

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

ALUMNO: POSE, FERNANDO EZEQUIEL

LEGAJO: 143.791-4

CICLO LECTIVO: 2° CUATRIMESTRE 2015

PROFESOR: DR. ING. MARIANO LLAMEDO SORIA

EJERCICIO 1

ENUNCIADO

1. Implemente las funciones para generar las siguientes ventanas:

- Ventana: Triangular
- Ventana: Hann (+). Note that Hann (-)
- Ventana: Flat-Top
- Ventana: Blackman Harris

Nota: Para cada caso grafique la correspondiente función $w(n)$ y su espectro.

```
function [] = ejercicio1()
```

PARA ESTE EJERCICIO SE DESARROLLA EL CÓDIGO DE CADA UNA DE LAS VENTANAS PEDIDAS, SEGUIDAMENTE SE EXPONEN LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FINALMENTE SE DESARROLLAN CONCLUSIONES.

```
% Cantidad de muestras de la ventana
```

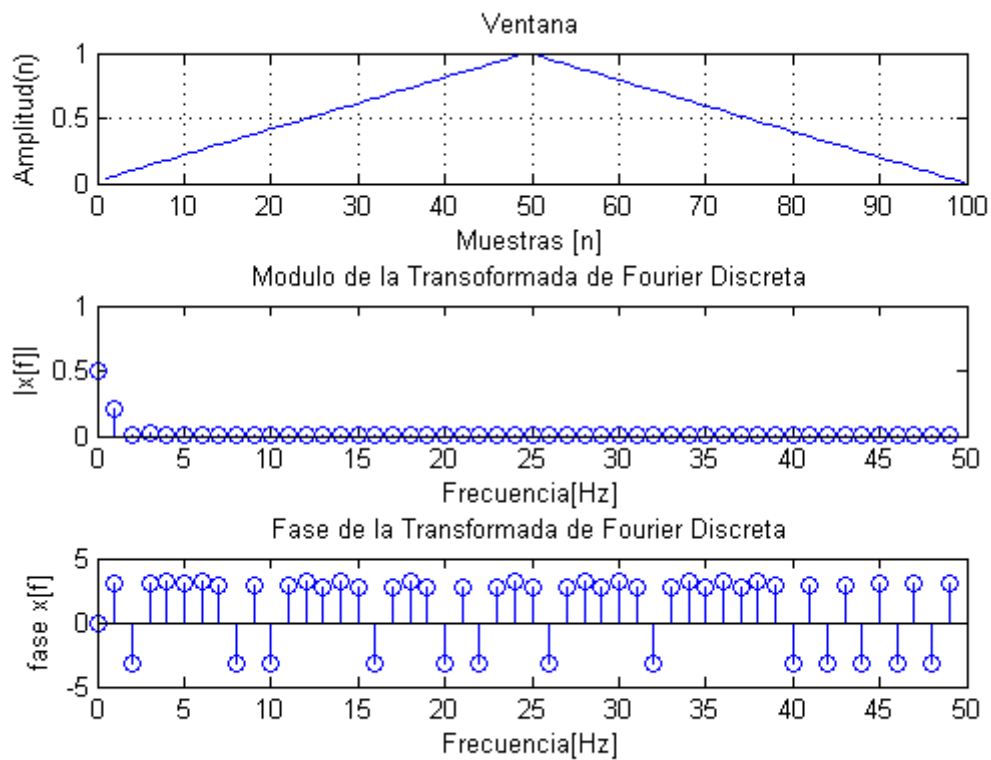
```
N = 100;  
fx = 1;
```

Ventana Triangular

```
signal = get_wtriangular(N);
```

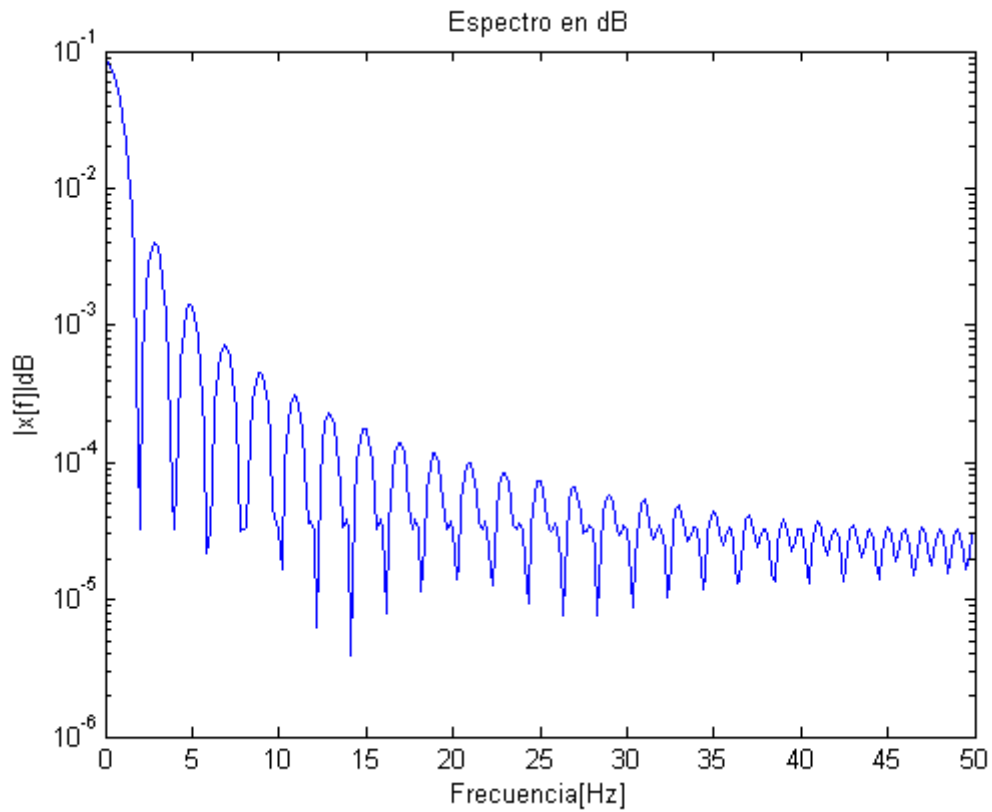
Ploteo de la ventana y su espectro

```
PloteoEspectrow(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



Ploteo del módulo del espectro en dB

```
PloteoEspectrowdb(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



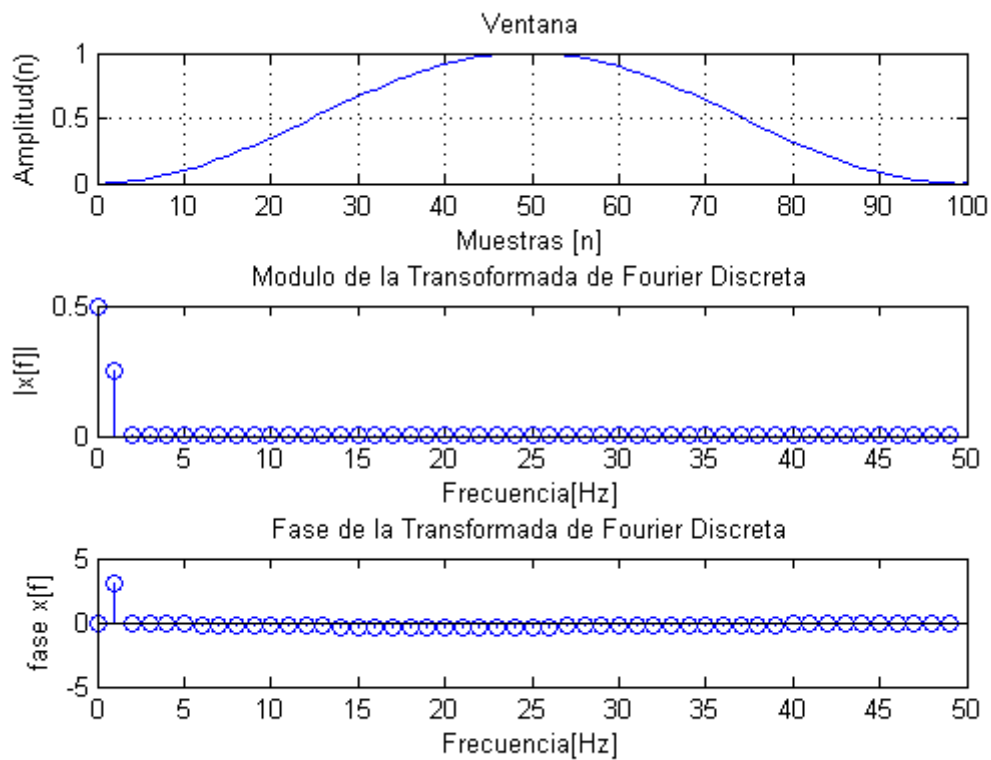
La ventana triangular posee un pico espectral bueno y preciso similar al de la ventana de Hamming. Hace un buen trabajo reduciendo pérdidas espectrales pero no tan bueno como la ventana de Hanning. Esta ventana se puede ver como una convolución de dos ventanas rectangulares.

