1. **Indicar las diferencias entre un sistema a lazo abierto y un sistema a lazo cerrado.**

   Sistema a Lazo Abierto:

   - **Control:** No usa retroalimentación; controla basándose solo en la entrada o señal de referencia.
   - **Precisión y Estabilidad:** Menos preciso y estable, ya que no ajusta en función de la salida real.
   - **Complejidad y Costo:** Más simple y económico, sin necesidad de sensores adicionales.
   - **Aplicaciones:** Adecuado para sistemas donde la precisión no es crítica, como tostadoras o sistemas de riego basados en temporizador.

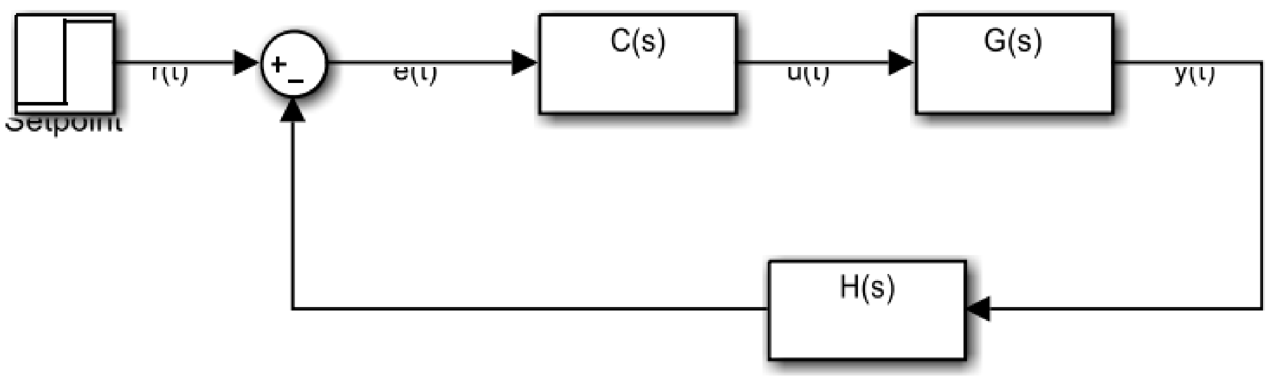
   Sistema a Lazo Cerrado:

   - **Control:** Utiliza retroalimentación para ajustar la entrada según la salida real, minimizando el error.
   - **Precisión y Estabilidad:** Más preciso y estable, ya que corrige desviaciones y responde a perturbaciones.
   - **Complejidad y Costo:** Más complejo y costoso, requiere sensores y mecanismos de ajuste.
   - **Aplicaciones:** Ideal para sistemas que necesitan control preciso y adaptativo, como el control de velocidad en vehículos o sistemas de control de temperatura.

   En resumen, los sistemas a lazo abierto son más simples y económicos pero menos precisos, mientras que los sistemas a lazo cerrado ofrecen mayor precisión y adaptabilidad a costa de mayor complejidad y costo.

   (Prompt: En sistemas de control. ¿Cuáles son las diferencias entre un sistema a lazo abierto y un sistema de lazo cerrado?)

2. **Dado el sistema de control a lazo cerrado que se presenta en la figura, identificar las señales r(t), e(t), u(t), y(t) y las funciones de transferencia C(s), G(s), H(s).**



- **Señales:**
  - (r(t)): Señal de referencia o setpoint. Representa el valor deseado que queremos alcanzar con el sistema.
  - (e(t)): Señal de error. Si (e(t)) es grande, significa que el sistema no está alcanzando el objetivo deseado.
  - (u(t)): Señal de control. Es la salida del controlador y se utiliza para ajustar el sistema. El controlador calcula (u(t)) en función de (e(t)) y otras consideraciones.
  - (y(t)): Señal de salida del sistema. Representa la respuesta real del sistema al estímulo de entrada. Queremos que (y(t)) se acerque lo más posible a (r(t)).

- **Funciones de Transferencia:**
  - (C(s)): Función de transferencia del controlador.
  - (G(s)): Función de transferencia de la planta o proceso.
  - (H(s)): Función de transferencia del sensor o retroalimentación.

