Taller Filtros - Parte 1

Ana Sofia Aponte Barriga

Daniel Esteban Prieto Jiménez

José Alejandro Peñaranda Chia

Filtros Analógicos

Creación de los filtros

Inicialmente hemos de hallar el orden del filtro Butterworth que vamos a utilizar. Partiendo de la ecuación de la respuesta en magnitud de este filtro podemos despejar el orden n que ha de ser utilizado, cabe mencionar que no es número entero, por lo cual lo aproximamos hacia arriba para obtener un orden mayor al mínimo requerido, para lo cual matlab nos ahorra los cálculos matemáticos aplicando la función -buttord() según los parámetros de entrada y el tipo de filtro (pasa bajos, pasa altos o pasa banda).

Cálculo de Octavas

Se plantea que al alejarse una octava de la frecuencia central del filtro se disminuye en 3 decibeles la señal, y, a las dos octavas en 15 decibeles. Cabe aclarar que las octavas están en sistema logarítmico de base dos, es decir, una octava por encima de una frecuencia será el doble de esta, y una por debajo será la mitad de la misma, por ejemplo:

- Frecuencia central 62.5 Hz
- Una octava 125 Hz
- Dos octavas 250 Hz

En este caso lo calculamos para el primer filtro pasabajos, pero de manera más general podríamos utilizar la siguiente fórmula para calcular el valor de la frecuencia a 1 y 2 octavas de la frecuencia central.

$$\omega_m = \omega_0 * 2^m$$

Siendo ω_m la frecuencia de la m octava que se busca, ω_0 la frecuencia central y m la octava que se quiere calcular (1,2...), siendo positivo si es una octava por encima y negativo si es por debajo

Los resultados que obtuvimos fueron los siguientes:

G1

```
[N1, Wn1] = buttord(125*2*pi, 250*2*pi, 3, 15, 's')
```

```
N1 = 3
Wn1 = 888.0671
```

G2

```
[N2, Wn2] = buttord([125*2*pi, 500*2*pi], [62.5*2*pi, 1000*2*pi], 3, 15, 's')
```

```
N2 = 2
Wn2 = 1×2
10^3 ×
    0.7567    3.2607
```

G3

```
[N3, Wn3] = buttord([500*2*pi, 2000*2*pi], [250*2*pi, 4000*2*pi], 3, 15, 's')
```

```
N3 = 2
Wn3 = 1×2
10^4 ×
    0.3027    1.3043
```

G4

```
[N4, Wn4] = buttord([2000*2*pi, 8000*2*pi], [1000*2*pi, 16000*2*pi], 3, 15, 's')
```

```
N4 = 2
Wn4 = 1×2
10^4 ×
    1.2107    5.2172
```

G5

```
[N5, Wn5] = buttord(8000*2*pi, 4000*2*pi, 3, 15, 's')
```

```
N5 = 3
Wn5 = 4.4454e+04
```

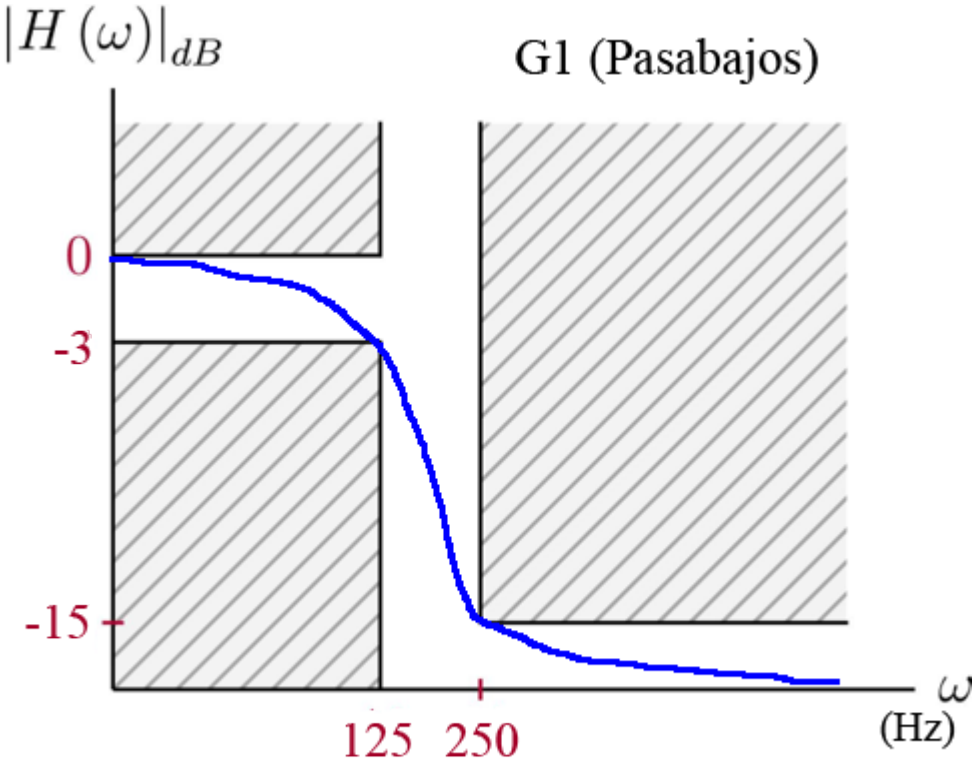
```
N1, N2, N3, N4, N5
```

```
N1 = 3
N2 = 2
N3 = 2
N4 = 2
N5 = 3
```

El orden mayor es 3, por lo tanto se diseñarán filtros Butterworth de orden 3 en todos los casos. G1 será pasabajos, G5 pasaaltos y los demás serán pasabanda.

```
N = 3 ;
```

Con este orden podemos calcular el filtro pasa bajo tipo butterworth, En cuál parte de las siguientes condiciones:

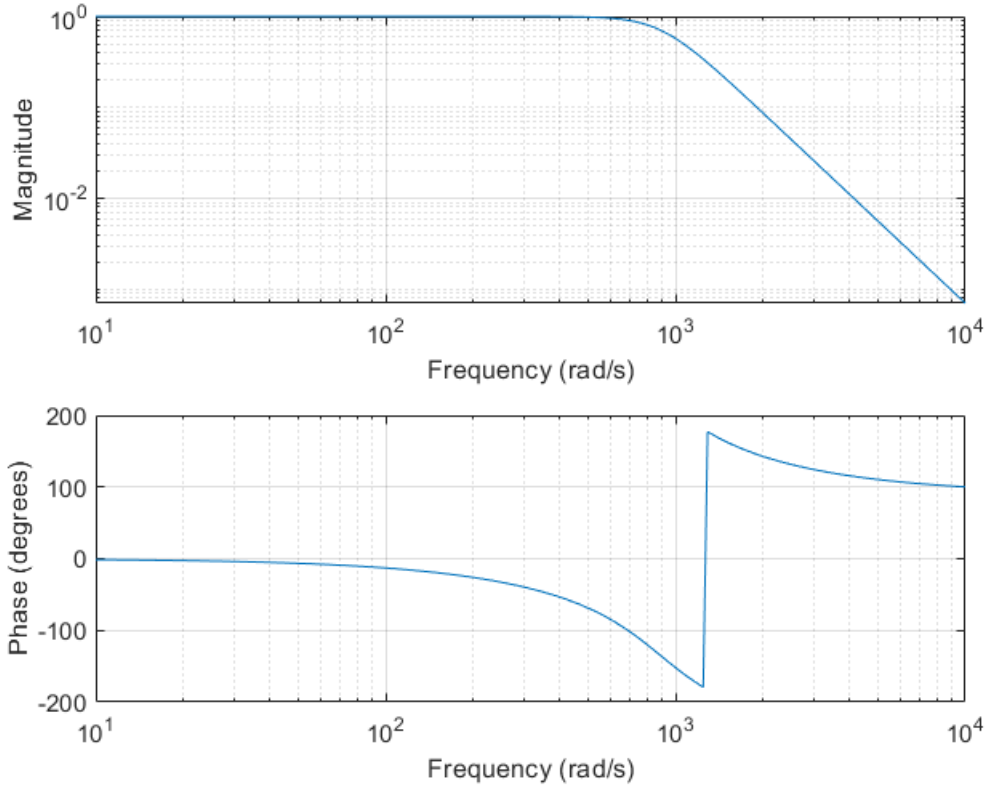


G1

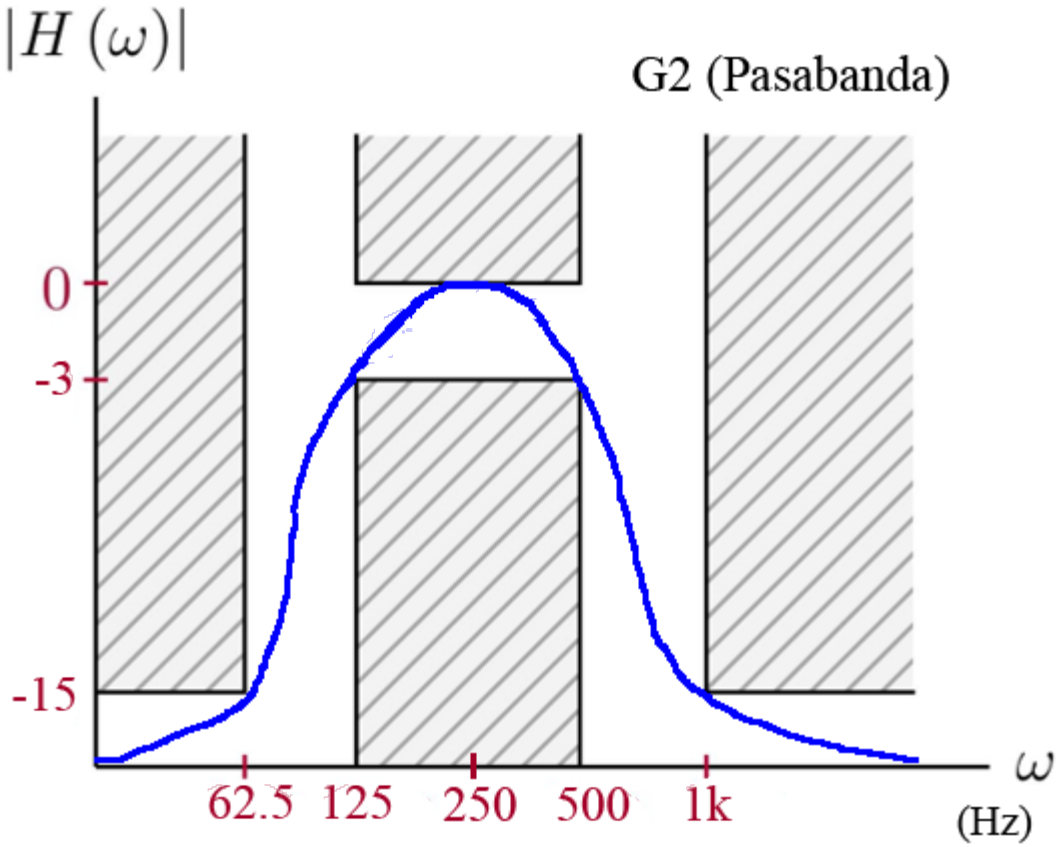
```
[num1, den1] = butter(N, Wn1,'low', 's')
```

```
num1 = 1×4
10^8 ×
         0         0         0    7.0039
den1 = 1×4
10^8 ×
    0.0000    0.0000    0.0158    7.0039
```

```
freqs(num1, den1)
```



Se calcula el filtro pasa banda tipo butterworth de orden 3 con frecuencia central 250 Hz a partir de los siguientes parámetros :