Ventana Hann (-)

```
signal = get_whann(N);
```

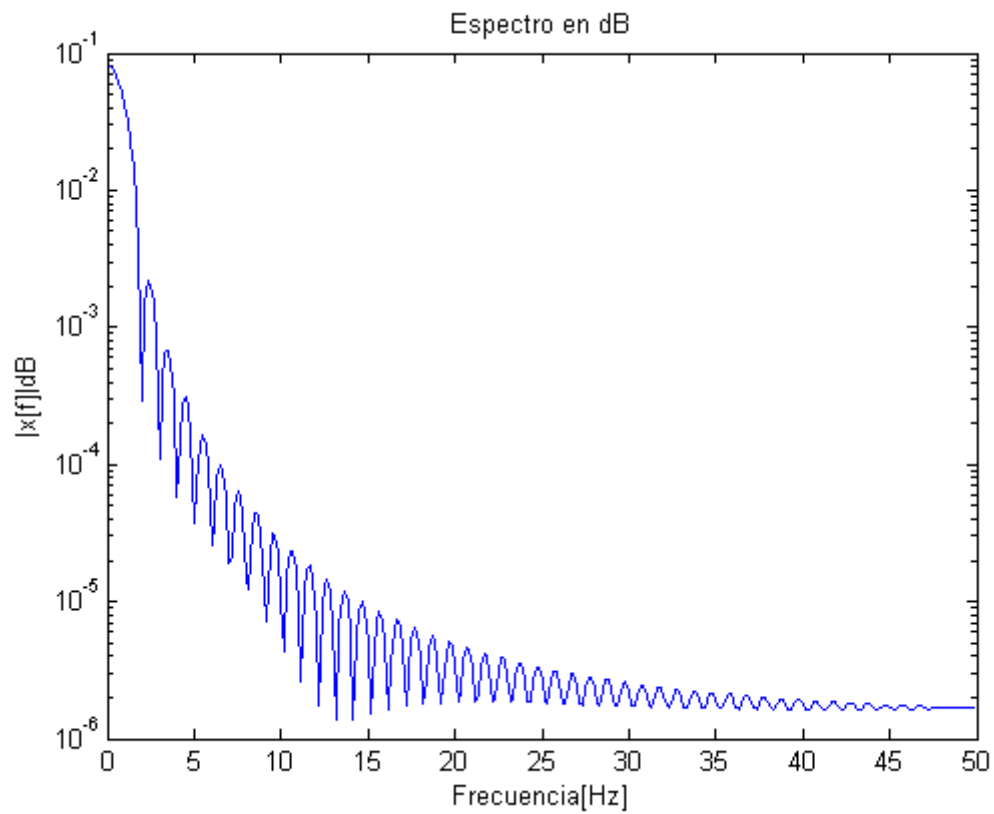
Ploteo de la ventana y su espectro

```
PloteoEspectrow(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



Ploteo del módulo del espectro en dB

```
PloteoEspectrowdb(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



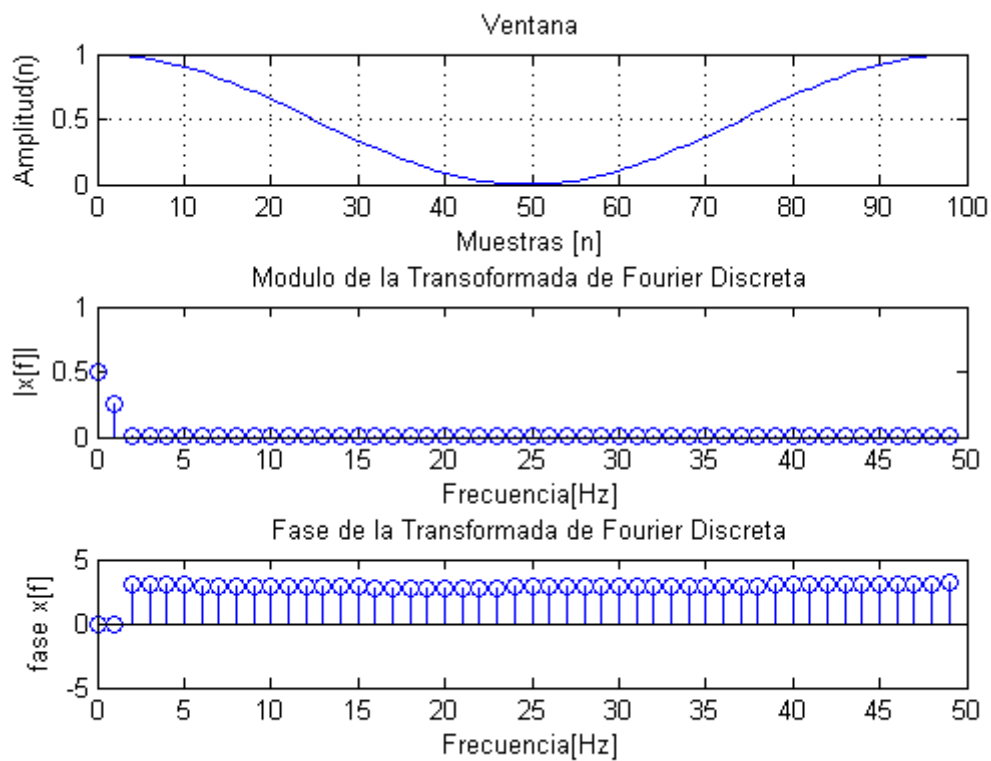
La ventana de Hann posee muy Buena resolución en frecuencia, debido a su angosto lóbulo y pocas pérdidas espectrales.

Ventana Hann (+)

```
signal = get_whann_2(N);
```

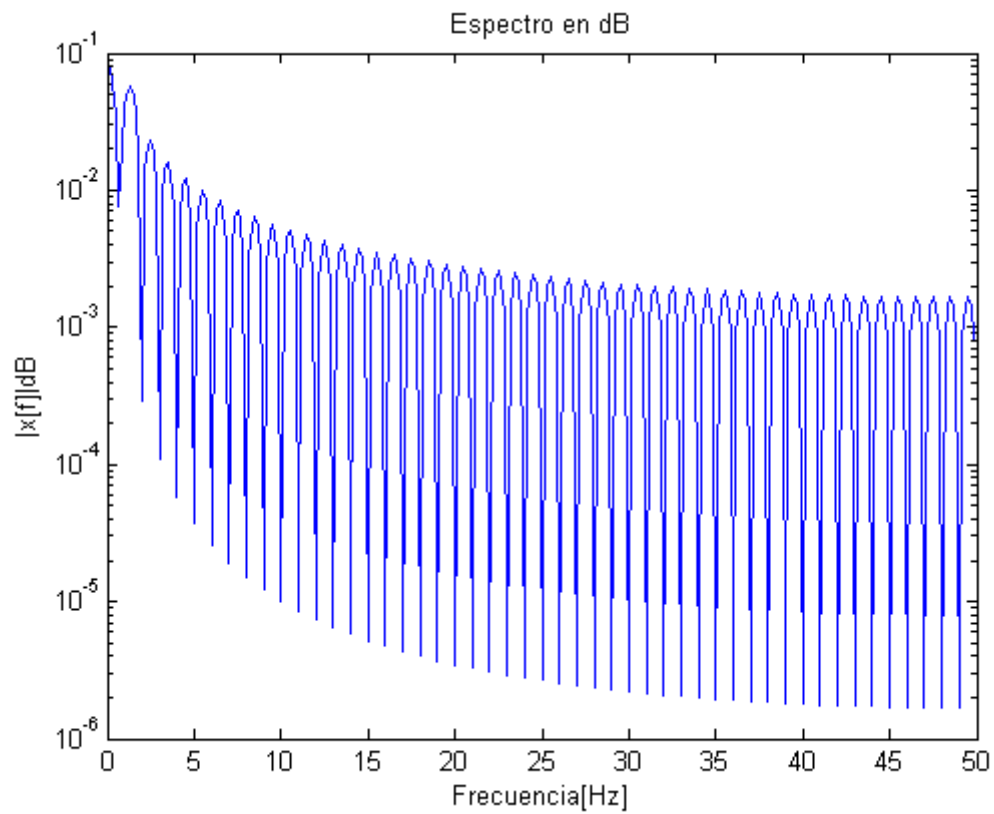
Ploteo de la ventana y su espectro

```
PloteoEspectrow(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



Ploteo del módulo del espectro en dB

```
PloteoEspectrowdb(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



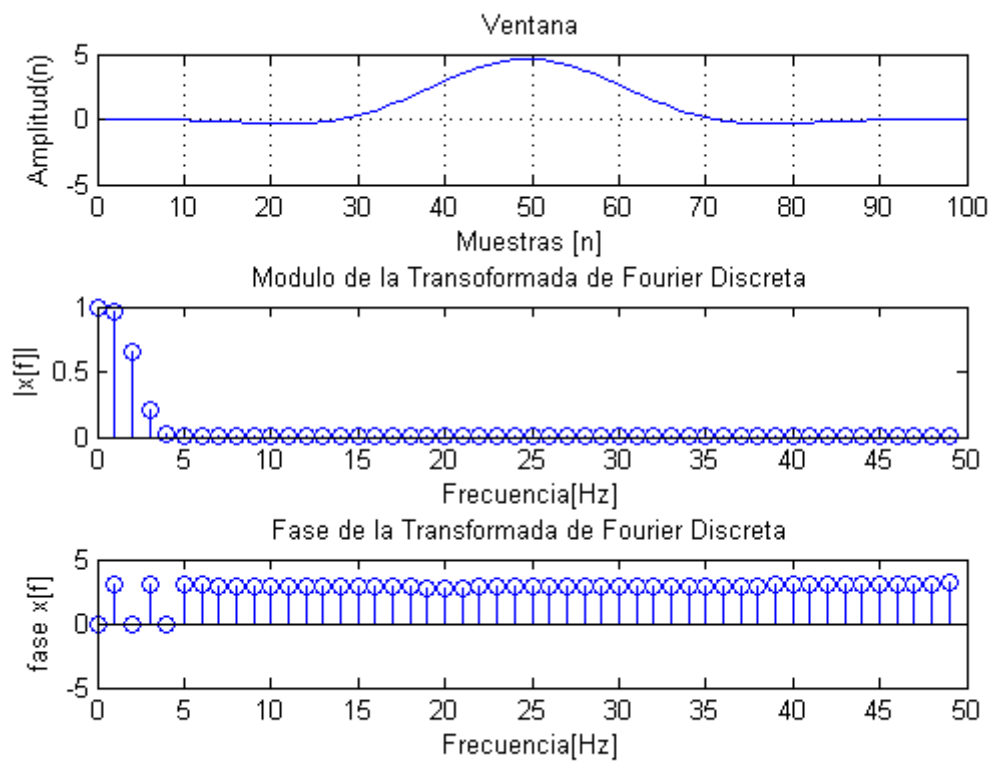
La ventana de Hann posee muy Buena resolución en frecuencia, debido a su angosto lóbulo y pocas pérdidas espectrales.