3. **Determinar si los siguientes sistemas operan a lazo abierto o a lazo cerrado. Justifique la respuesta.**

3.1. <u>Lavarropas automático</u>: Lazo abierto, ejecuta una serie de programas precargados en donde la salida (resultado) no depende del estado actual del sistema.
3.2. <u>Aire acondicionado</u>: Lazo cerrado, funciona o no dependiendo de la temperatura a la que está la habitación.
3.3. <u>Tostadora</u>: Lazo abierto, su funcionamiento está preestablecido desde un principio por el tiempo que se ha seteado.
3.4. <u>Robot</u>: Lazo cerrado, basado en sus servos, sensores, etc; va tomando “decisiones” y modificando el comportamiento para lograr su objetivo.
3.5. <u>Semáforo</u>: Lazo abierto, su funcionamiento está determinado por tiempo y no depende del estado del tráfico (salvo que se trate de un semáforo inteligente)
3.6. <u>Encendedor</u>: Lazo abierto, el control on-off lo realizamos nosotros al usarlo.
3.7. <u>Sistema de riego con sensor de humedad</u>: Lazo cerrado. Su activación está determinada por el estado de su entorno que es recibido constantemente a través de su sensor de humedad.
3.8. <u>Caldera / Termotanque</u>: Lazo cerrado, seguirán calentando el líquido o no según la temperatura actual del mismo.
3.9. <u>Horno microondas</u>: Lazo abierto, al igual que el lavarropas, tiene una serie de programas preestablecidos en donde se setea ya sea un tiempo determinado y/o potencia y en base a eso funciona sin tener en cuenta el resultado de la salida.
3.10. <u>Control de velocidad crucero (en automóvil)</u>: Lazo cerrado, el control que se aplica al motor en este caso depende de la velocidad del vehículo.
3.11. <u>Autopiloto (en aviones y drones)</u>: Lazo cerrado, para permanecer nivelados o seguir una trayectoria específica, los actuadores se accionan según el estado de las superficies de vuelo, velocidad del viento, inclinación, etc.
3.12. <u>Sistema de alumbrado público</u>: Lazo cerrado en el caso de que posea un fotosensor que active o desactive el alumbrado en base a su entorno. Lazo abierto en caso de que se active o desactive en base a un horario preestablecido.

4. **Indicar de qué manera responden frente a las perturbaciones los sistemas de lazo abierto y los de lazo cerrado.**

   En los sistemas a lazo abierto cuando ocurre una perturbación, ésta se suma a la señal de referencia y produce un cambio directo en la salida sin una corrección activa del error.
   Por otro lado en los sistemas de lazo cerrado, la perturbación generará un cambio en la salida que mediante la realimentación modificará la señal de error, esto ajustará la señal de control para compensar el cambio a la salida manteniéndola cerca del valor de referencia.

5. **Establecer las ventajas de implementar un sistema de control de forma digital frente a la analógica**

   Sin cambios en la plataforma o con cambios mínimos se puede cambiar completa o parcialmente el comportamiento del algoritmo de control.
   La posibilidad de interactuar con el controlador en forma remota por conexión wireless.
   La precisión, los cálculos y mediciones son más exactos ya que se opera con valores discretos.
   En general menor costo y tamaño.

6. **Encontrar las Transformadas de Laplace de las siguientes funciones. Verificar utilizando Octave.**

```
%Carga del paquete utilizado
pkg load symbolic

% variables
syms s t a w real

%Resolucion diferentes funciones
G1 = laplace(dirac(t));          G5 = 1/s + laplace(exp(-2*t));
G2 = laplace(heaviside(t));      G6 = laplace(t*sin(2*t)+3*exp(-10*t));
G3 = laplace(e^(-2*t));          G7 = laplace(exp(-5*(t-2))*heaviside(t-2));
G4 = laplace(7*exp(-5*t));       G8 = laplace(exp(-a*t)*cos(w*t));
```

   Resultados del script:

```
>> G1
G1 = (sym) 1
>> G2
G2 = (sym)

  1
  -
  s

>> G3
G3 = (sym)

    1
  -----
  s + 2

>> G4
G4 = (sym)

    7
  -----
  s + 5

>> G5
G5 = (sym)

    1     1
  ----- + -
  s + 2   s
```

```
>> G6
G6 = (sym)

        4*s             3
  -------------- + ------
   4      2        s + 10
  s  + 8*s  + 16

>> G7
G7 = (sym)

   -2*s
  e
  -----
  s + 5

>> G8
G8 = (sym)

       a + s
  -------------
   2          2
  w  + (a + s)
```

