



---

# DISEÑO DE FILTROS DISCRETOS

---

Ejercicio 1: Filtros IIR



27 DE MARZO DE 2021

LUCÍA LORENZO MORENO

[https://github.com/Luci613/Filtros\\_IIR\\_Ejercicio1.git](https://github.com/Luci613/Filtros_IIR_Ejercicio1.git)

## Ejercicio1

Diseñar los siguientes filtros para  $f_s = 8$  kHz (audio):

1. Filtro elíptico pasabajo de mínimo orden. Banda de paso hasta 2 kHz con atenuación máxima  $\alpha_p = 1$  dB, y banda eliminada a partir de 2.5 kHz con atenuación mínima  $\alpha_s = 30$  dB.

Código:

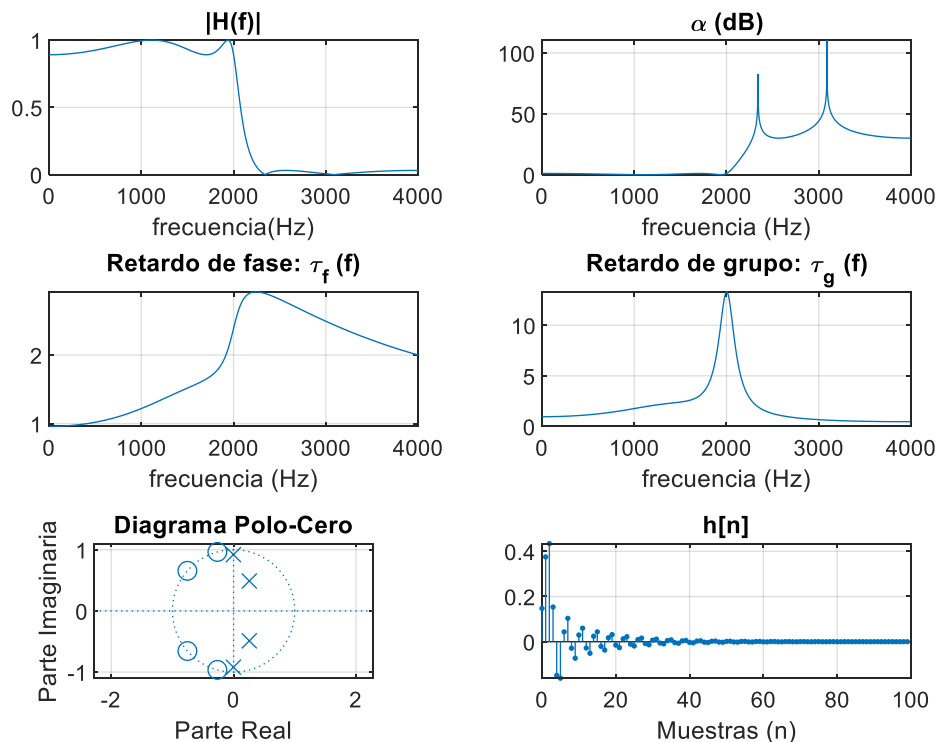
```
%% 1. Filtro eliptico pasabajo de minimo orden.

fcp=2000; % Ffrecuencia banda de paso
alphaP=1; % Atenuacion máxima banda paso bajo
fcs=2500; % Frecuencia banda eliminada
alphaS=30; % Atenuación mínima banda eliminada

[n,wp] = ellipord(2*fcp/fs, 2*fcs/fs, alphaP,alphaS);
[b,a] = ellip(n,alphaP,alphaS,wp,'low');

figure('Name', '1. Filtro paso bajo elíptico de mínimo orden');
analizaFiltro_EjercicioIIR(b,a,fs);
```

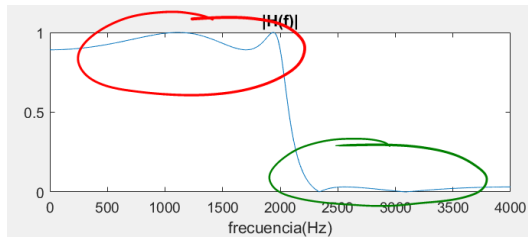
Gráfica:



Análisis de la gráfica:

Vemos que el funcionamiento del filtro es el especificado del enunciado.