Ventana Flat-Top

```
signal = get_wflat_top(N);
```

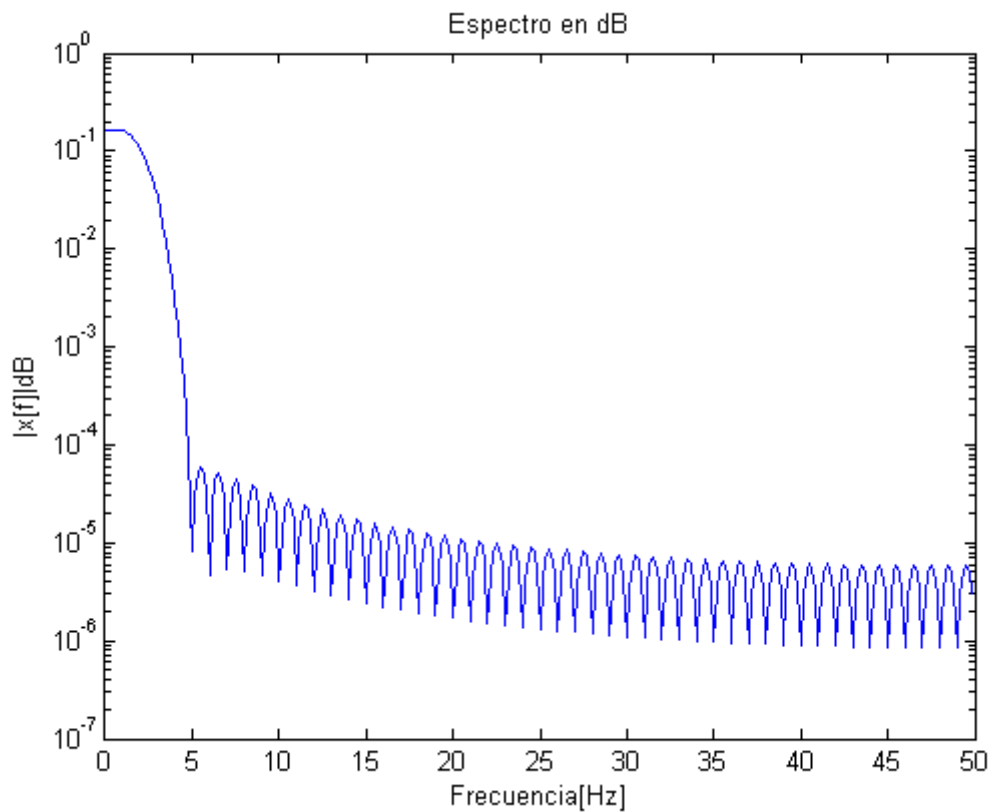
Ploteo de la ventana y su espectro

```
PloteoEspectrow(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



Ploteo del módulo del espectro en dB

```
PloteoEspectrowdb(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



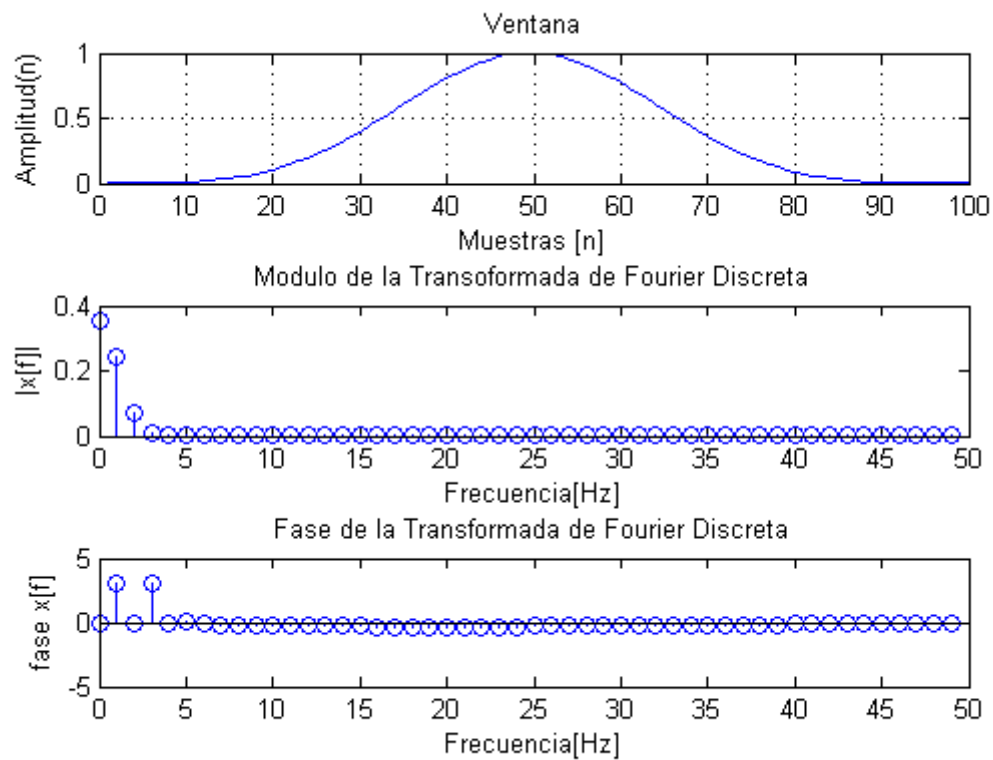
Esta ventana es muy exacta en amplitud (se demostrará en este trabajo práctico) pero por tener un lóbulo lateral ancho, tiene altas pérdidas espectrales y no es muy buena en resolución de frecuencia.

Ventana Blackman Harris

```
signal = get_wblackman_harris(N);
```

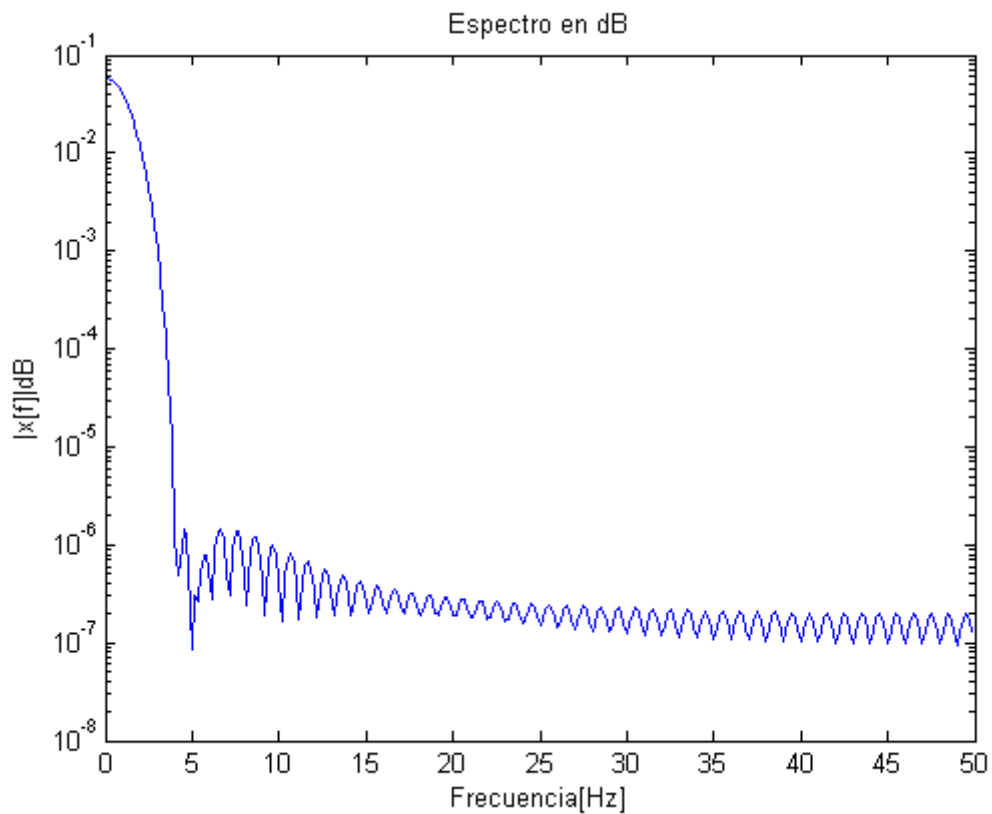
Ploteo de la ventana y su espectro

```
PloteoEspectrow(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```



Ploteo del módulo del espectro en dB