7. **Encontrar las Transformadas Inversas de Laplace de las siguientes funciones. Verificar utilizando Octave.**

```
%Carga del paquete utilizado
pkg load symbolic

% variables
syms s t a w real

%Resolucion diferentes funciones
g1  = ilaplace(2/(s+3));
g2  = ilaplace(1/(s*(s+2)*(s+3)));
g3  = ilaplace((6*s+8)/(s*(s+1)*(s+2)));
g4  = ilaplace((10*s)/(s^3+6*s^2+11*s+6));
g5  = ilaplace(10/(((s+1)^2)*(s+3)));
g6  = ilaplace(w/(((s+a)^2)+w^2));
g7  = ilaplace(9/((2*s^2)+4*s+4));
g8  = ilaplace((2*s+12)/(s^2 +2*s +5));
g9  = ilaplace(2/(s^2 +4) * e^(-5*s));
g10 = ilaplace(100 / (s*(s^2 + 4)));
g11 = ilaplace((100*(s+2))* exp(-s)/(s*(s^2+4)*(s+1)));
```

Resultados del script:

```
>> g1
g1 = (sym)

     -3*t
  2*e

>> g2
g2 = (sym)

  / 3*t        t     \  -3*t
  \e     - 3*e   + 2/*e
  ------------------------
             6

>> g3
g3 = (sym)

          -t       -2*t
  4 - 2*e    - 2*e

>> g4
g4 = (sym)

    /   2*t       t     \  -3*t
  5*\- e     + 4*e   - 3/*e

>> g5
g5 = (sym)

    /           2*t     \  -3*t
  5*\(2*t - 1)*e     + 1/*e
  ----------------------------
               2
```

```
>> g6
g6 = (sym)

   -a*t
  e     *sin(t*w)

>> g7
g7 = (sym)

      -t
  9*e   *sin(t)
  -------------
       2

>> g8
g8 = (sym)

                                -t
  (5*sin(2*t) + 2*cos(2*t))*e

>> g9
g9 = (sym) sin(2*t - 10)*Heaviside(t - 5)
>> g10
g10 = (sym)

        2
  50*sin (t)
```

```
>> factor(g11)
ans = (sym)

     / t                     t                     t      \  -t
  -10*\e *sin(2*(t - 1)) + 3*e *cos(2*(t - 1)) - 5*e  + 2*e/*e  *Heaviside(t - 1)
```

8. Sean sistemas modelados por las siguientes funciones de transferencia. Determinar el valor final de las salidas para entradas escalón unitario usando la propiedad del Teorema del Valor Final. Simular la respuesta de los sistemas.

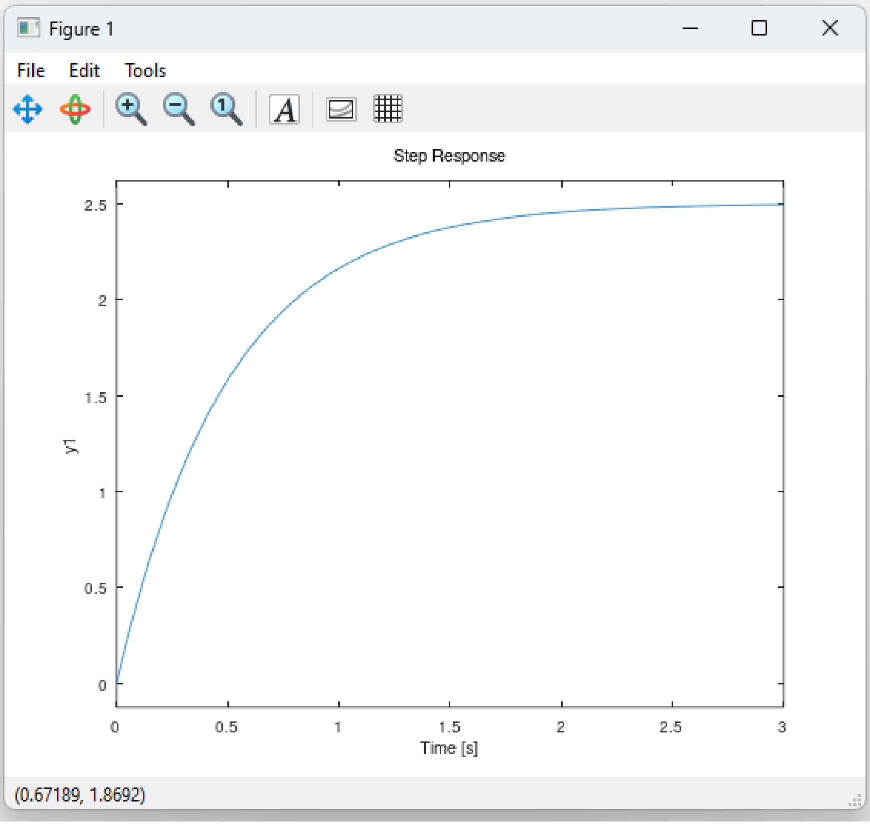
Para todos las funciones cargamos los siguientes paquetes:

```
% ================================================================
clear all; close all; clc;

%Carga del paquete utilizado
pkg load control
pkg load symbolic
```