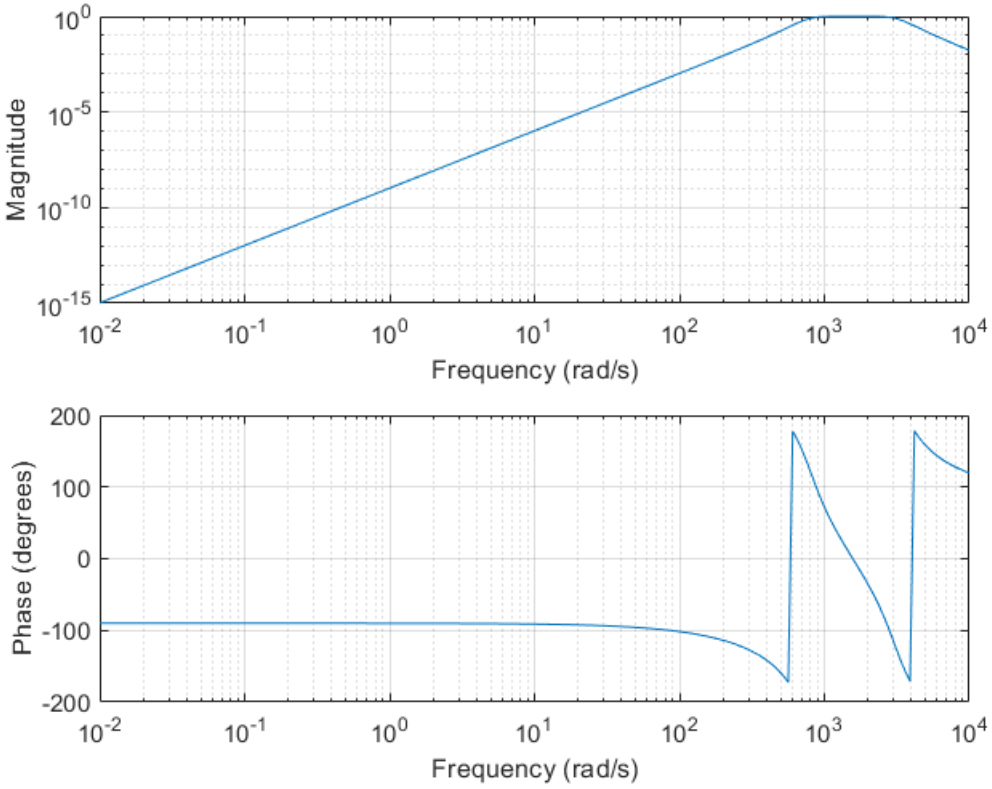


G2

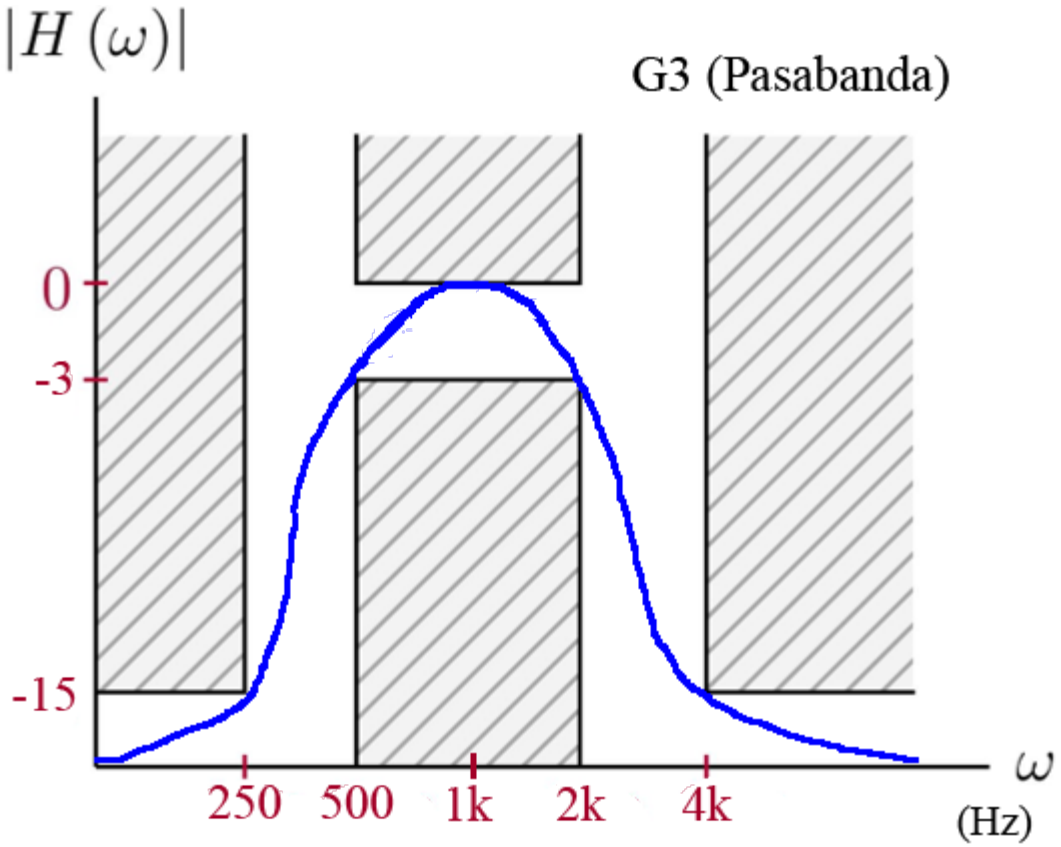
```
[num2, den2] = butter(N, Wn2,'bandpass', 's')
```

```
num2 = 1×7
10^10 ×
         0         0         0    1.5701         0         0         0
den2 = 1×7
10^19 ×
    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0030    1.5022
```

```
freqs(num2, den2)
```



Se calcula el filtro pasa banda tipo butterworth de orden 3 de frecuencia central 1k Hz a partir de los siguientes parámetros :