Los retardos no son constantes.



Es un filtro paso bajo hasta 2000 Hz.

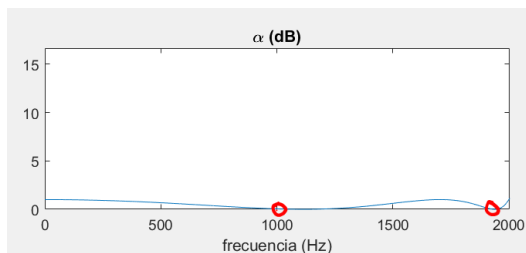
Existe rizado. En esas bandas el comportamiento es medianamente constante.

Rizado en la **banda de paso** / **banda eliminada**

Orden del filtro:

Se puede saber de diversas maneras: mirando la gráfica  $|H(f)|$ , la de atenuación o el 'Diagrama Polo-Cero'. O en: *Command Window* de Matlab.

Haciendo zoom en la gráfica de la atenuación:



Podemos concluir que es un prototipo de orden 4. Aparecen 2 en la frecuencia positiva y hay otros 2 en la frecuencia negativa (los cuales no se ven).

De manera análoga podemos saber el orden del filtro mirando el 'Diagrama Polo-Cero'. Vemos que hay 4 polos (X) y 4 ceros (O). Por lo tanto, es de **orden 4**.

## 2. Filtro chebyshev pasobanda de orden 10. Banda de paso 0.3-3.4 kHz y $\alpha_p = 1$ dB.

Código:

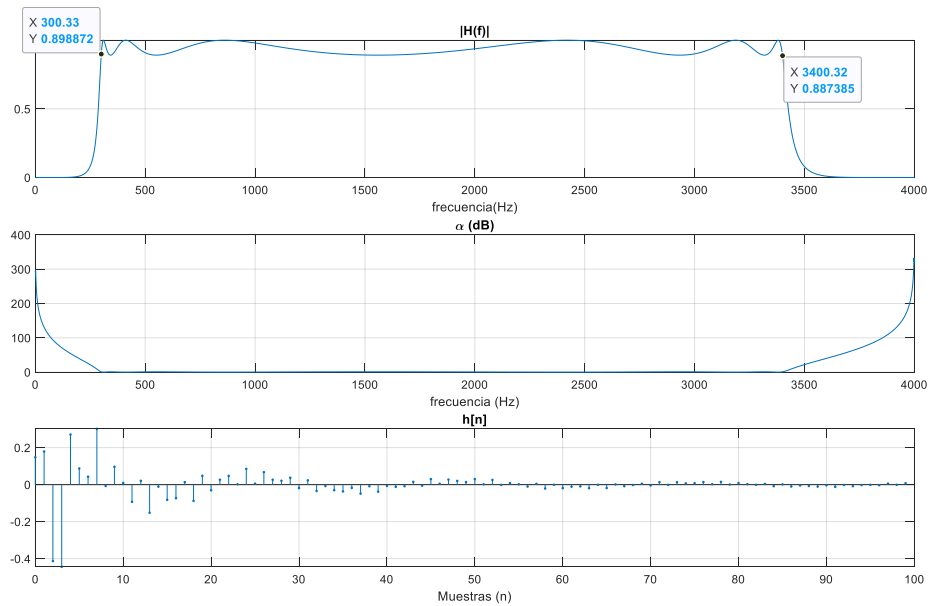
```
%% 2. Filtro Chebyshev pasobanda de orden 10.

n=6; % Orden 6
fcp1=300; % Frecuencia banda de paso 1
fcp2=3400; % Frecuencia banda de paso 2
alphaP=1; % Atenuación de la banda de paso

wp=[2*fcp1/fs,2*fcp2/fs];
[b,a]=cheby1(n,alphaP,wp,'bandpass');

figure('Name','2. Filtro pasobanda Chebyshev de orden 10');
analizaFiltro_EjercicioIIR_Apartado2(b,a,fs);
```

### Gráfica:



### Análisis de la gráfica:

Vemos que el funcionamiento del filtro es el especificado del enunciado.