```
PloteoEspectrowdb(signal,fx);  
fx = fx + 1;
```

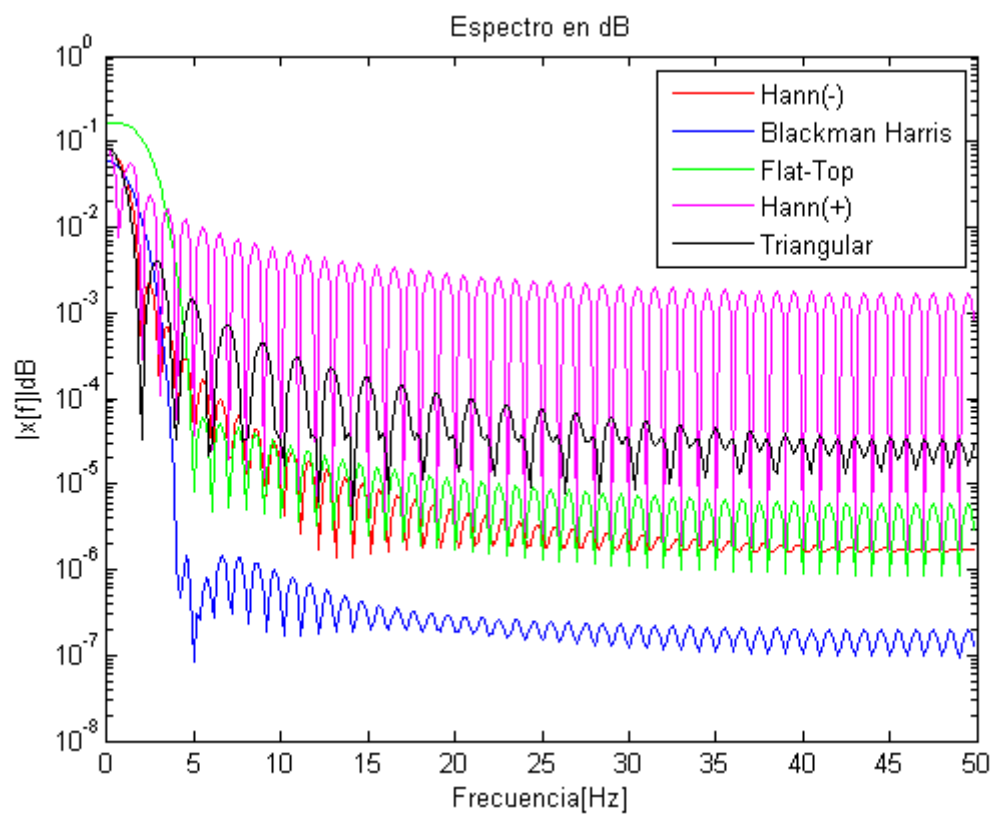


La ventana Blackman-Harris es la ventana que logra la mejor atenuación de los lóbulos laterales, lo cual determina que es la ventana que menos leakage introduce. En su contraparte la ventana Flat-Top es una ventana más plana, pero tiene mucho más leakage.

Conclusiones y comparaciones

Los espectros resultantes de módulo en dB son los que se exponen a continuación:

```
PlotearTodo(fx)
```



```
end
```

Conclusiones y aclaraciones

Para disminuir el efecto de "Leakage", se opta por utilizar ventanas que no son rectangulares (excepto algún caso especial). Estos tipos de ventana generalmente tienen la característica de poseer valor cero (o cercano) en los extremos. Estas características hacen que cuando se "ventanea" una captura, la misma tiende a cero en los extremos y por lo tanto cuando se aplica la DFT, la periodicidad implícita ya no provoca una discontinuidad importante dado que todos los periodos arrancan y terminan cerca del cero. La forma de la ventana es importante ya que naturalmente también modifica la forma del espectro resultante (como se verá en ejercicios futuros), esta alteración del espectro es inevitable. Cualquier función que permita desarrollar su transformada de Fourier discreta puede ser utilizada como ventana, en este trabajo se exponen algunas de las ventanas más conocidas y cada una de ellas tiene su aplicación particular, basada en como altera la señal original, en el tiempo multiplica a la señal original y en la frecuencia se convoluciona con el espectro de la misma. Si se desea por ejemplo medir amplitudes con la mayor exactitud posible se puede utilizar la ventana Flat-Top. Otro ejemplo puede darse si se requiere resolver señales con componentes en frecuencias muy cercanas, para este tipo de señales se suele utilizar principalmente la ventana de Hanning o Hann. Para terminar con las conclusiones y aclaraciones que son de importancia destacar para este ejercicio introductorio a la guía, se expone a continuación las ventanas que se utilizan según el contenido de la señal y algunas características de las mismas.

Signal Content	Window
Sine wave or combination of sine waves	Hann
Sine wave (amplitude accuracy is important)	Flat Top
Narrowband random signal (vibration data)	Hann
Broadband random (white noise)	Uniform
Closely spaced sine waves	Uniform, Hamming
Excitation signals (Hammer blow)	Force
Response signals	Exponential
Unknown content	Hann

Window	Scaling Factor (Coherent Gain)	Noise Power Bandwidth	Worst-Case Amplitude Error (dB)
Uniform (none)	1.00	1.00	3.92
Hann	0.50	1.50	1.42
Hamming	0.54	1.36	1.75
Blackman-Harris	0.42	1.71	1.13
Exact Blackman	0.43	1.69	1.15
Blackman	0.42	1.73	1.10
Flat Top	0.22	3.77	< 0.01

Nota: Es importante destacar, que se incluyeron otras ventanas con sus respectivas características agregadas a las pedidas por el trabajo practico, de forma tal de que el lector pueda recurrir a este trabajo a la hora de necesitar ventanear una señal para realizar un análisis futuro.

Ejercicio 1 – Códigos

A continuación se exponen los códigos generadores de las ventanas y espectros del ejercicio.

Ejercicio 1 - Código: Ventana triangular

```
% \fn      [output] = get_wtriangular(N)
% \brief   Genera una ventana triangular
% \author   Pose, Fernando Ezequiel (fernandopose@gmail.com)
% \date     23/10/15
% \param    N      - Número de muestras
% \return   output  - Vector ventana
%**

function [output] = get_wtriangular(N)

    output = zeros(N,1);

    for n = 1:N
        output(n) = ((N+1)/2 - abs(n - (N-1)/2)) * 2/(N+1);
    end
end
```

Ejercicio 1 - Código: Ventana Hann (-)

```
% \fn      [output] = get_whann(N)
% \brief   Genera una ventana Hann con signo "-"
% \author   Pose, Fernando Ezequiel (fernandopose@gmail.com)
% \date     23/10/15
% \param    N      - Número de muestras
% \return   output  - Vector ventana
%**

function [output] = get_whann(N)

    output = zeros(N,1);

    for n = 1:N
        output(n) = 0.5*(1-cos(2*pi*n/(N-1)));
    end
end
```


Ejercicio 1 - Código: Ventana Hann (+)

```
% \fn      [output] = get_whann_2(N)
% \brief   Genera una ventana Hann con signo "+"
% \author  Pose, Fernando Ezequiel (fernandopose@gmail.com)
% \date    23/10/15
% \param   N      - Número de muestras
% \return  output  - Vector ventana
%**

function [output] = get_whann_2(N)

    output = zeros(N,1);

    for n = 1:N
        output(n) = 0.5*(1+cos(2*pi*n/(N-1)));
    end
end
```

Ejercicio 1 - Código: Ventana Flat-Top

```
% \fn      [output] = get_wflat_top(N)
% \brief   Genera una ventana Flat-Top
% \author  Pose, Fernando Ezequiel (fernandopose@gmail.com)
% \date    23/10/15
% \param   N      - Número de muestras
% \return  output  - Vector ventana
%**

function [output] = get_wflat_top(N)

    output = zeros(N,1);

    a0 = 1;
    a1 = 1.93;
    a2 = 1.29;
    a3 = 0.388;
    a4 = 0.032;

    for n = 1:N
        output(n) = a0-a1*cos(2*pi*n/(N-1))+a2*cos(4*pi*n/(N-1))-a3*cos(6*pi*n/(N-1))+a4*cos(8*pi*n/(N-1));
    end
end
```

Ejercicio 1 - Código: Ventana Blackman Harris

```
%      \fn      [output] = get_wblackman_harris(N)
%      \brief   Genera una ventana Blackman Harris
%      \author   Pose, Fernando Ezequiel (fernandoepose@gmail.com)
%      \date    23/10/15
%      \param   N      - Número de muestras
%      \return  output - Vector ventana
%**

function [output] = get_wblackman_harris(N)

    output = zeros(N,1);

    a0 = 0.35875;
    a1 = 0.48829;
    a2 = 0.14128;
    a3 = 0.01168;

    for n = 1:N
        output(n) = a0-a1*cos(2*pi*n/(N-1))+a2*cos(4*pi*n/(N-1))-a3*cos(6*pi*n/(N-1));
    end
end
```

Ejercicio 1 - Código: Ploteo de espectros

```
% \fn [] = PloteoEspectrow(signal)
% \brief
% \author Pose, Fernando Ezequiel (fernandoepose@gmail.com)
% \date
% \param amp -
%**

function [] = PloteoEspectrow(signal,fx) %wvtool()

    fs = 100; % Arbitrario

    output = my_dft(signal);
    N = length(output);

    f=0:fs/N:(N-1)*fs/N;

    figure(fx); set(gcf,'Name','Ploteo de ventana');
    subplot(3,1,1); plot(signal);
    title('ventana');
    xlabel('Muestras [n]'); ylabel('Amplitud(n)'); grid;

    subplot(3,1,2); stem(f(1:length(output)/2),abs(output(1:length(output)/2)));
    title('Modulo de la Transoformada de Fourier Discreta');
    xlabel('Frecuencia[Hz]'); ylabel('|x[f]|');

    subplot(3,1,3); stem(f(1:length(output)/2),angle(output(1:length(output)/2)));
    title('Fase de la Transformada de Fourier Discreta');
    xlabel('Frecuencia[Hz]'); ylabel('fase x[f]');

end
```

Ejercicio 1 - Código: Ploteo de espectro en dB

```
% \fn [] = PloteoEspectrowdb(signal)
% \brief Agrega zero padding a la señal, luego plotea el espectro en db
% \author Pose, Fernando Ezequiel (fernandoepose@gmail.com)
% \date 23/10/15
% \param signal - Señal a plotear.
%**

function [] = PloteoEspectrowdb(signal,fx,color)

    if nargin == 2
        color = 'b';
    end

    fs = 100; % Arbitrario
    M = zeros(500,1);

    output_Z = [signal' M'];
    output_Z = output_Z';
    N_Z = length(output_Z);
    f=0:fs/N_Z:(N_Z-1)*fs/N_Z;

    output_z_t = my_dft(output_Z);

    figure(fx); set(gcf,'Name','Espectro en dB');
    semilogy(f(1:length(output_z_t)/2),abs(output_z_t(1:length(output_z_t)/2)),color);
    title('Espectro en dB');
    xlabel('Frecuencia[Hz]'); ylabel('|x[f]|dB');

    if nargin == 3
        legend('Hann(-)','Blackman Harris','Flat-Top','Hann(+)','Triangular');
    end
end
```

Ejercicio 1 - Código: Ploteo de todos los espectros de módulo en dB