Luego:

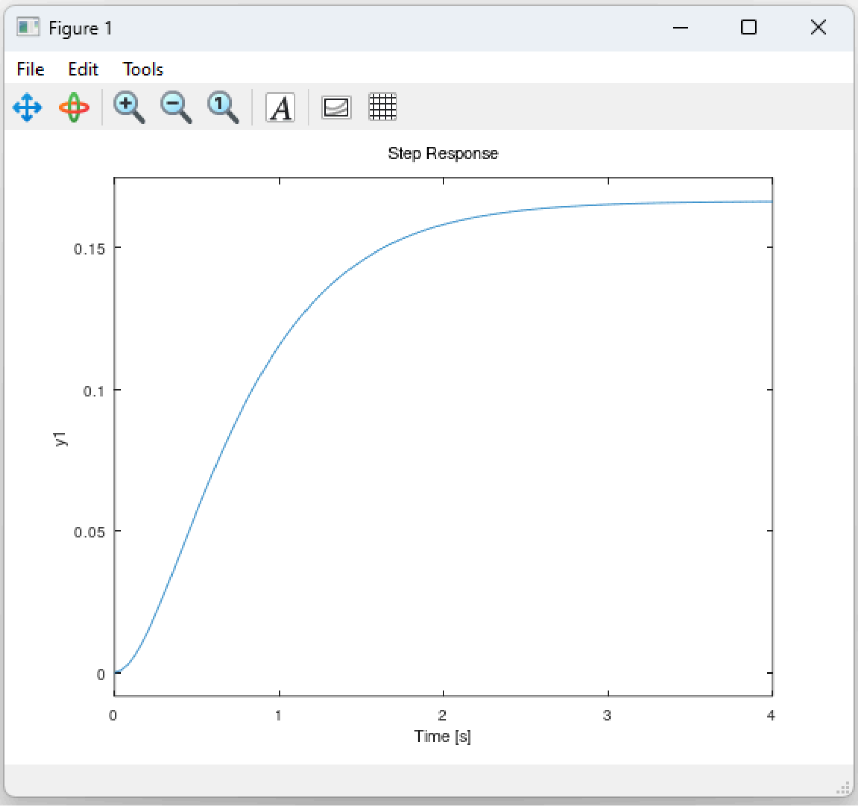
```
% SISTEMA G1:
% =====================================================================
G1  = tf(5,[1 2])
step(G1); grid

% valor final
a = 5/(s+2);
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G1' from input 'u1' to output ...

        5
 y1:  -----
      s + 2

Continuous-time model.
ans = (sym) 5/2
>> |
```