La banda de paso va de 300 Hz a 3400 Hz.

Observamos que el rizado es medianamente constante en la banda de paso.

Existe atenuación en las frecuencias que no pertenece el filtro.

### **3. Filtro inverso-chebyshev pasoalto de mínimo orden. Banda eliminada hasta 1.5 kHz con atenuación mínima $\alpha_s = 30$ dB, y banda de paso a partir de 2 kHz con atenuación máxima $\alpha_p = 1$ dB.**

### Código:

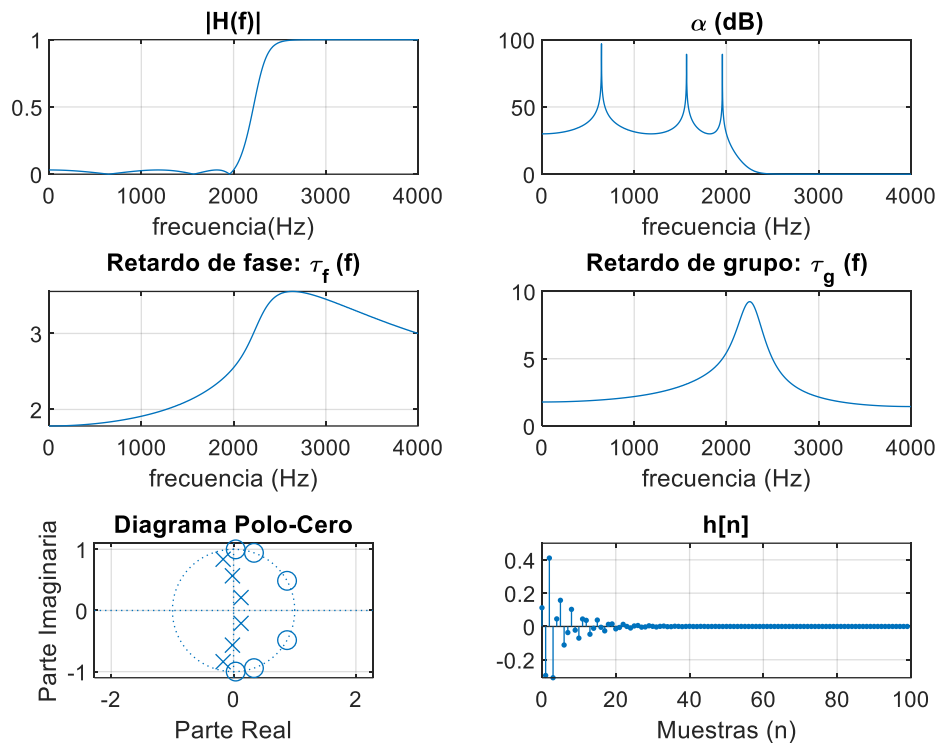
```
%% 3. Filtro inverso-chebyshev pasoalto de mínimo orden.

fcs=1500; % Frecuencia de la banda eliminada
alphaS=30; % Atenuación mínima banda eliminada
fcp=2000; % Frecuencia de la banda de paso
alphaP=1; % Atenuación máxima banda paso bajo

[n,ws] = cheb2ord(2*fcs/fs, 2*fcp/fs, alphaP, alphaS);
[b,a] = cheby2(n,alphaS,ws,'high');

figure('Name', '3. Filtro pasoalto inverso-Chebyshev de mínimo orden');
analizaFiltro_EjercicioIIR(b,a,fs);
```

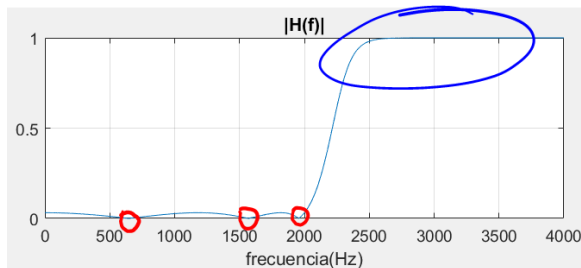
## Gráfica:



## Análisis de la gráfica:

Vemos que el funcionamiento del filtro es el especificado del enunciado.