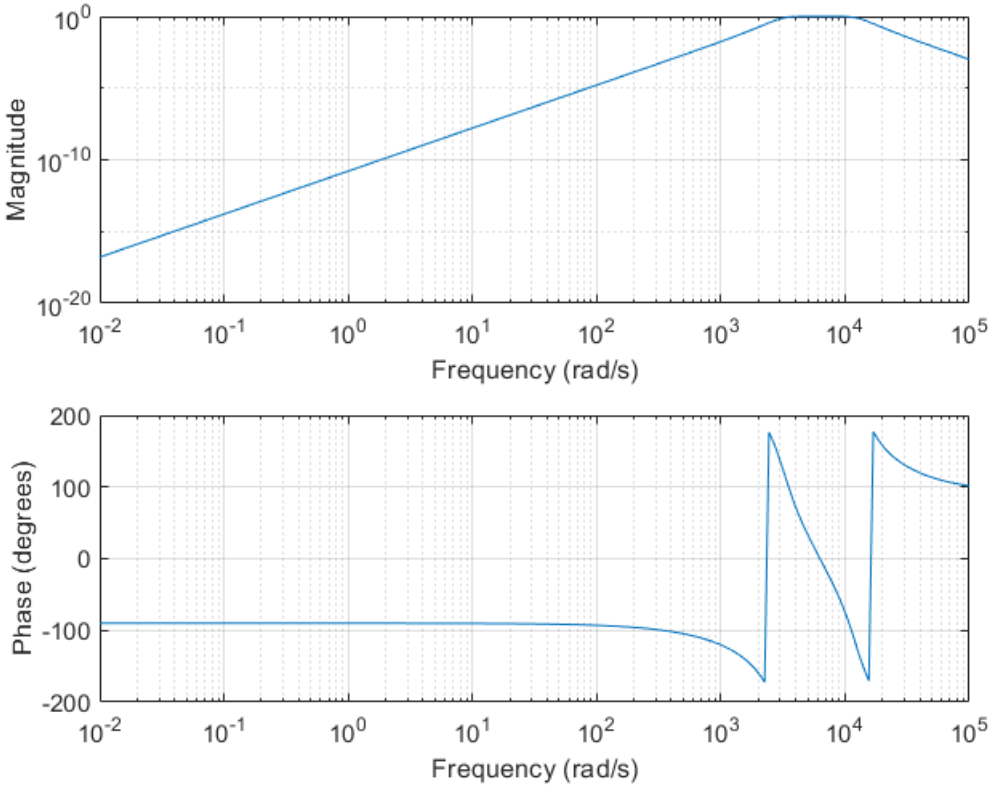


G3

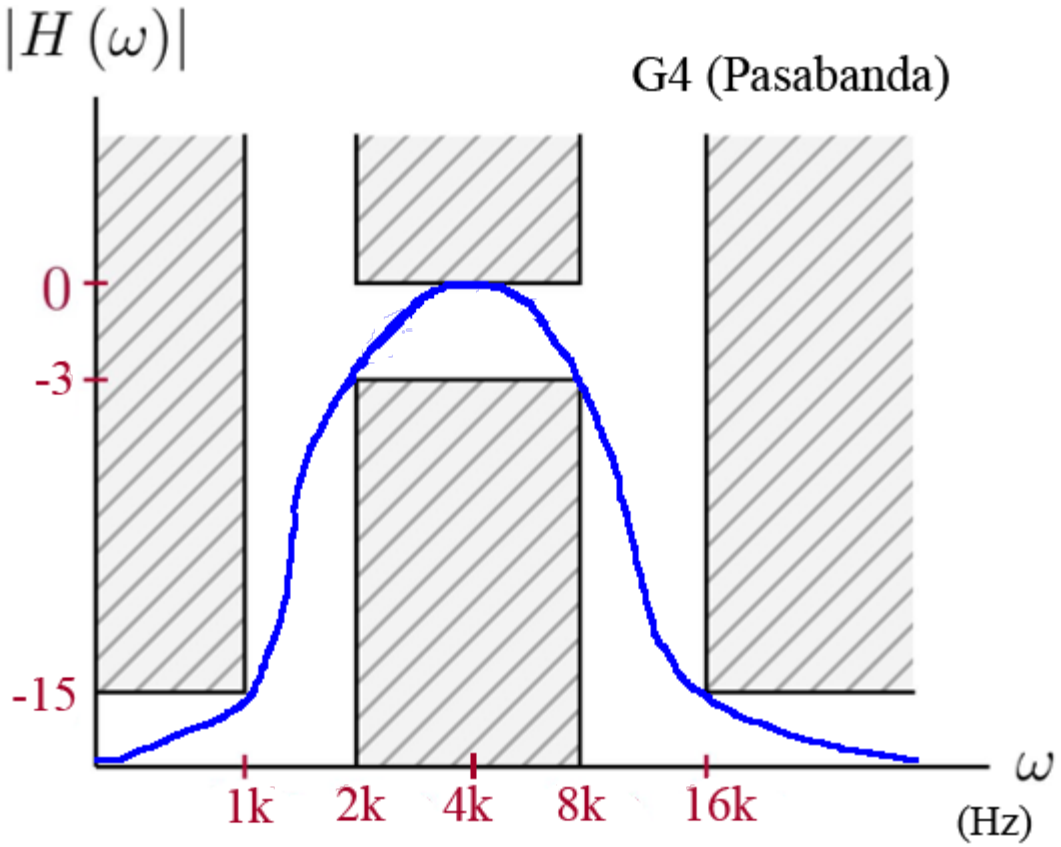
```
[num3, den3] = butter(N, Wn3,'bandpass', 's')
```

```
num3 = 1×7
10^12 ×
         0         0         0    1.0048         0         0         0
den3 = 1×7
10^22 ×
    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0031    6.1529
```

```
freqs(num3, den3)
```



Se calcula el filtro pasa banda tipo butterworth de orden 3 de frecuencia central 4k Hz a partir de los siguientes parámetros :

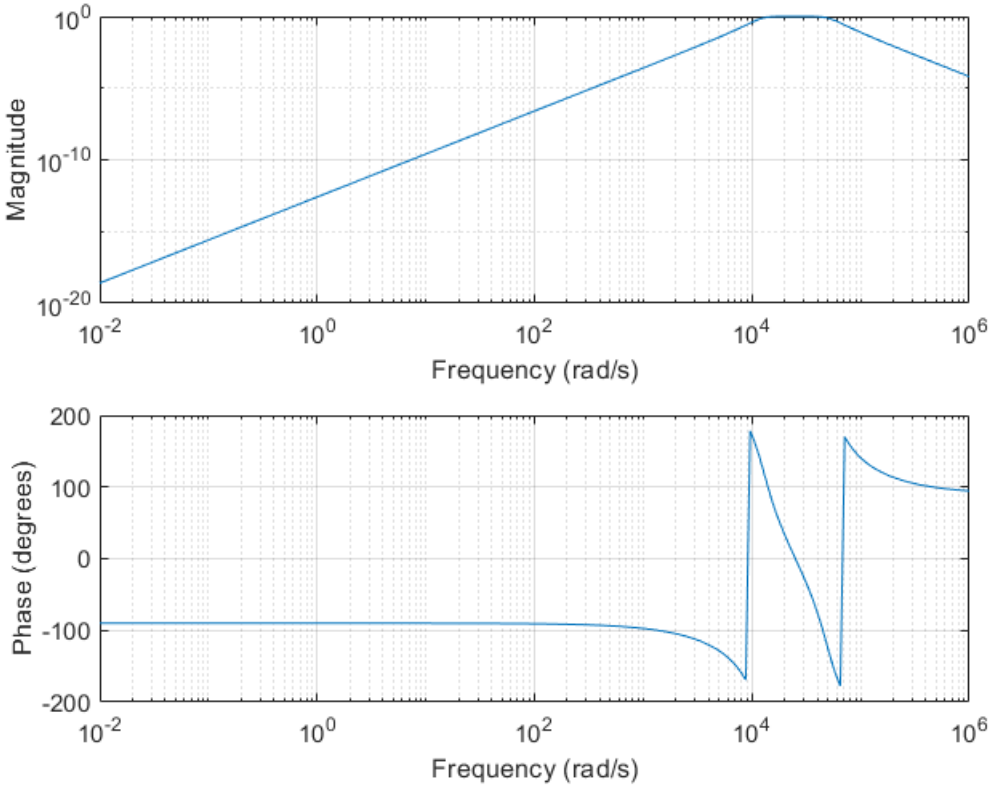


G4

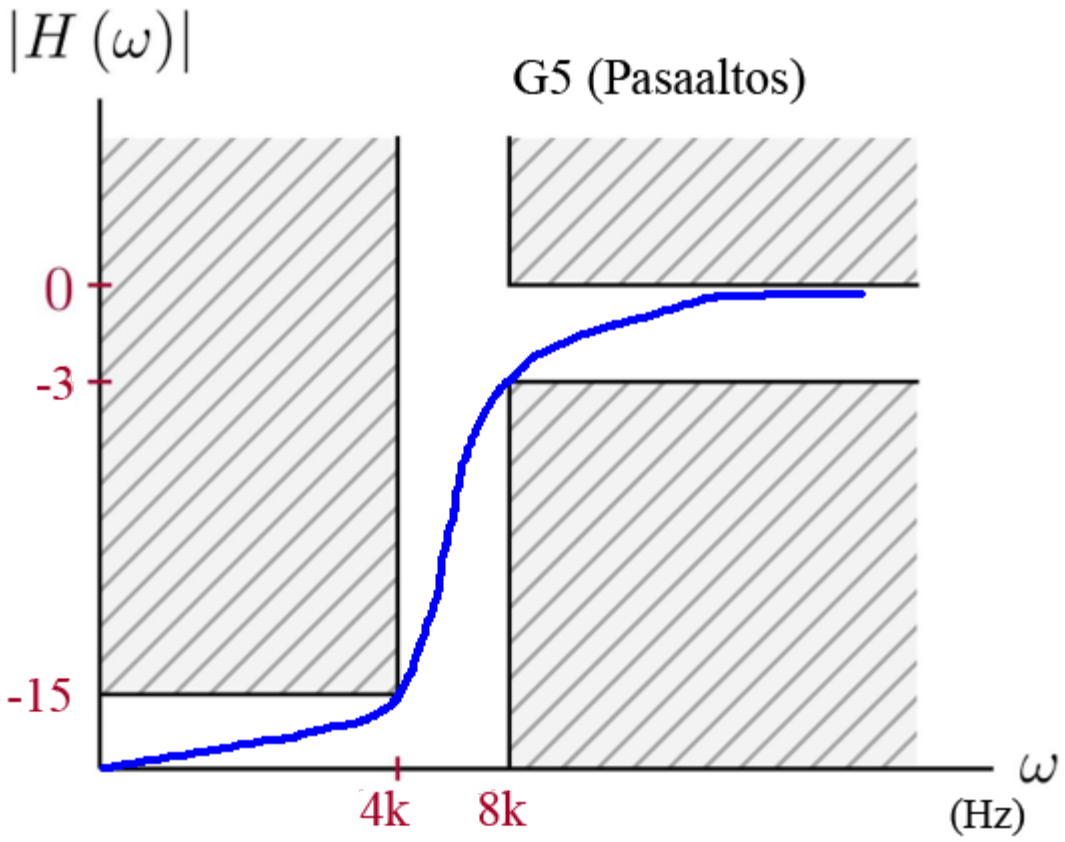
```
[num4, den4] = butter(N, Wn4,'bandpass','s')
```

```
num4 = 1×7
10^13 ×
         0         0         0    6.4310         0         0         0
den4 = 1×7
10^26 ×
    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0003    2.5202
```

```
freqs(num4, den4)
```