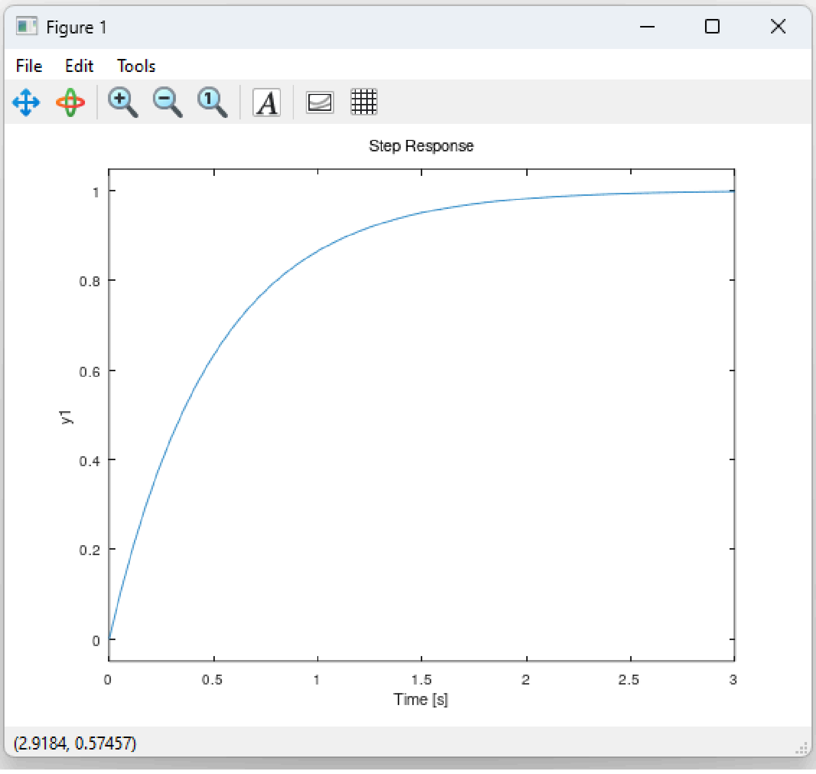
```
% SISTEMA G2:
% =================================================================
G2   = zpk([],[-2 -3],1)
step(G2);grid

% valor final
a = 1/((s+2)*(s+3));
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G2' from input 'u1' to output ...

              1
 y1:  -------------
      s^2 + 5 s + 6

Continuous-time model.
ans = (sym) 1/6
>> 
```



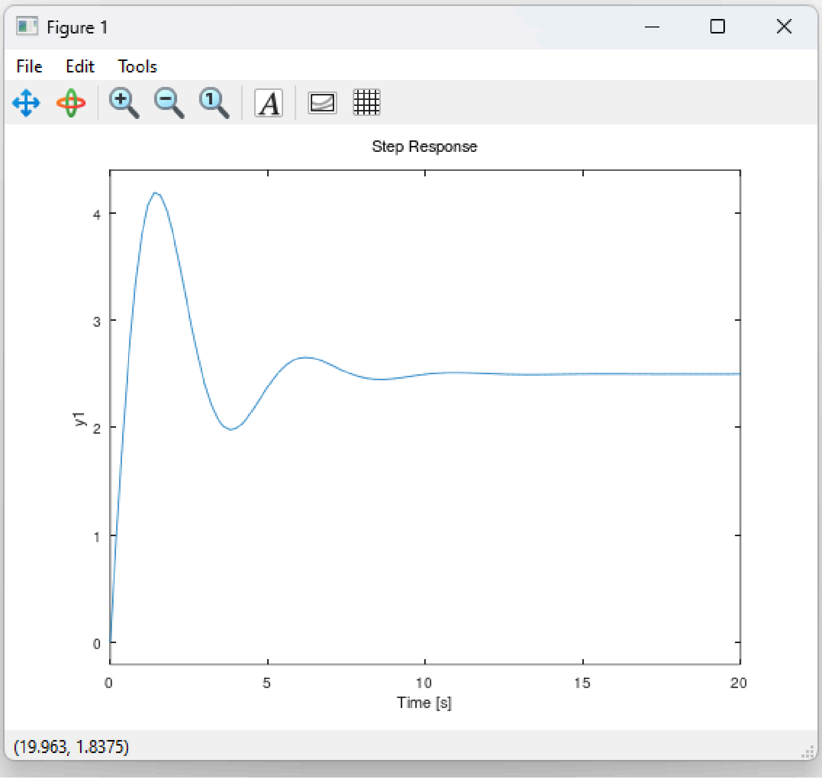
```
% SISTEMA G3:
% ======================================================================

% 'imputdelay' no esta implementada en Octave. Si bien el grafico de la
% respuesta comienza en 0, deberia ser a los 10 seg.
% Ademas esto no deberia afecta al valor final.
G3 = tf(2,[1 2])
step(G3); grid

% valor final
a = (2*e^(-10*s))/(s+2);
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G3' from input 'u1' to output ...

        2
 y1:  -----
      s + 2

Continuous-time model.
ans = (sym) 1
>>
```