Los retardos no son constantes.



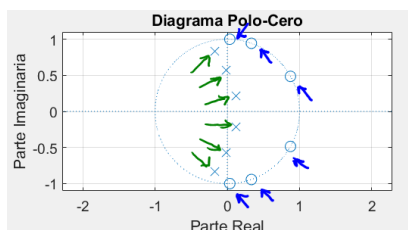
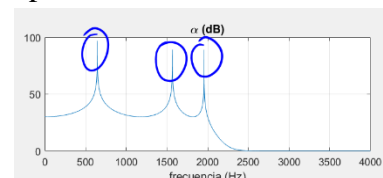
Es un filtro paso alto a partir de los 2000 Hz.

En la **banda de paso** el comportamiento es plano.

El rizado está en la banda eliminada ya que es la inversa de Chebyshev.

El orden del filtro es 6. Observamos **3** en el eje de frecuencias positivo.

También se puede observar el orden en la gráfica de la atenuación, en esas **tendencias** (picos) a infinito →



De manera análoga podemos saber el orden del filtro mirando el ‘Diagrama Polo-Cero’.

Vemos que hay 6 polos (X) y 6 ceros (O).

Por lo tanto, es de **orden 6**.

#### 4. Filtro butterworth banda eliminada de orden 6 (prototipo pasabajo orden 3) con frecuencias de corte a 3 dB 1.5 kHz y 2.5 kHz.

Código:

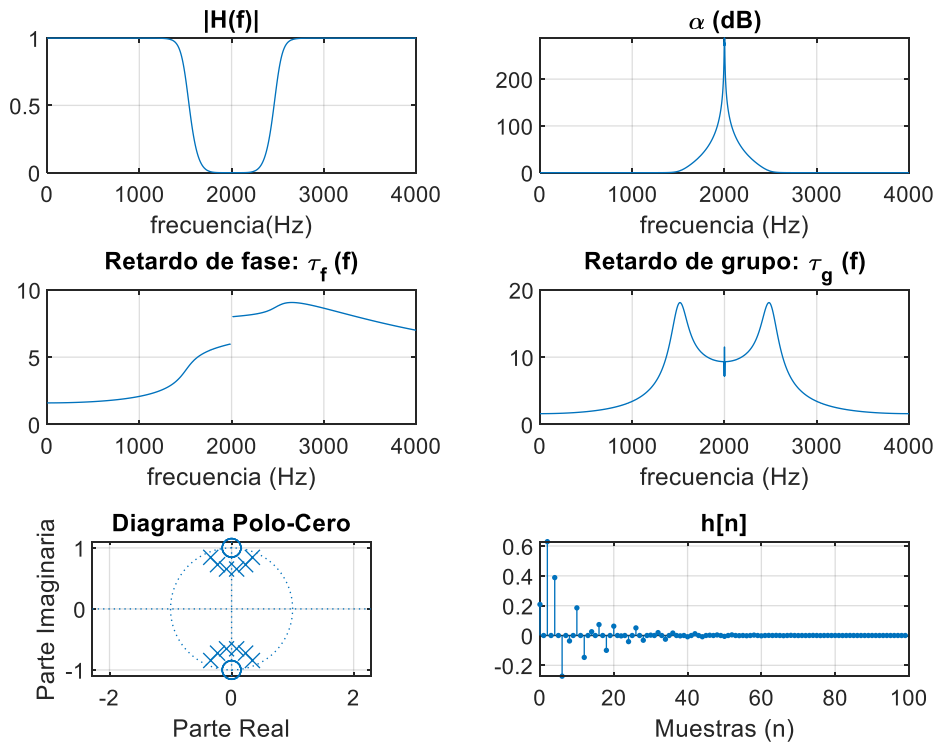
```
% 4. Filtro butterworth banda eliminada de orden 6

n=6; %orden 6
f1=1500; %frecuencia 1
f2=2500; %frecuencia 2

ws=[2*f1/fs,2*f2/fs];
[b,a] = butter(n, ws, 'stop');

figure('Name', '4. Filtro banda eliminada Butterworth de orden 6');
analizaFiltro_EjercicioIIR(b,a,fs);
```