Se calcula el filtro pasa altos tipo butterworth de orden 3 a partir de los siguientes parámetros :

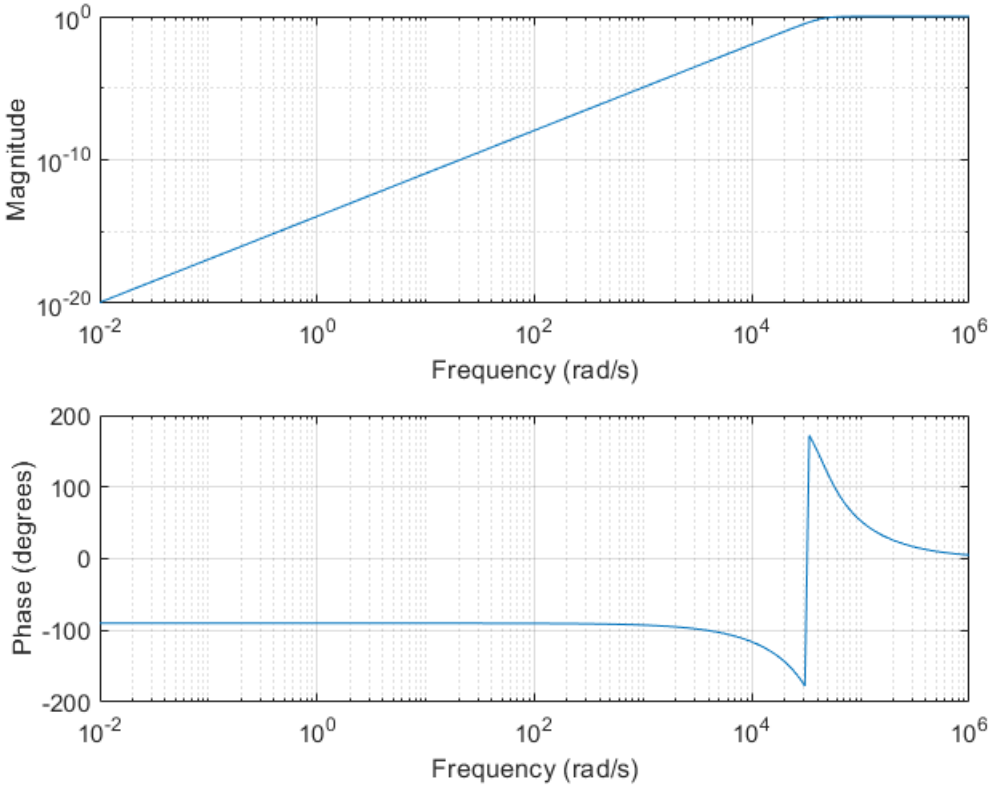


G5

```
[num5, den5] = butter(N, Wn5, 'high', 's')
```

```
num5 = 1×4
     1     0     0     0
den5 = 1×4
10^13 ×
    0.0000    0.0000    0.0004    8.7850
```

```
freqs(num5, den5)
```



Se cargan las variables requeridas:

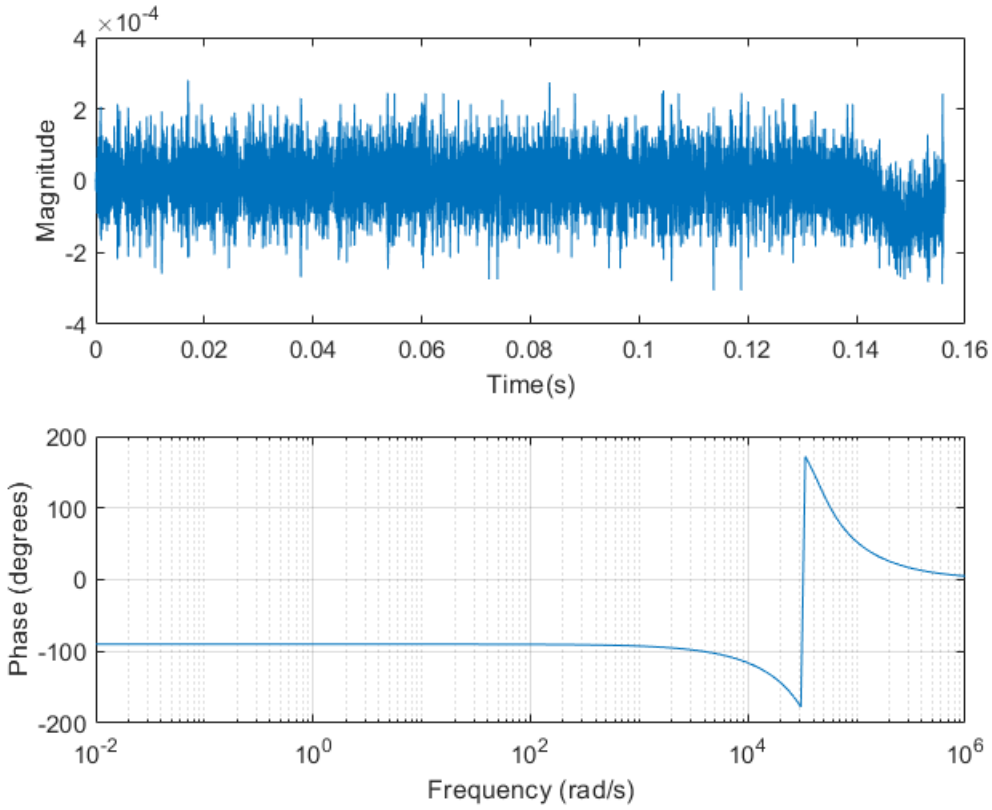
```
fsAudio = 64000 ;
load Audio1.mat
load Audio2.mat
[Audio3, fsmp3] = audioread("jour-1.mp3") ; % Acá se cambia el mp3
Audio3 = Audio3(:, 1) ;
```

Espacio para seleccionar el audio

```
prueba = Audio2 ;
fs = fsAudio ;
```

Se plotea la parte inicial de la señal de entrada para tener una idea más clara de la forma de esta:

```
len = size(prueba, 1) ;
T = linspace(0, ceil(len/fs), len)' ;
plot(T(1:10000, 1), prueba(1:10000, 1))
xlabel('Time(s)')
ylabel('Magnitude')
```



En el caso de los archivos de prueba Audio1 y Audio2 la frecuencia de muestreo es 64000 y la longitud del vector de entrada es 640000 entonces el tiempo total será:

$$T = \frac{640000}{64000} = 10\,s$$

el vector T tiene la misma longitud del vector de audio.