```
% \fn [] = PloteaTodo(fx)
% \brief Plotea en un mismo grafico todos los espectros de modulo
% \author Pose, Fernando Ezequiel (fernandoepose@gmail.com)
% \date 23/10/15
% \param fx - Numero de figura actual.
%**
function [] = PloteaTodo(fx)

    N = 100;
    output = get_whann(N);
    PloteoEspectrowdb(output,fx,'r');
    hold on;
    output = get_wblackman_harris(N);
    PloteoEspectrowdb(output,fx,'b');
    output = get_wflat_top(N);
    PloteoEspectrowdb(output,fx,'g');
    output = get_whann_2(N);
    PloteoEspectrowdb(output,fx,'m');
    output = get_wtriangular(N);
    PloteoEspectrowdb(output,fx,'k');
    hold off;
end
```

Ejercicio 2

Enunciado

Genere una señal bitonal de las siguientes características:

- * Comp 1: Amplitud unitaria, frecuencia $N/4$ * df
- * Comp 2: Amplitud 40dB por debajo de Comp.1, frecuencia $(N/4+10)$ df

Calcule el espectro y discuta las siguientes situaciones razonando los resultados obtenidos en cuanto a localización frecuencial y amplitud de las componentes. Es decir, cómo haría usted para medir los parámetros de la señal bitonal simulada si sólo contara con la información provista por el espectro. En caso de que lo hubiere, calcule el error en la medición de ambos parámetros.

1. Calcule el espectro en la situación prevista descripta.
2. Repita (a) disminuyendo la amplitud de la componente 2. ¿Cuál es la amplitud máxima que puede medirse sin considerar ninguna otra perturbación? ¿De qué depende poder medir la componente 2? Considere ahora que esta señal proviene de un ADC de 16 bits. Incorpore al análisis el correspondiente ruido de cuantización. ¿Cómo afecta esta situación la medición de la componente 2?
3. Repita (a) incrementando la frecuencia de la componente 1 en $0,5df$. Aumente la amplitud de la componente 2 hasta que se evidencie sobre el leakage.
4. Evalúe nuevamente (c) con otras desintonías, como por ejemplo $\{0.01, 0.2\}$ df, correspondientes a una desintonía leve y moderada.
5. Para cada caso evaluado en (e), indique la separación mínima a la que pueden estar ambas componentes de la señal bitonal.
6. Suponga que ambas componentes se encuentran por debajo de la separación mínima calculada en (f), explique qué estrategia podrá adoptar para poder diferenciar ambas componentes.

```
function [] = ejercicio2()
```

```
fx = 1;
```

```
% Declaro los parámetros para realizar la señal bitonal
```

```
% Parámetros comunes a ambas señales
```

```
N = 400;  
fs = 100;  
phase = 0;  
offset = 0;
```

```
df = fs/N;
```

```
% Parámetros del primer tono:
```

```
amp1 = 1;  
fo = N/4 * df;
```

```
[output1] = fsenoidal(amp1, fo, phase, offset, N, fs);
```

```
% Parámetros del segundo tono:
```

```
amp2 = 1/100; % 40db por debajo de amp1  
fo = (N/4+10) * df;
```

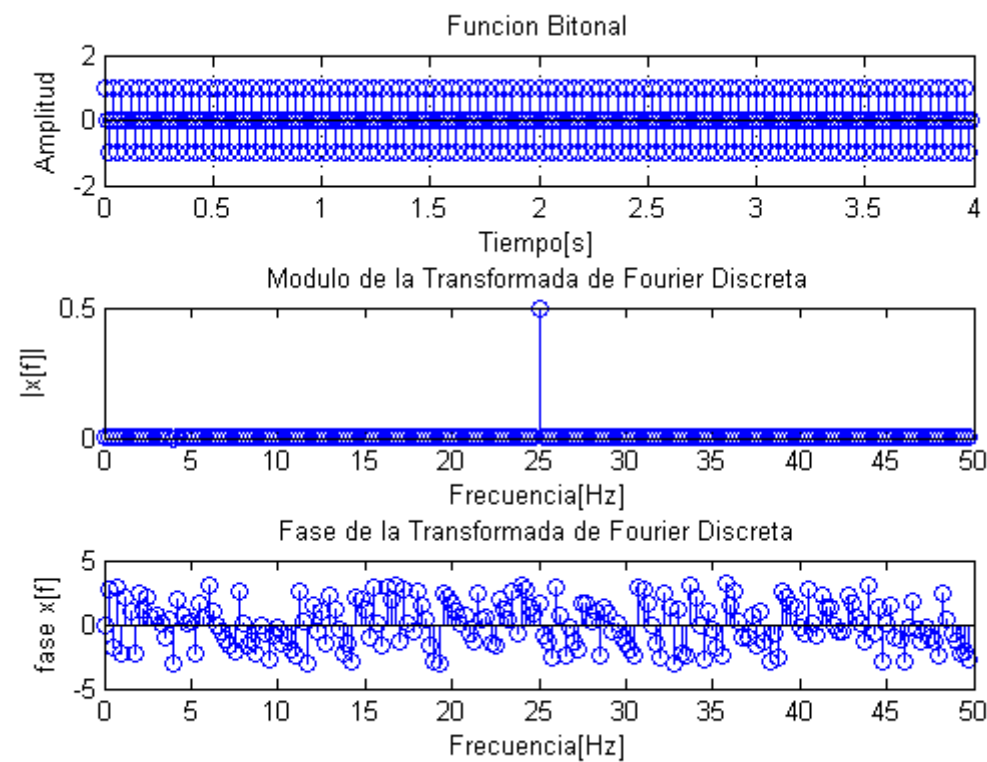
```
[output2,x_temp] = fsenoidal(amp2, fo, phase, offset, N, fs);
```