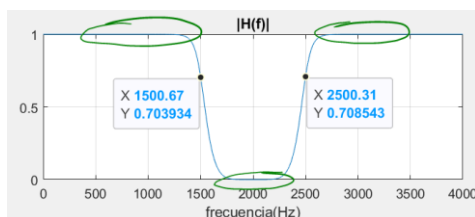
Gráfica:



Análisis de la gráfica:

Vemos que el funcionamiento del filtro es el especificado del enunciado.

Los retardos no son constantes.

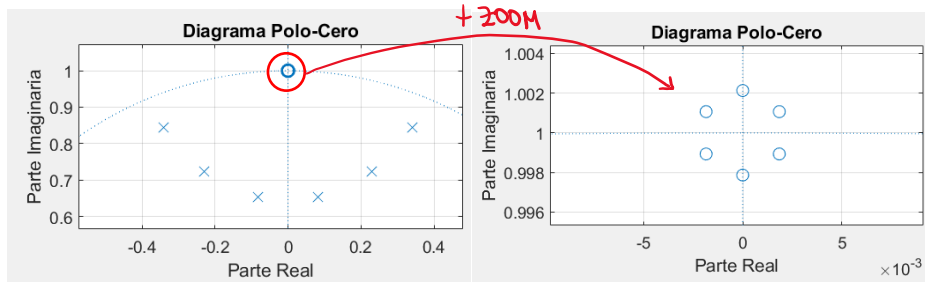


Es un filtro banda eliminada de 1500 Hz a 2500 Hz.

El comportamiento es plano.

Orden del filtro:

Hacemos zoom a la parte superior del 'Diagrama Polo-Cero'.



Vemos que hay 6 polos (X) y 6 ceros (O). Su homólogo está debajo.

Por lo tanto, serían en total 12 polos y 12 ceros.

Concluyendo, es un filtro de **orden 12**.

## Ficheros .m

El código también lo he subido a este repositorio:

[https://github.com/Luci613/Filtros\\_IIR\\_Ejercicio1.git](https://github.com/Luci613/Filtros_IIR_Ejercicio1.git)

### Script: mostrarFiltro\_EjercicioIIR.m

```
function mostrarFiltro_EjercicioIIR

%% Este script está relacionado con analizaFiltro_EjercicioIIR.m

%% Ejercicios para casa
%% Ejercicio 1: Filtros IIR

fs = 8000 ; % Frecuencia de muestreo de los filtros; Frecuencia de
audio

%% 1. Filtro eliptico pasobajo de mínimo orden.

fcp=2000; % Ffrecuencia banda de paso
alphaP=1; % Atenuacion máxima banda paso bajo
fcs=2500; % Frecuencia banda eliminada
alphaS=30; % Atenuación mínima banda eliminada

[n,wp] = ellipord(2*fcp/fs, 2*fcs/fs, alphaP,alphaS);
[b,a] = ellip(n,alphaP,alphaS,wp,'low');

figure('Name', '1. Filtro paso bajo elíptico de mínimo orden');
analizaFiltro_EjercicioIIR(b,a,fs);

%% 2. Filtro Chebyshev pasobanda de orden 10.

n=6; % Orden 6
fcp1=300; % Frecuencia banda de paso 1
fcp2=3400; % Frecuencia banda de paso 2
alphaP=1; % Atenuación de la banda de paso

wp=[2*fcp1/fs,2*fcp2/fs];
[b,a]=cheby1(n,alphaP,wp,'bandpass');

figure('Name', '2. Filtro pasobanda Chebyshev de orden 10');
analizaFiltro_EjercicioIIR_Apartado2(b,a,fs);

%% 3. Filtro inverso-chebyshev pasoalto de mínimo orden.

fcs=1500; % Frecuencia de la banda eliminada
alphaS=30; % Atenuación mínima banda eliminada
fcp=2000; % Frecuencia de la banda de paso
alphaP=1; % Atenuacion máxima banda paso bajo

[n,ws] = cheb2ord(2*fcs/fs, 2*fcp/fs, alphaP, alphaS)
[b,a] = cheby2(n,alphaS,ws,'high');

figure('Name', '3. Filtro pasoalto inverso-Chebyshev de mínimo
orden');
analizaFiltro_EjercicioIIR(b,a,fs);
```



```
%% 4. Filtro butterworth banda eliminada de orden 6

n=6; %orden 6
f1=1500; %frecuencia 1
f2=2500; %frecuencia 2

ws=[2*f1/fs,2*f2/fs];
[b,a] = butter(n, ws, 'stop');

figure('Name', '4. Filtro banda eliminada Butterworth de orden 6');
analizaFiltro_EjercicioIIR(b,a,fs);

end
```