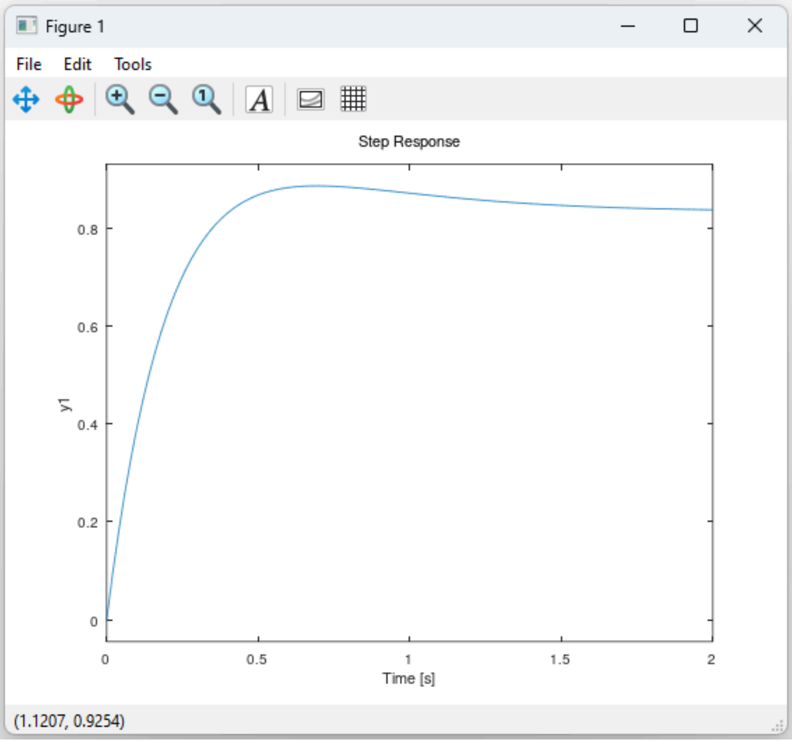
```
% SISTEMA G4:
% ====================================================================
G4=5*tf([1 1],[1 1 2])
step(G4);grid

% valor final
a = (5*(s+1))/(s^2+s+2);
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G4' from input 'u1' to output ...

        5 s + 5
 y1:  -----------
      s^2 + s + 2

Continuous-time model.
ans = (sym) 5/2
>> 
```



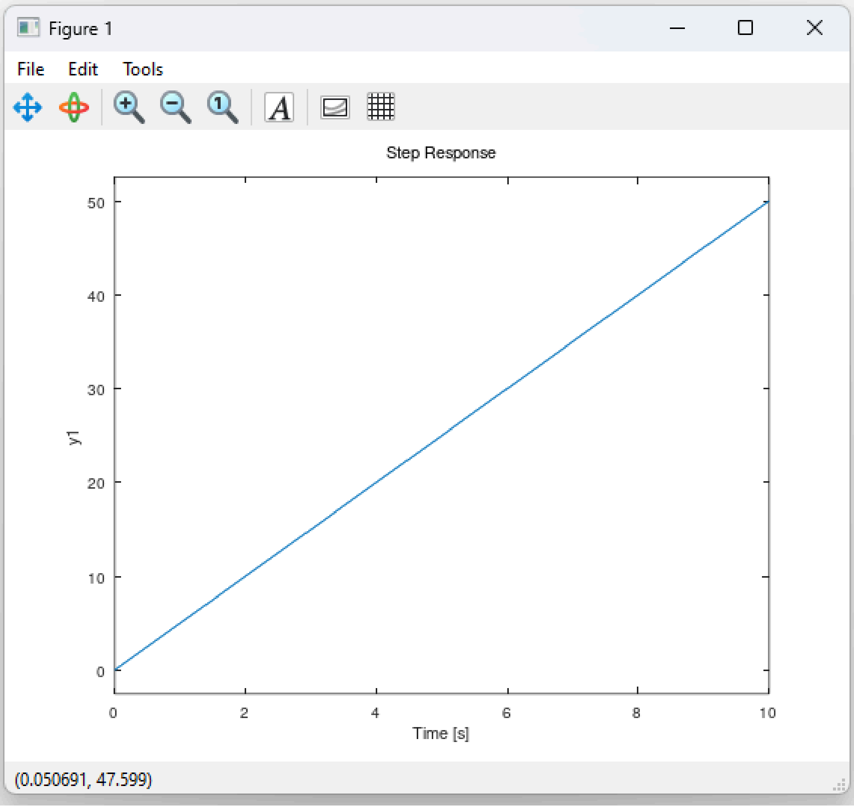
```
% SISTEMA G5:
% ======================================================================
G5=zpk([-2],[-3 -4],5)
step(G5);grid

% valor final
a = (5*(s+2))/((s+3)*(s+4));
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G5' from input 'u1' to output ...

         5 s + 10
 y1:  --------------
      s^2 + 7 s + 12

Continuous-time model.
ans = (sym) 5/6
>> |
```