Implementación de los filtros

Se crea un sistema con cada filtro y se aplica a la señal de entrada:

G1

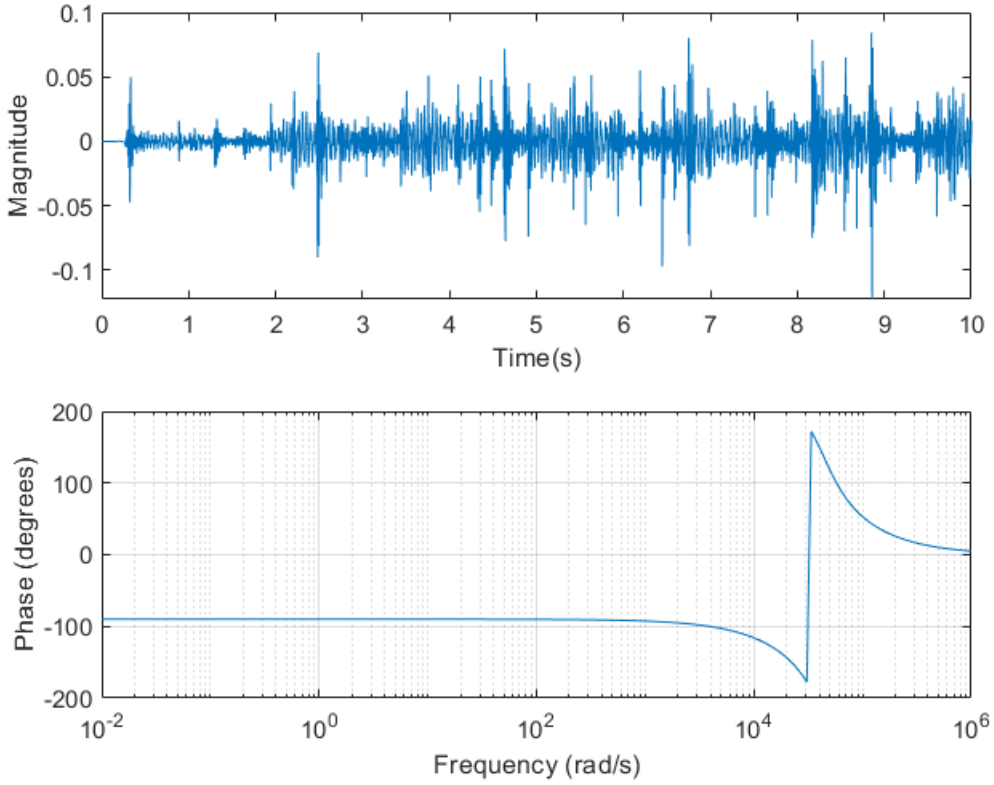
```
sys1 = tf(num1, den1)
```

```
sys1 =

                 7.004e08
  -------------------------------------
  s^3 + 1776 s^2 + 1.577e06 s + 7.004e08

Continuous-time transfer function.
```

```
y1 = lsim(sys1, prueba, T);
plot(T, y1)
xlabel('Time(s)')
ylabel('Magnitude')
```



G2

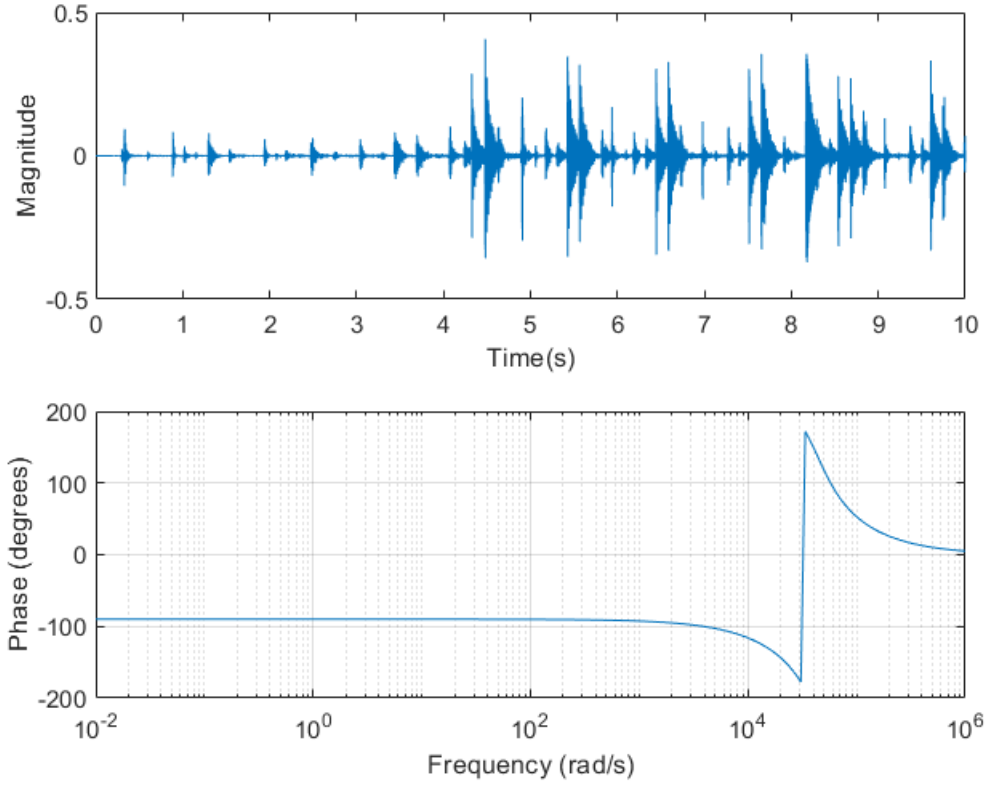
```
sys2 = tf(num2, den2)
```

```
sys2 =

                                    1.57e10 s^3
  ------------------------------------------------------------------------------
  s^6 + 5008 s^5 + 1.994e07 s^4 + 4.041e10 s^3 + 4.921e13 s^2 + 3.049e16 s + 1.502e19

Continuous-time transfer function.
```

```
y2 = lsim(sys2, prueba, T);
plot(T, y2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('Magnitude')
```