## Script: analizaFiltro\_EjercicioIIR.m

```
function analizaFiltro_EjercicioIIR(b,a,fs)

%% Respuesta en frecuencia
N = 2^13; % Numero de puntos
f=linspace(0,fs/2,N);
H=freqz(b,a,f,fs); %La salida de freqz es H y fa
%% Atenuacion
alpha=-20*log10(abs(H)/max(abs(H)));
%% Retardo de fase
o=2*pi*f/fs; %Omega
rf=phasedelay(b,a,o);
%% Retardo de grupo
rg=grpdelay(b,a,o);

%% Respuesta impulsional

Nh=100; % n° de muestras
d=zeros(1,Nh); % Creamos array de ceros
d(1)=1; % Generamos la delta
h=filter(b,a,d);
n=(0:length(h)-1);

%% Modulo |H(f)|
subplot(321);plot(f,abs(H)); xlabel('frecuencia(Hz)');grid on;
title('|H(f)|');

%% Atenuacion
subplot(322);plot(f,alpha);xlabel('frecuencia (Hz)');grid
on;title('\alpha (dB)');

%% Retardo de fase
subplot(323);plot(f,rf);xlabel('frecuencia (Hz)');grid
on;title('Retardo de fase: \tau_f (f)');

%% Retardo de grupo
subplot(324);plot(f,rg);xlabel('frecuencia (Hz)');grid
on;title('Retardo de grupo: \tau_g (f)');

%% Diagrama polo-cero
subplot(325); zplane(b,a);xlabel('Parte Real'); ylabel('Parte
Imaginaria');grid on; title('Diagrama Polo-Cero');

%% h[n] (respuesta impulsional)
subplot(326);plot(n,h);stem(n,h, '.');xlabel('Muestras (n)');grid
on;title('h[n]');
end
```

## **Script: analizaFiltro\_EjercicioIIR\_Apartado2.m**

```
function analizaFiltro_EjercicioIIR_Apartado2(b,a,fs)

%% Respuesta en frecuencia
N = 2^13; % Numero de puntos
f=linspace(0,fs/2,N);
H=freqz(b,a,f,fs); %La salida de freqz es H y fa
%% Atenuacion
alpha=-20*log10(abs(H)/max(abs(H)));

%% Respuesta impulsional

Nh=100; % n° de muestras
d=zeros(1,Nh); % Creamos array de ceros
d(1)=1; % Generamos la delta
h=filter(b,a,d);
n=(0:length(h)-1);

%% Modulo |H(f)|
subplot(311);plot(f,abs(H)); xlabel('frecuencia(Hz)');grid
on;title('|H(f)|');

%% Atenuacion
subplot(312);plot(f,alpha);xlabel('frecuencia (Hz)');grid
on;title('\alpha (dB)');

%% h[n] (respuesta impulsional)
subplot(313);plot(n,h);stem(n,h, '.');xlabel('Muestras (n)');grid
on;title('h[n]');

end
```