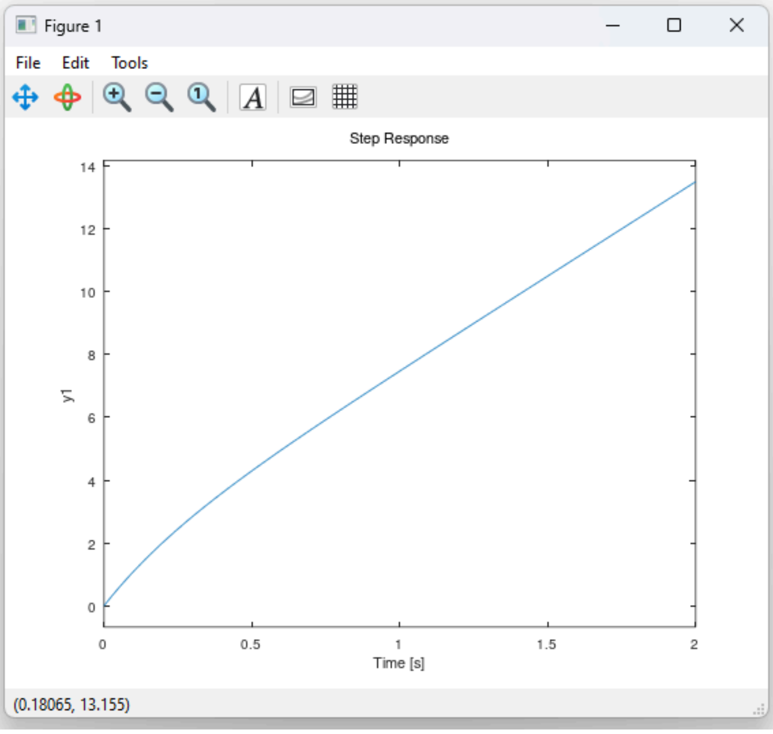
```
% SISTEMA G6:
% ======================================================================
G6 = tf(5,[1 0])
step(G6); grid

% valor final
a = 5/s;
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G6' from input 'u1' to output ...

      5
 y1:  -
      s

Continuous-time model.
ans = (sym) oo
>> |
```



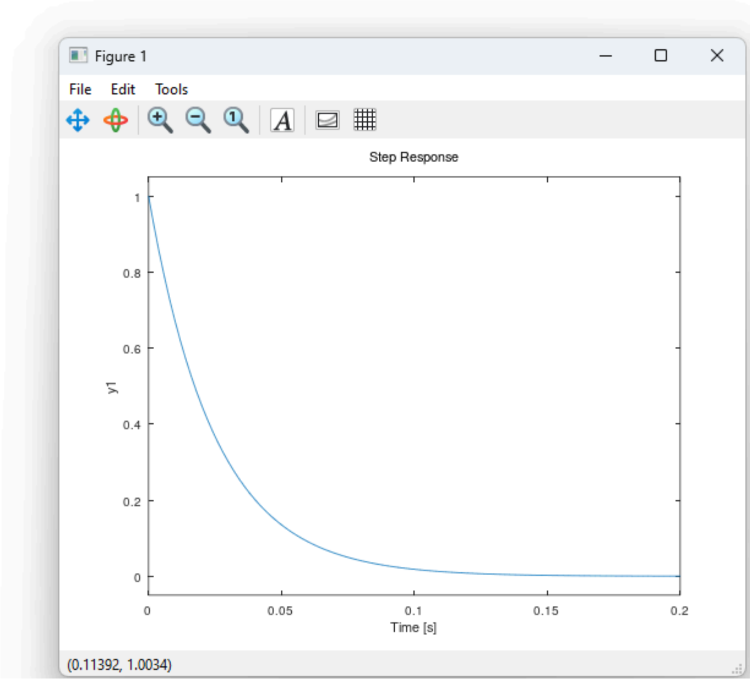
```
% SISTEMA G7:
% ====================================================================
G7 = zpk([-2],[0 -4],12)
step(G7); grid

% valor final
a = (12*(s+2))/(s*(s+4));
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G7' from input 'u1' to output ...

      12 s + 24
 y1:  ---------
      s^2 + 4 s

Continuous-time model.
ans = (sym) oo
>>
```



```
% SISTEMA G8:
% ======================================================================
G8 = zpk([0],[-40],1)
step(G8); grid

% valor final
a = s/(s+40);
limit(a,s,0)
```

```
Transfer function 'G8' from input 'u1' to output ...

         s
 y1:  ------
      s + 40

Continuous-time model.
ans = (sym) 0
>> |
```