```
signal = output1 + output2;
```

```
f=0:fs/N:(N-1)*fs/N;
```

Ejercicio 2A

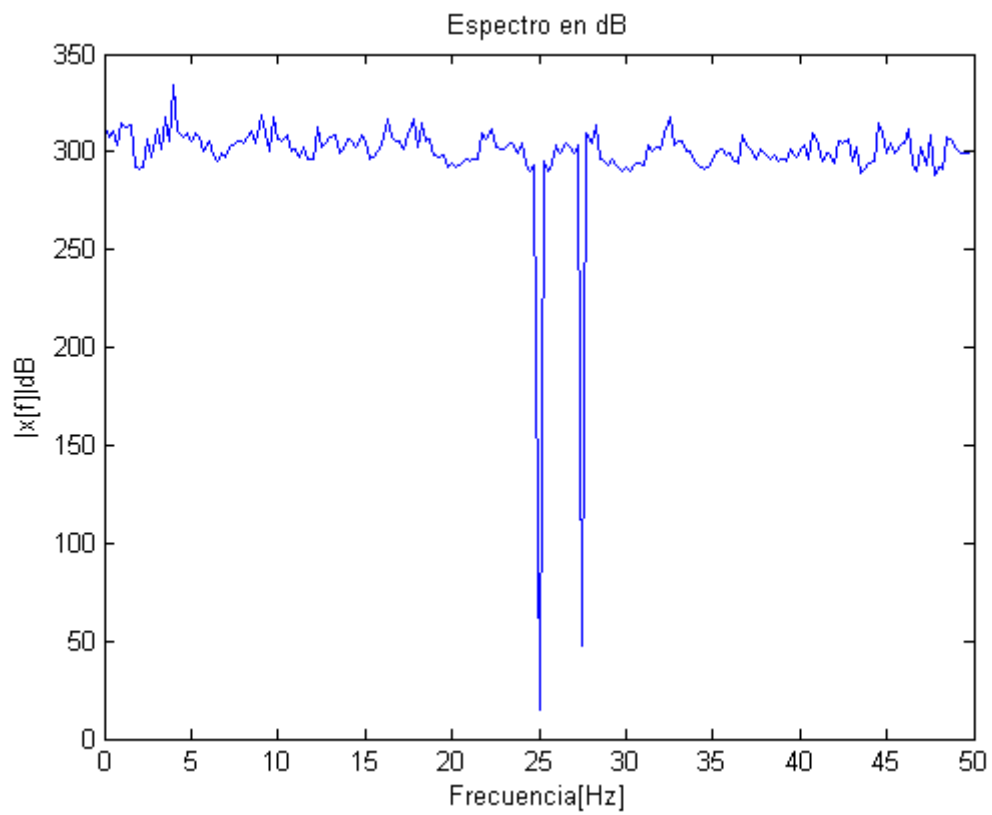
```
fx = Ploteo_Espectros(signal,x_temp,f,fx); % Ejercicio 2 A
fx = fx + 1;
```



En la figura se puede observar una señal bitonal (señal compuesta por dos tonos) con los siguientes parámetros:

N° de muestras	Frecuencia de sampleo	Fase	Offset	Amplitud	Frecuencias
400	100 Hz	0°	0	1V	F1=25Hz F2=27.5Hz

Cuyo espectro en dB (decibeles) es el que se observa a continuación:



Debe de notarse en ésta figura la facilidad con la que se puede llevar a cabo el encontrar ambos tonos de la señal bitonal.

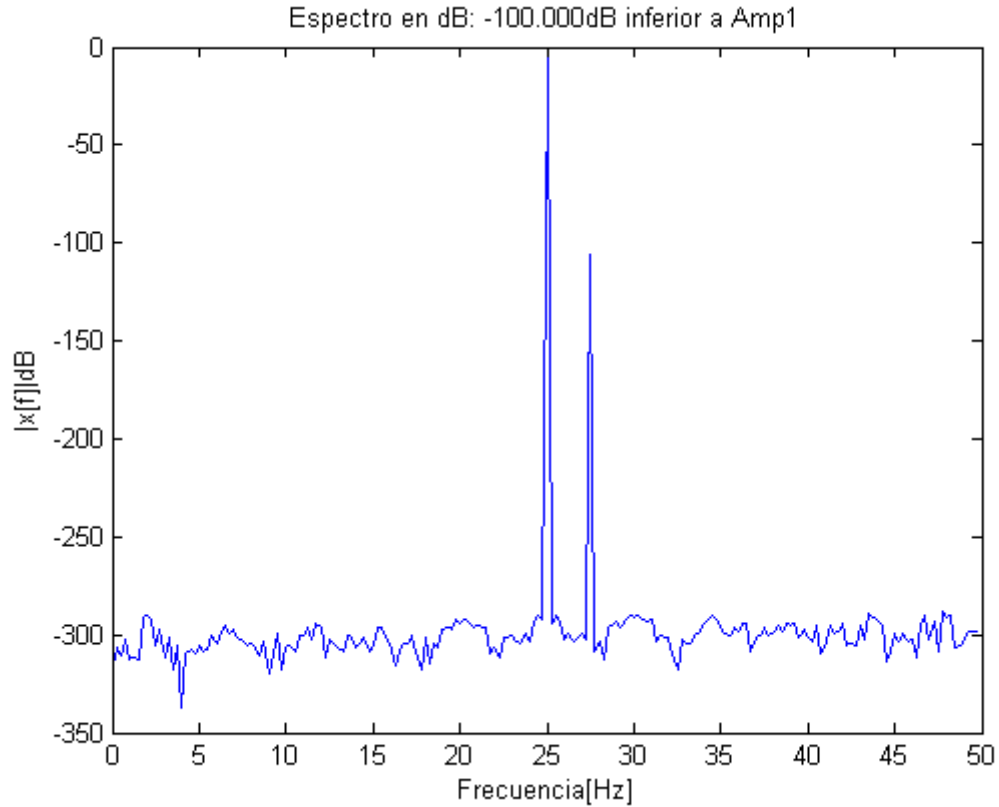
Ejercicio 2B

Parte A

Para el desarrollo de este inciso del trabajo práctico se tomaran, para el segundo tono, amplitudes que estarán en un intervalo entre 100 y 300dB por debajo de la amplitud del tono 1.

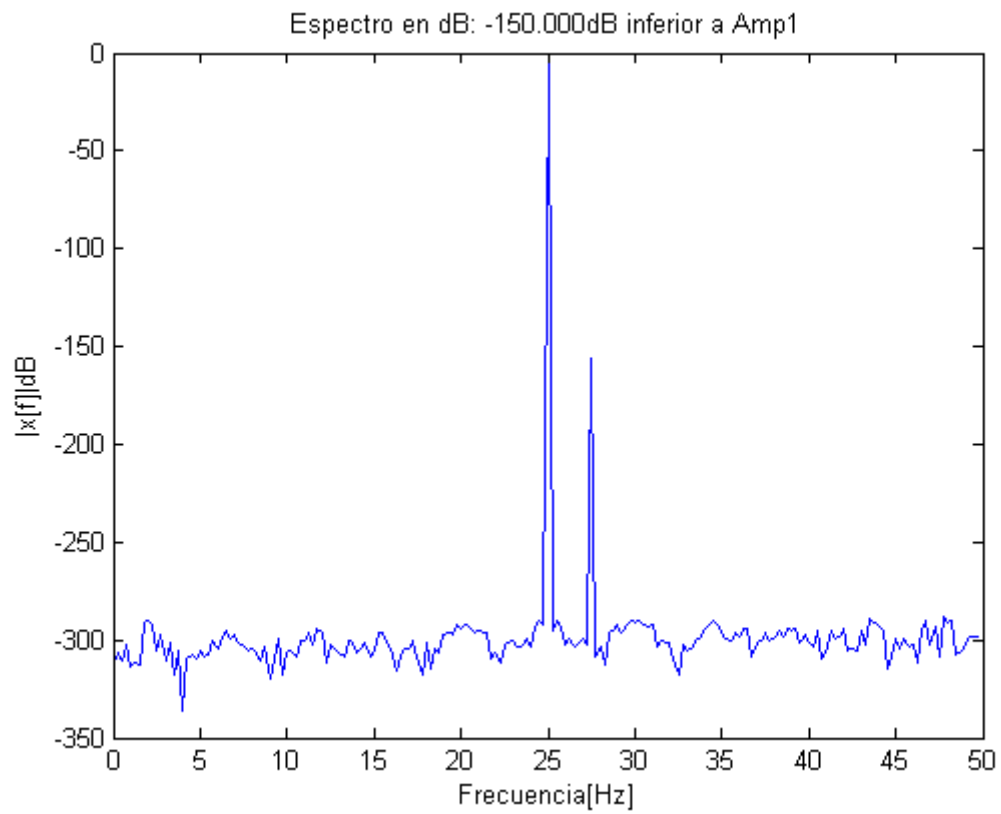
```
for cont = 100:50:300  
  
    amp1_dB = 20 * log10(amp1);  
    amp2_dB = amp1_dB - cont;  
    amp2     = db2mag(amp2_dB);  
    output2 = fsenoidal(amp2, fo, phase, offset, N, fs);  
    signal  = output1 + output2;  
  