G3

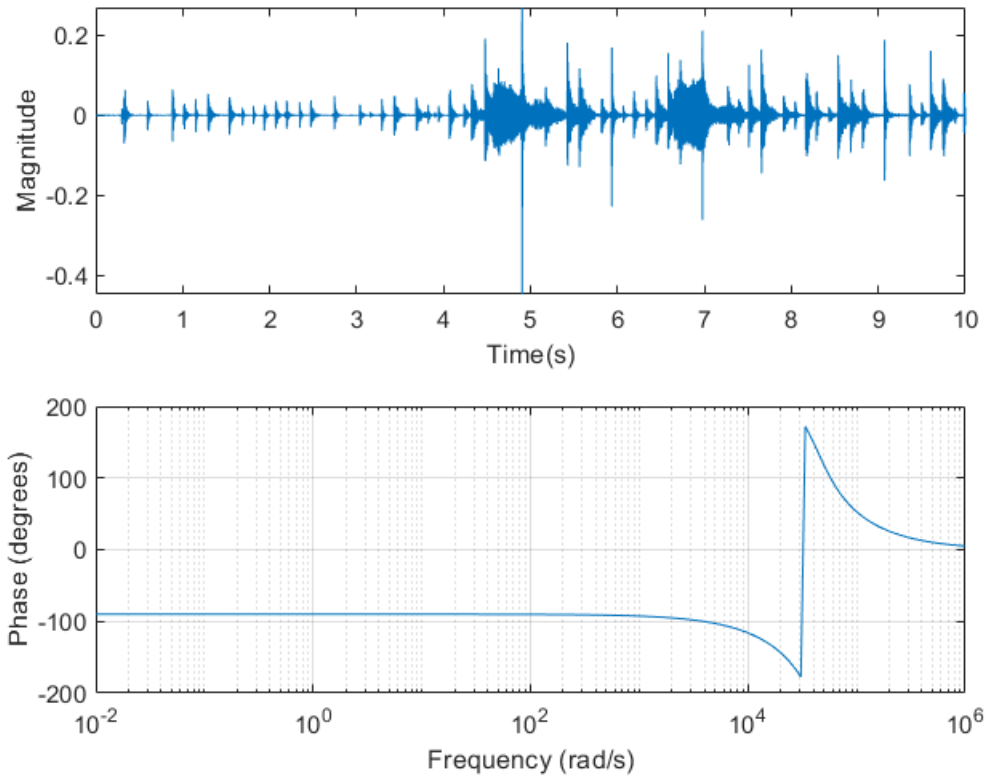
```
sys3 = tf(num3, den3)
```

```
sys3 =

                                    1.005e12 s^3
  ------------------------------------------------------------------------------------
  s^6 + 2.003e04 s^5 + 3.191e08 s^4 + 2.587e12 s^3 + 1.26e16 s^2 + 3.122e19 s + 6.153e22

Continuous-time transfer function.
```

```
y3 = lsim(sys3, prueba, T);
plot(T, y3)
xlabel('Time(s)')
ylabel('Magnitude')
```



G4

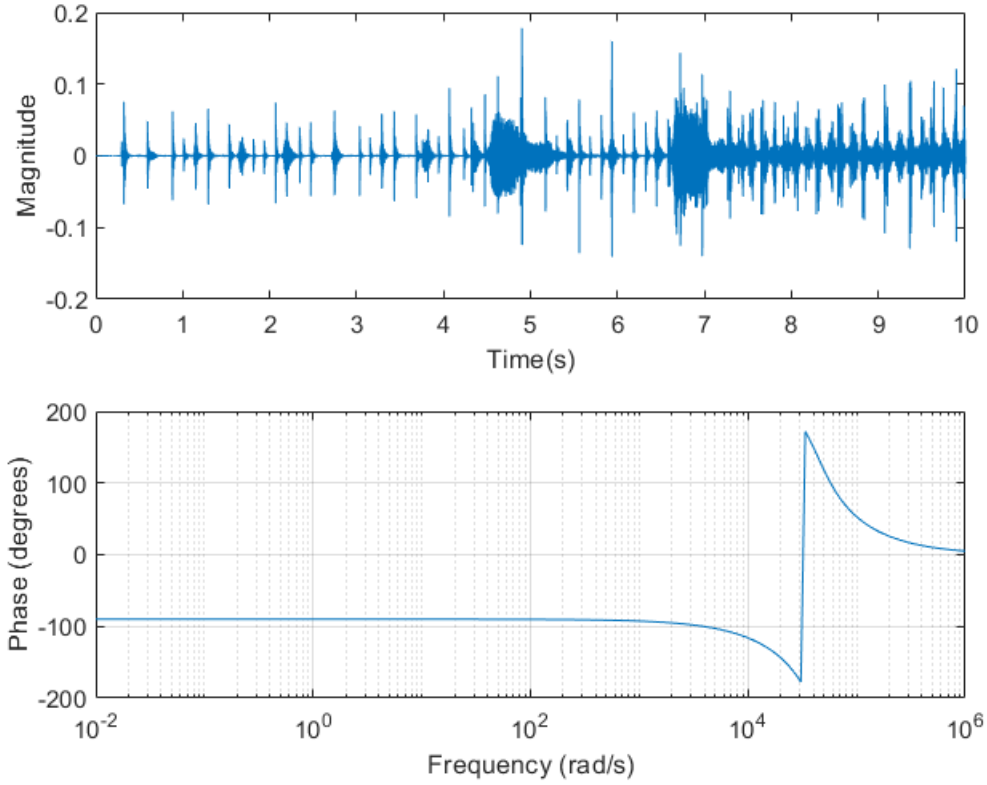
```
sys4 = tf(num4, den4)
```

```
sys4 =

                                    6.431e13 s^3
  ------------------------------------------------------------------------------------
  s^6 + 8.013e04 s^5 + 5.105e09 s^4 + 1.655e14 s^3 + 3.225e18 s^2 + 3.197e22 s + 2.52e26

Continuous-time transfer function.
```

```
y4 = lsim(sys4, prueba, T);
plot(T, y4)
xlabel('Time(s)')
ylabel('Magnitude')
```



