den);
22 plot(ht2)
23 %Se asigna el label x
24 xlabel('Tiempo (segundos)')
25 %Se asigna el label y
26 ylabel('Amplitud')
27 %Se asigna el label titulo
28 title('Respuesta al escalon lazo cerrado')
29 grid('on')
30
31 %Se crea una nueva figura
32 figure(3)
33 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color rojo
34 plot(ht1, 'r *')
35 %Para que no se borre el grafico
36 hold('on')
37 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color azul
38 plot(ht2, 'b +')
39 %Se asigna el label x
40 xlabel('Tiempo (segundos)')
41 %Se asigna el label y
42 ylabel('Amplitud')
43 %Se asigna el label titulo
```

Figura 7.3: Primera parte programa 2

```

12 - title('Respuesta al escalon lazo abierto')
13 - grid('on')
14
15 %Se crea una nueva figura
16 - figure(2)
17 %Se obtienen los valores para transformar el lazo cerrado
18 - [num, den] = cloop([1,0,1],[1,2,7]);
19 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 2 en lazo
20 %abierto
21 - ht2 = step(num, den);
22 - plot(ht2)
23 %Se asigna el label x
24 - xlabel('Tiempo (segundos)')
25 %Se asigna el label y
26 - ylabel('Amplitud')
27 %Se asigna el label titulo
28 - title('Respuesta al escalon lazo cerrado')
29 - grid('on')
30
31 %Se crea una nueva figura
32 - figure(3)
33 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color rojo
34 - plot(ht1, 'r *')
35 %Para que no se borre el grafico
36 - hold('on')
37 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color azul
38 - plot(ht2, 'b +')
39 %Se asigna el label x
40 - xlabel('Tiempo (segundos)')
41 %Se asigna el label y
42 - ylabel('Amplitud')
43 %Se asigna el label titulo
44 - title('Comparación entre lazo abierto y cerrado')
45 - grid('on')
46
47 - ganancia = dcgain ([1 0 1] , [1 2 7]);
48 - [ wn, z , polos] = damp([1 2 7]);
49 - tiempo= 3/(wn.*z);
50 - fprintf("Ganancia estatica: %f\n", ganancia);
51 - fprintf("wn: %f\n", wn);
52 - fprintf("z: %f\n", z);
53 - fprintf("polos: %f\n", polos);
54 - fprintf("tiempo de estabilización: %f[s]\n", tiempo);

```

Figura 7.4: Segunda parte programa 2

Luego se presenta el código del tercer programa, el cual es la solución de la tercera función propuesta en la primera parte del desarrollo:


```

Editor - C:\Users\RichardTorti\Desktop\Modelación\Lab 2\part1c.m
part1a.m x part1b.m x part1c.m x Part2.m x +
1 %Se crea una nueva figura
2 figure(1)
3 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 3 en lazo
4 %abierto
5 ht1 = step([0 0 0 1],[1 0 0 1]);
6 plot(ht1)
7 %Se asigna el label x
8 xlabel('Tiempo (segundos)')
9 %Se asigna el label y
10 ylabel('Amplitud')
11 %Se asigna el label titulo
12 title('Respuesta al escalon lazo abierto')
13 grid('on')
14
15 %Se crea una nueva figura
16 figure(2)
17 [num, den] = cloop([0 0 0 1],[1 0 0 1]);
18 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 3 en lazo
19 %abierto
20 ht2 = step(num, den);
21 plot(ht2)
22 %Se asigna el label x
23 xlabel('Tiempo (segundos)')
24 %Se asigna el label y
25 ylabel('Amplitud')
26 %Se asigna el label titulo
27 title('Respuesta al escalon lazo cerrado')
28 grid('on')
29
30 %Se crea una nueva figura
31 figure(3)
32 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color rojo
33 plot(ht1, 'r *')
34 %Para que no se borre el grafico
35 hold('on')
36 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color azul
37 plot(ht2, 'b +')
38 %Se asigna el label x
39 xlabel('Tiempo (segundos)')
40 %Se asigna el label y
41 ylabel('Amplitud')
42 %Se asigna el label titulo
43 title('Comparación entre lazo abierto y cerrado')

```

Figura 7.5: Primera parte programa 3

```

11 %Se asigna el label titulo
12 title('Respuesta al escalon lazo abierto')
13 grid('on')
14
15 %Se crea una nueva figura
16 figure(2)
17 [num, den] = cloop([0 0 0 1],[1 0 0 1]);
18 %Se hace y muestra el grafico de la funcion de transferencia 3 en lazo
19 %abierto
20 ht2 = step(num, den);
21 plot(ht2)
22 %Se asigna el label x
23 xlabel('Tiempo (segundos)')
24 %Se asigna el label y
25 ylabel('Amplitud')
26 %Se asigna el label titulo
27 title('Respuesta al escalon lazo cerrado')
28 grid('on')
29
30 %Se crea una nueva figura
31 figure(3)
32 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color rojo
33 plot(ht1, 'r *')
34 %Para que no se borre el grafico
35 hold('on')
36 %Se grafica los valores del lazo abierto con * y color azul
37 plot(ht2, 'b +')
38 %Se asigna el label x
39 xlabel('Tiempo (segundos)')
40 %Se asigna el label y
41 ylabel('Amplitud')
42 %Se asigna el label titulo
43 title('Comparación entre lazo abierto y cerrado')
44 grid('on')
45
46 ganancia = dgain([0 0 0 1], [1 0 0 1]);
47 [wn, z, polos] = damp([1 0 0 1]);
48 tiempo= 3/(wn.*z);
49 fprintf("Ganancia estatica: %f\n", ganancia);
50 fprintf("wn: %f\n", wn);
51 fprintf("z: %f\n", z);
52 fprintf("polos: %f\n", polos);
53 fprintf("tiempo de estabilización: %f\n", tiempo);

```

Figura 7.6: Segunda parte programa 3

7.2 CÓDIGO DE IMPLEMENTACIÓN SEGUNDA PARTE DEL LABORATORIO

Finalmente se presenta el código con el cual fue resulta la segunda parte del laboratorio:

```

Editor - C:\Users\RichardTorti\Desktop\Modelación\Lab 2\Part2.m
part1a.m  part1b.m  part1c.m  Part2.m  +
1  %Se escribe el numerador en forma polonomial de la función de transferencia
2  %1
3  num1 = [0 0 3 0];
4  %Se escribe el denominador en forma polonomial de la función de
5  %transferencia 1
6  den1 = [0 5 0 2];
7  %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el
8  %numerador y denominador anteriormente determinado
9  h1 = tf(num1,den1);
10 %Se escribe el numerador en forma polonomial de la función de transferencia
11 %2
12 num2 = [0 0 0 4];
13 %Se escribe el denominador en forma polonomial de la función de
14 %transferencia 2
15 den2 = [0 0 1 2];
16 %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el
17 %numerador y denominador anteriormente determinado
18 h2 = tf(num2,den2);
19 %Se escribe el numerador en forma polonomial de la función de transferencia
20 %3
21 num3 = [0 0 3 1];
22 %Se escribe el denominador en forma polonomial de la función de
23 %transferencia 3
24 den3 = [3 5 0 1];
25 %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el
26 %numerador y denominador anteriormente determinado
27 h3 = tf(num3,den3);
28 %Se escribe el numerador en forma polonomial de la función de transferencia
29 %4
30 num4 = [0 0 0 1];
31 %Se escribe el denominador en forma polonomial de la función de
32 %transferencia 4
33 den4 = [0 0 7 1];
34 %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el
35 %numerador y denominador anteriormente determinado
36 h4 = tf(num4,den4);
37 %Se escribe el numerador en forma polonomial de la función de transferencia
38 %5
39 num5 = [0 0 5 4];
40 %Se escribe el denominador en forma polonomial de la función de
41 %transferencia 5
42 den5 = [5 1 0 4];
43 %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el

```

Figura 7.7: Primera parte programa 4

```

Editor - C:\Users\RichardTorti\Desktop\Modelación\Lab 2\Part2.m
part1a.m  part1b.m  part1c.m  Part2.m  +
32 %transferencia 4
33 den4 = [0 0 7 1];
34 %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el
35 %numerador y denominador anteriormente determinado
36 h4 = tf(num4,den4);
37 %Se escribe el numerador en forma polonomial de la función de transferencia
38 %5
39 num5 = [0 0 5 4];
40 %Se escribe el denominador en forma polonomial de la función de
41 %transferencia 5
42 den5 = [5 1 0 4];
43 %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el
44 %numerador y denominador anteriormente determinado
45 h5 = tf(num5,den5);
46 %Se escribe el numerador en forma polonomial de la función de transferencia
47 %6
48 num6 = [0 0 2 3];
49 %Se escribe el denominador en forma polonomial de la función de
50 %transferencia 6
51 den6 = [1 6 0 5];
52 %Se crea la estructura de función de transferencia en matlab con el
53 %numerador y denominador anteriormente determinado
54 h6 = tf(num6,den6);
55
56 %Se crea una nueva función de transferencia que sea equivalente a H3 y a la
57 %vez, con feedback positivo de la misma
58 h7 = feedback(h3, 1, +1);
59 %Se crea una nueva función de transferencia que sea equivalente a H4 y
60 %paralela con H5
61 h8 = parallel(h4, h5);
62 %Se tienen 3 funciones de transferencia en serie, por lo que se crea una
63 %nueva F.T auxiliar, en donde esta en serie H7 y H8
64 h9 = series(h7, h8);
65 %Luego se le añade H6 que esta en serie con la funcion anterior
66 h9 = series(h9, h6);
67 %Se obtiene la funcion de transferencia final, la cual es la suma de H1, H2
68 hf = parallel(h1, h2);
69 %Y la F.T final del otro circuito
70 hf = parallel(hf, h9);
71
72 %Se grafica la funcion obtenida con un intervalo de 0 a 10
73 step(hf,10);
74 grid on;

```

Figura 7.8: Segunda parte programa 4

BIBLIOGRAFÍA

Facultad de Ingeniería, V., Universidad de Carabobo (2018a). Función de transferencia. - recuperado desde http://www.ing.uc.edu.ve/~dgramos/tem3/tema3_1.htm".

Facultad de Ingeniería, V., Universidad de Carabobo (2018b). Reducción de un diagrama de bloques. Recuperado desde http://www.ing.uc.edu.ve/~dgramos/tem3/tema3_1.htm".

García, J. M. (2017). Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas. "<http://dinamica-de-sistemas.com/elibros.htm>".