    Ploteo_dB(signal,f,fx,amp2_dB);
```

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 100dB por debajo de la primer componente.



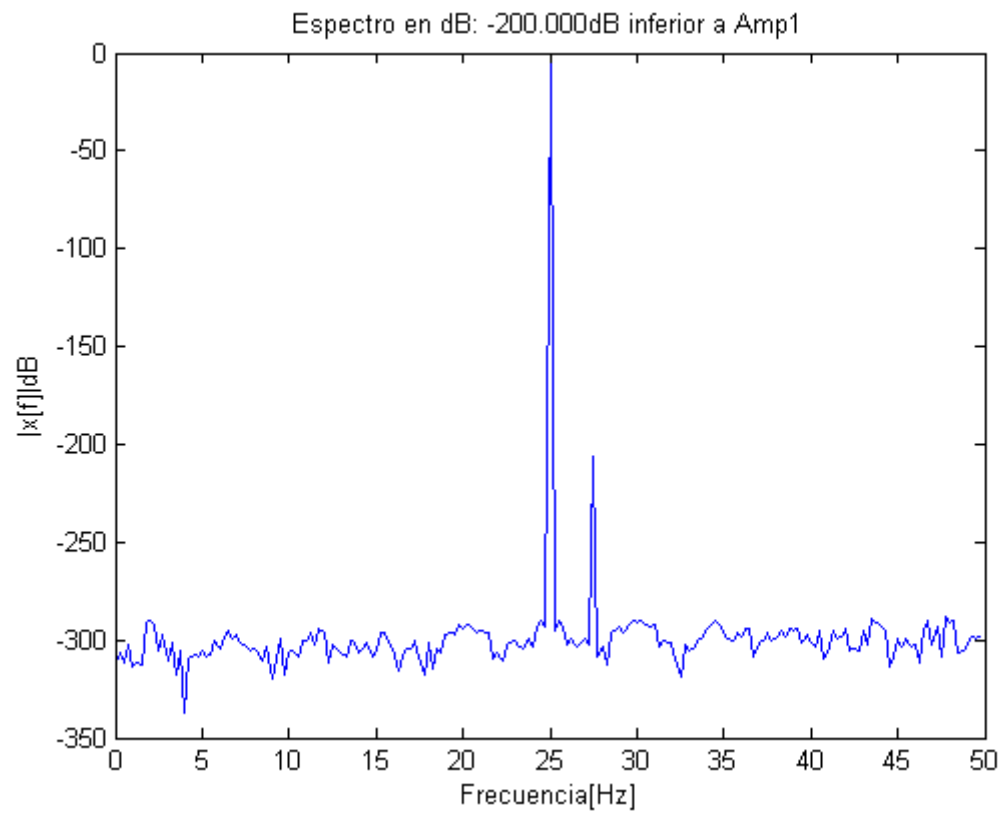
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 150dB por debajo de la primer componente.



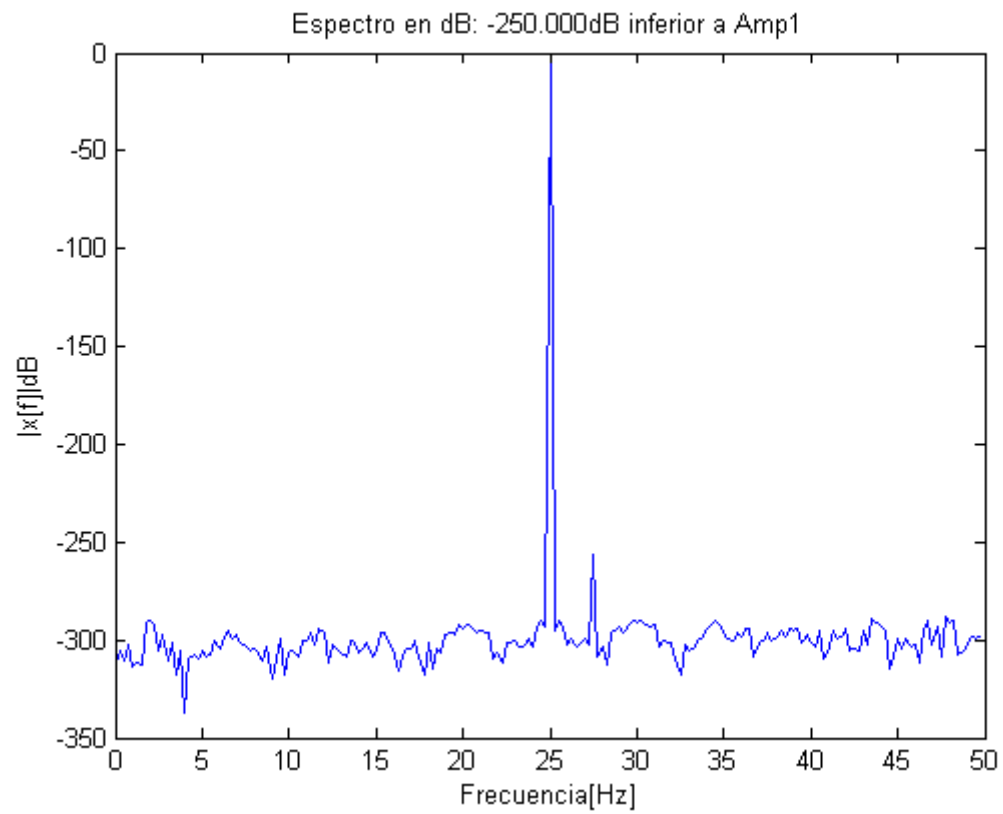
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 200dB por debajo de la primer componente.



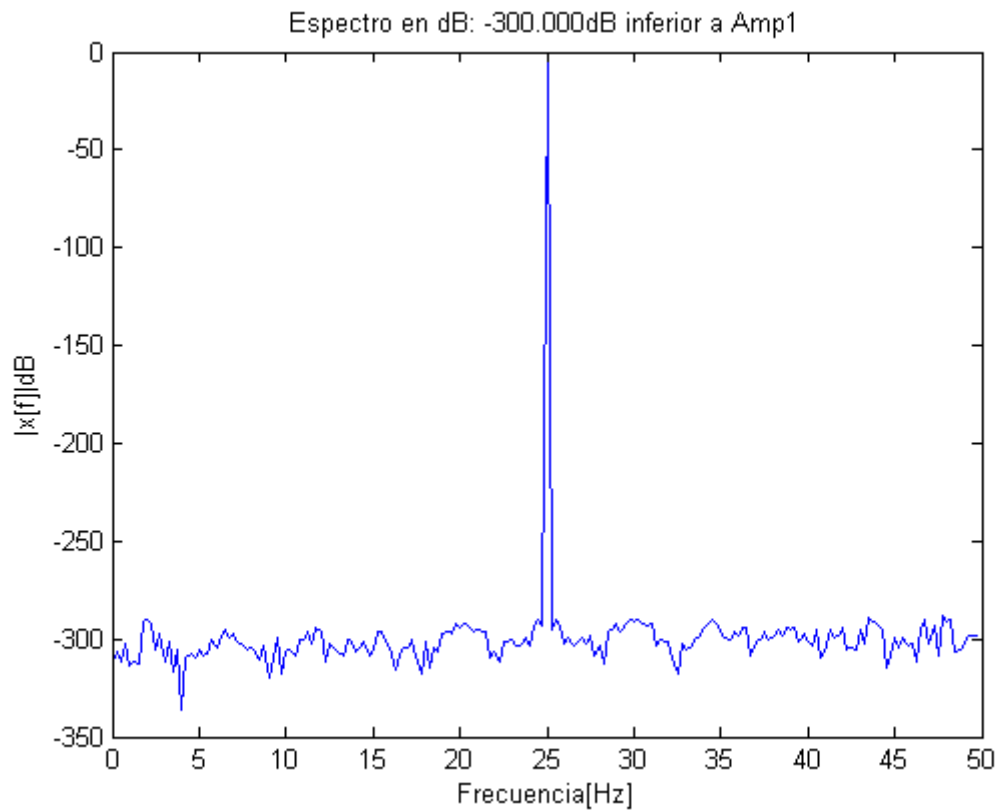
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 250dB por debajo de la primer componente.



En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 250dB por debajo de la primer componente.



En el gráfico no se puede notar la identificación de ambos tonos, motivo por el cual se concluye que bajo las condiciones propuestas la señal bitonal cuyas componentes de amplitud mínima pueden distinguirse son:

- Componente 1: 0dB
- Componente 2: 250dB por debajo de la componente 1.

```
fx = fx + 1;
```

```
end
```

Parte B

Luego se propone una señal bitonal proveniente de un ADC (conversor analógico digital) de 16 bits (desarrollado en el trabajo práctico I) y se estudia cómo afecta este dispositivo a la medición de la componente dos de la señal bitonal.

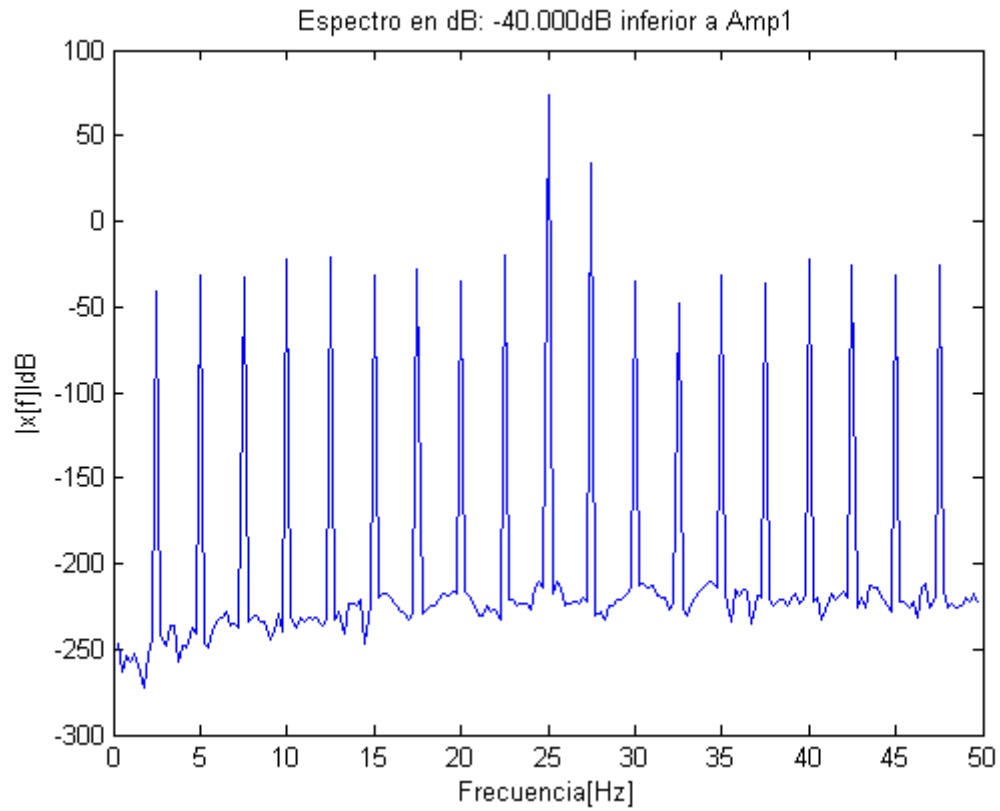
```
Nbit = 16;

for cont = 40:40:320

    amp1_dB = 20 * log10(amp1);
    amp2_dB = amp1_dB - cont;
    amp2     = db2mag(amp2_dB);
    output2 = fsenoidal(amp2, fo, phase, offset, N, fs);
    signal  = output1 + output2;
    fx = adc_Nbit(signal,f,fx,amp2_dB,Nbit);
    fx = fx + 1;