G5

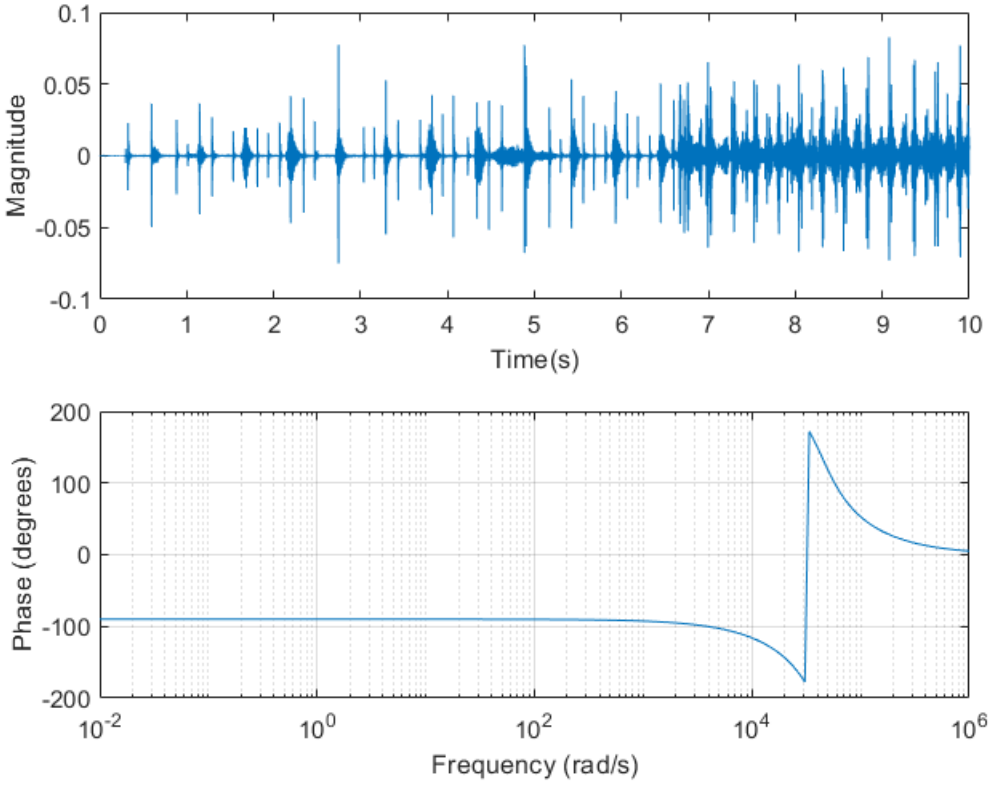
```
sys5 = tf(num5, den5)
```

```
sys5 =

                    s^3
  ----------------------------------------
  s^3 + 8.891e04 s^2 + 3.952e09 s + 8.785e13

Continuous-time transfer function.
```

```
y5 = lsim(sys5, prueba, T);
plot(T, y5)
xlabel('Time(s)')
ylabel('Magnitude')
```



Se evidencia cómo al aplicar los filtros al audio de entrada la magnitud del mismo en función de la frecuencia va aumentando de izquierda a la derecha, es decir, de menor frecuencia a mayor frecuencia, al pasar por el filtro pasa bajos, pasando por los pasabandas y el pasa alto

Ganancias

Finalmente se eligen los valores de las ganancias para combinar las señales de salida de los filtros:

```
G1 = 1; % 62.5Hz
G2 = 1; % 250Hz
G3 = 1; % 1kHz
G4 = 1; % 4kHz
G5 = 1; % 16kHz
```

Adicionalmente al alterar las ganancias de cada uno de los filtros podemos potenciar o disminuir ciertas frecuencias en función de lo que se quiera escuchar, ya sea mayores bajos, altos más fuertes, una sección media más fuerte o más baja etcétera, y tienen coherencia y son consonantes ya que fueron diseñados para que las frecuencias de corte lograran que los filtros empezaran dónde acaba el anterior, aunque, lógicamente, se solapan las bandas de rechazo, pero son despreciables pues se disminuye la magnitud significativamente.

```
   G1 = 1 ; G2 = 1 ; G3 = 1 ; G4 = 1 ; G5 = 1 ;
```

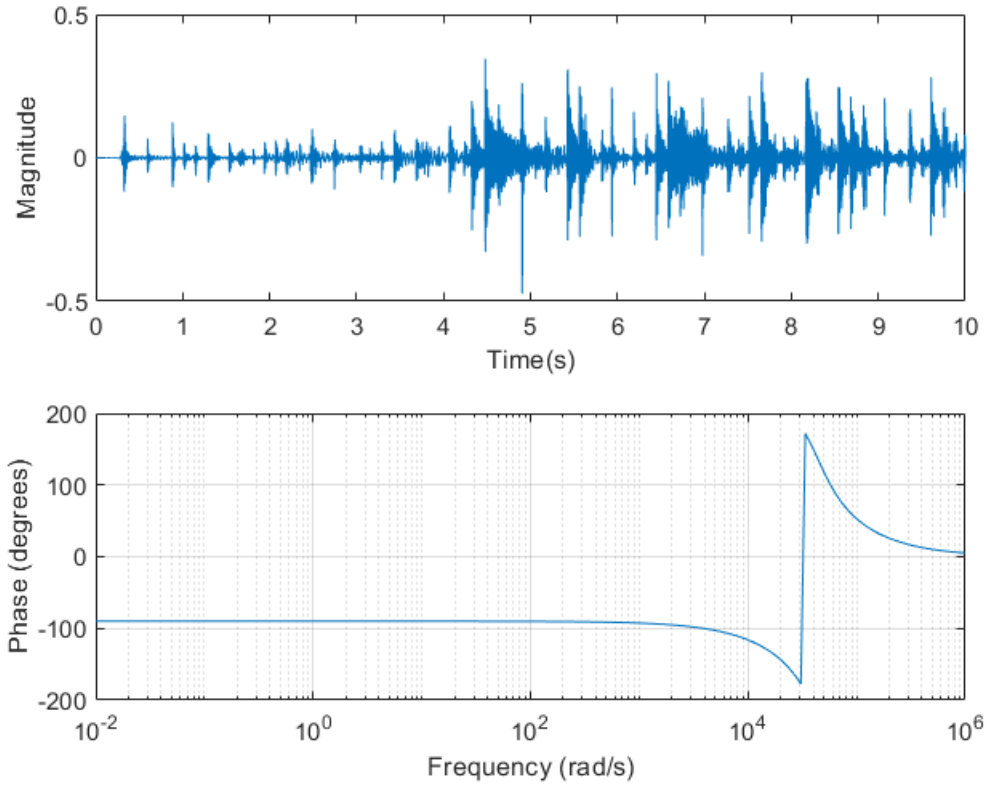
```
  G1 = 1 ; G2 = 1 ; G3 = 1.3 ; G4 = 0.6 ; G5 = 0.6 ;
```

```
  G1 = 1 ; G2 = 0.4 ; G3 = 1.1 ; G4 = 1.6 ; G5 = 1.6 ;
```

```
  G1 = 1 ; G2 = 1.5 ; G3 = 0.8 ; G4 = 0.9 ; G5 = 0.9 ;
```

```
  G1 = 1 ; G2 = 1.3 ; G3 = 0.8 ; G4 = 1.3 ; G5 = 1.3 ;
```

```
Y = G1*y1+G2*y2+G3*y3+G4*y4+G5*y5 ;
plot(T, Y)
xlabel('Time(s)')
ylabel('Magnitude')
```




```
if max(abs(Y)) > 1
    Y = Y/max(abs(Y)) ;
end
player = audioplayer(Y, fs)
```

```
player =
  audioplayer with properties:

       SampleRate: 64000
```

```
    BitsPerSample: 16
      NumChannels: 1
         DeviceID: -1
    CurrentSample: 1
     TotalSamples: 640000
          Running: 'off'
         StartFcn: []
          StopFcn: []
         TimerFcn: []
      TimerPeriod: 0.0500
              Tag: ''
         UserData: []
             Type: 'audioplayer'
```

```
play(player)
```

```
  stop(player)
```