9. Explicar las siguientes propiedades de la Transformada de Laplace, indicando las relaciones entre las señales en el dominio del tiempo y el dominio de Laplace.

9.1. Linealidad: La transformada de laplace es una operación lineal, por lo tanto la transformada de una combinación lineal de funciones en el tiempo, es igual a la combinación lineal de las transformadas de cada función.

9.2. Diferenciación: Las más útiles para simplificar el estudio de sistemas son las transformadas de la primera y segunda derivada. La transformada de Laplace de primer derivada de una función en el tiempo, es igual a s por la transformada de la función sin derivar, menos la condición inicial de la función. Para la segunda derivada de la función en el tiempo, es s al cuadrado por la transformada de la función sin derivar menos las condiciones iniciales de la función y su primer derivada. Esta propiedad permite resolver ecuaciones diferenciales como simples ecuaciones polinómicas.

9.3. Integración: La transformada de la integral en el tiempo de una función con condiciones iniciales nulas, es igual a la transformada de la función sin integrar sobre s.

9.4. Traslación en el dominio del tiempo: Si ocurre una traslación (+/- a) en el tiempo, aparece una exponencial con exponente (+/- as) multiplicando a la transformada de la función.

9.5. Traslación en el dominio de Laplace: Si la función es multiplicada por una exponencial de exponente (+/- at) en el dominio temporal, aparece una traslación en el dominio de laplace (s -/+ a).

9.6. Teorema del valor final: Se puede saber el valor de la función en el tiempo cuando este tiende a infinito, simplemente calculando el límite para s que tiende a cero de la transformada de la función multiplicada por s. De esta manera se puede conocer el valor de estado estable del sistema sin anti-transformar la respuesta y realizar la convolución con la entrada.

9.7. Convolución en el dominio del tiempo: Una convolución en el dominio del tiempo se transforma en un simple producto en el dominio de laplace.

9.8. Convolución en el dominio de Laplace: Un producto en el tiempo se transforma en una convolución en el dominio de laplace.

10. Definir polos y ceros de una función de transferencia

Sea la función de transferencia: H(s) = B(s)/A(s);
Donde B(s) es el polinomio del numerador de la función de transferencia y A(s) el denominador.

Polos

- Definición: Los polos son los valores de s que hacen que el denominador A(s) sea cero.
- Matemáticamente: Se encuentran resolviendo A(s) = 0.
- Efecto en el Sistema: Determinan la estabilidad y el comportamiento dinámico del sistema. Los polos en el semiplano izquierdo indican estabilidad; en el semiplano derecho, inestabilidad.

Ceros

- Definición: Los ceros son los valores de s que hacen que el numerador B(s) sea cero.
- Matemáticamente: Se encuentran resolviendo B(s) = 0.
- Efecto en el Sistema: Afectan la respuesta en frecuencia del sistema, influyendo en la atenuación o amplificación en ciertas frecuencias.

(Prompt: Definir polos y ceros de una función de transferencia).

11. Dado un sistema caracterizado por la función de transferencia G(s), se desea conocer el valor de la salida del mismo en estado estable para una entrada escalón unitario U(s). Explique de qué manera se puede determinar ese valor sin abandonar el dominio de Laplace (Es decir, sin antitransformar G(s)*U(s))

Haciendo uso del teorema del valor final. En este caso nos interesa hallar el límite de la salida y(t) cuando el tiempo tiende a infinito, por lo que necesitamos tomar el límite para la transformada de la salida multiplicada por s, cuando s tiende a cero. Usando la propiedad de convolución en el tiempo expresamos la transformada de la salida como el producto de la función de transferencia G por la transformada del escalón unitario U, esto es Y = G U. Para este caso particular en el que la entrada es el escalón unitario se produce una simplificación (s/s) siendo suficiente tomar el límite de G para hallar el valor de la salida en estado estable.