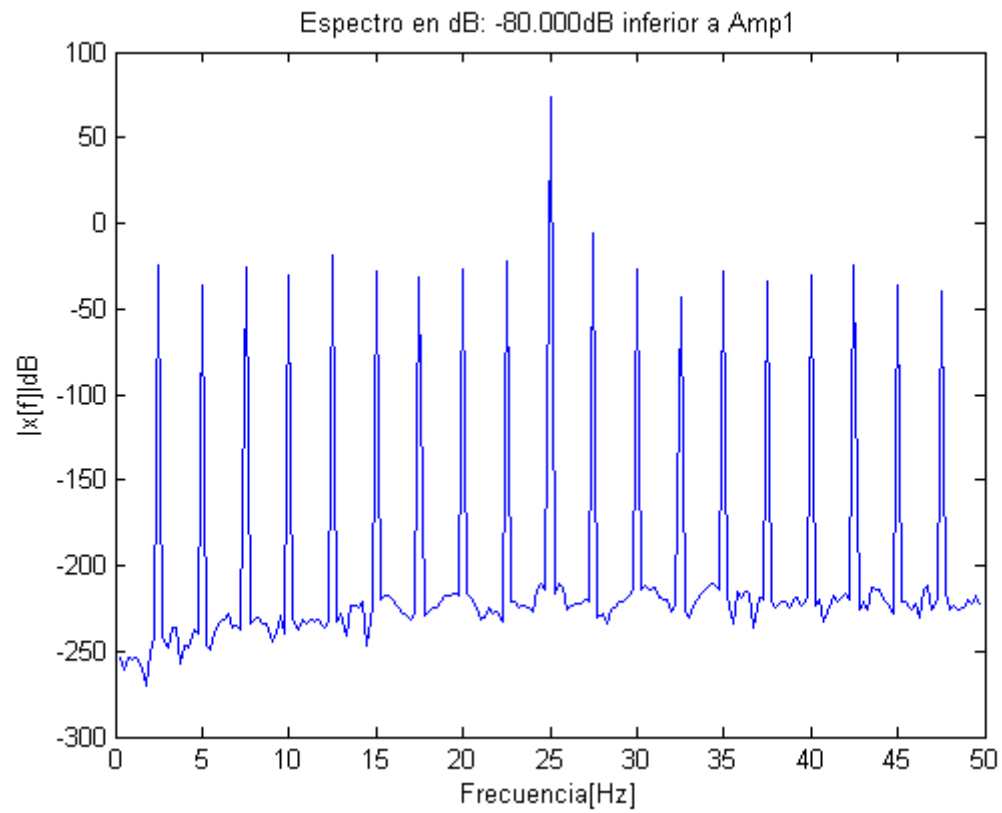
end
```

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 40dB por debajo de la primer componente.

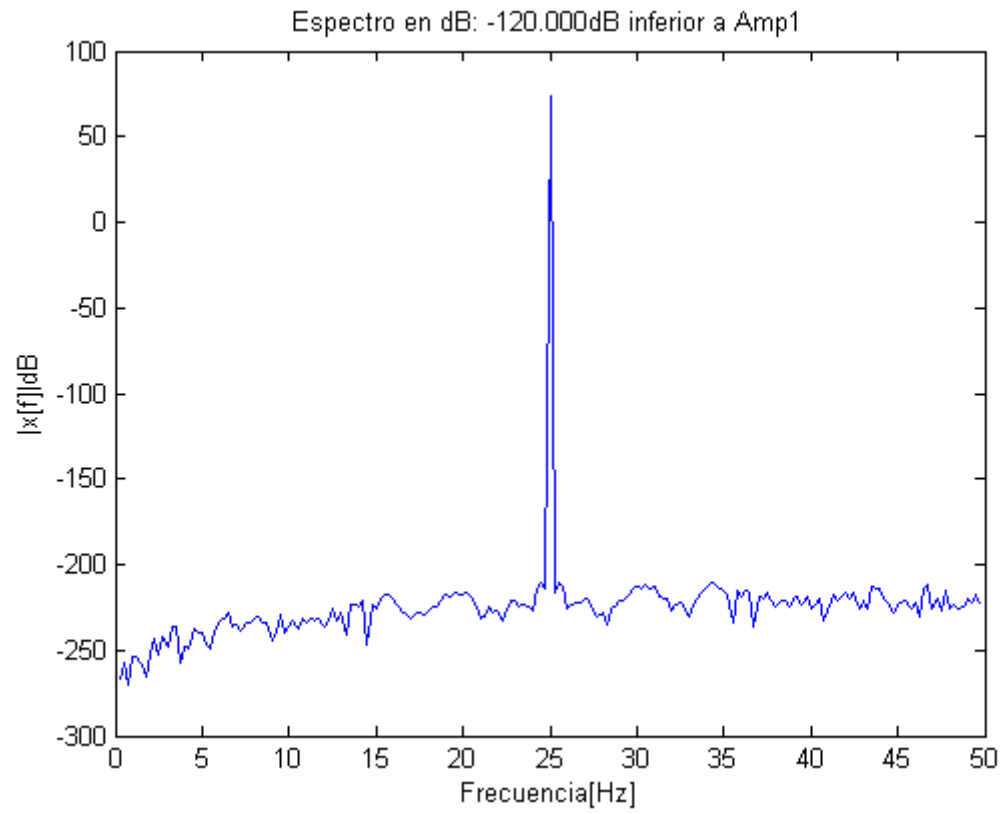


En el gráfico se puede observar la componente de frecuencia 25Hz de la señal bitonal y puede distinguirse la segunda componente, aunque esta distinción sea con dificultad.

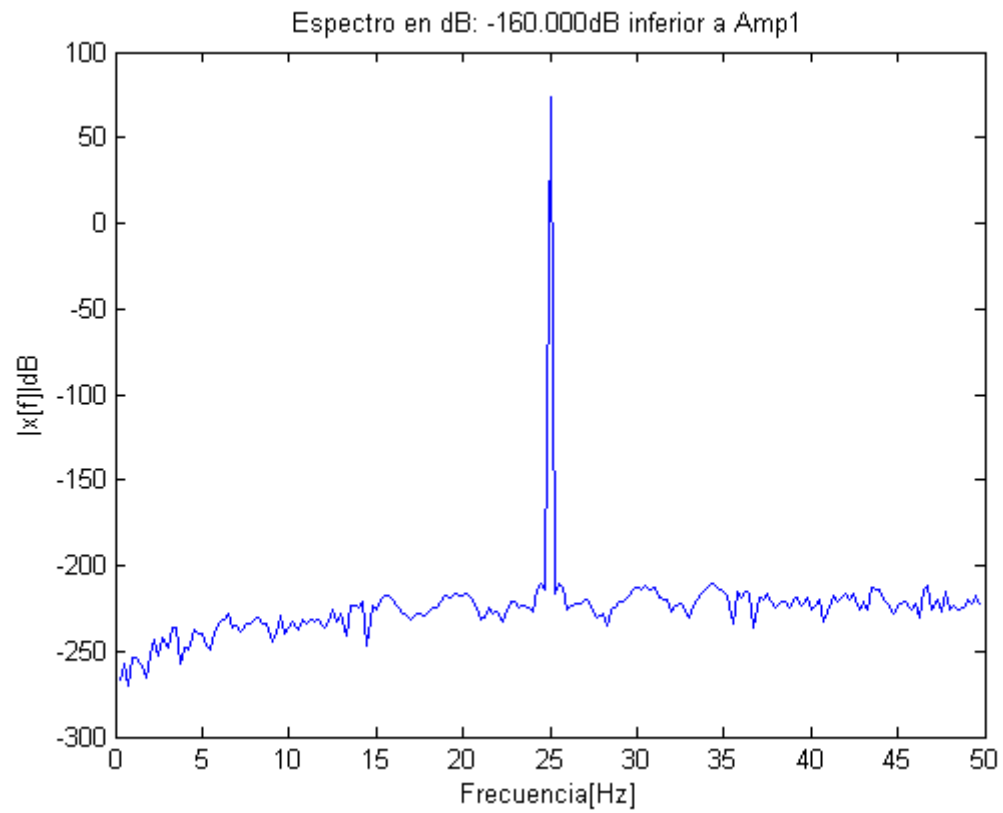
Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 80dB por debajo de la primer componente.



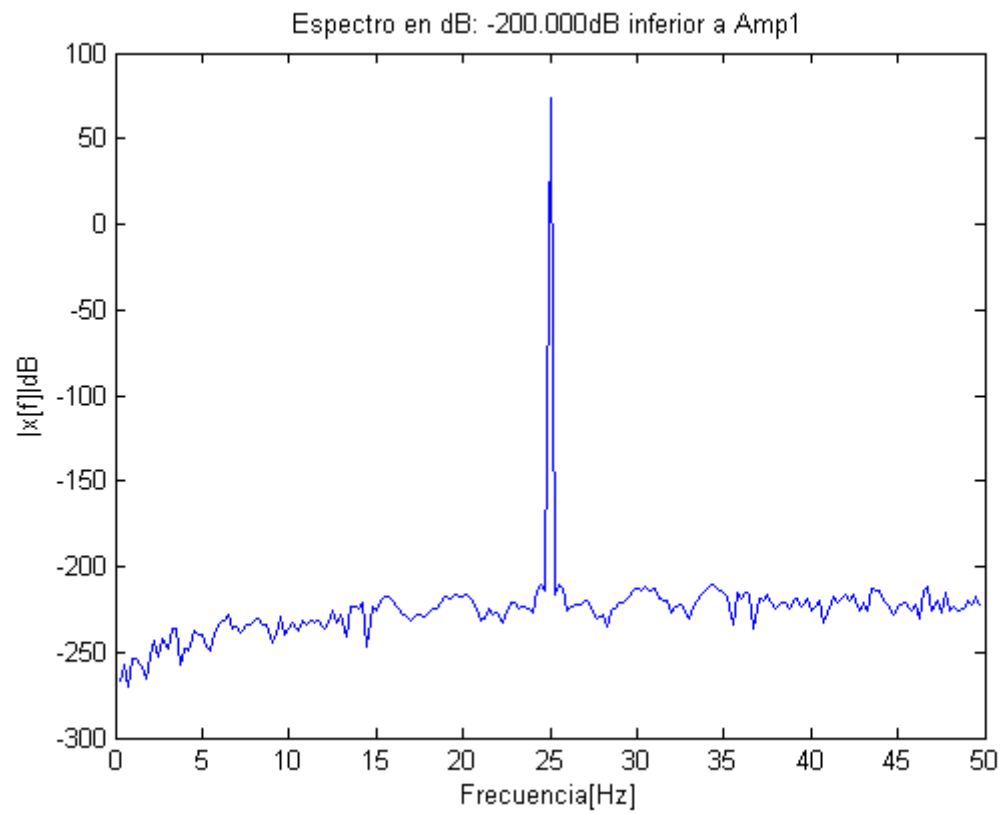
Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 120dB por debajo de la primer componente.



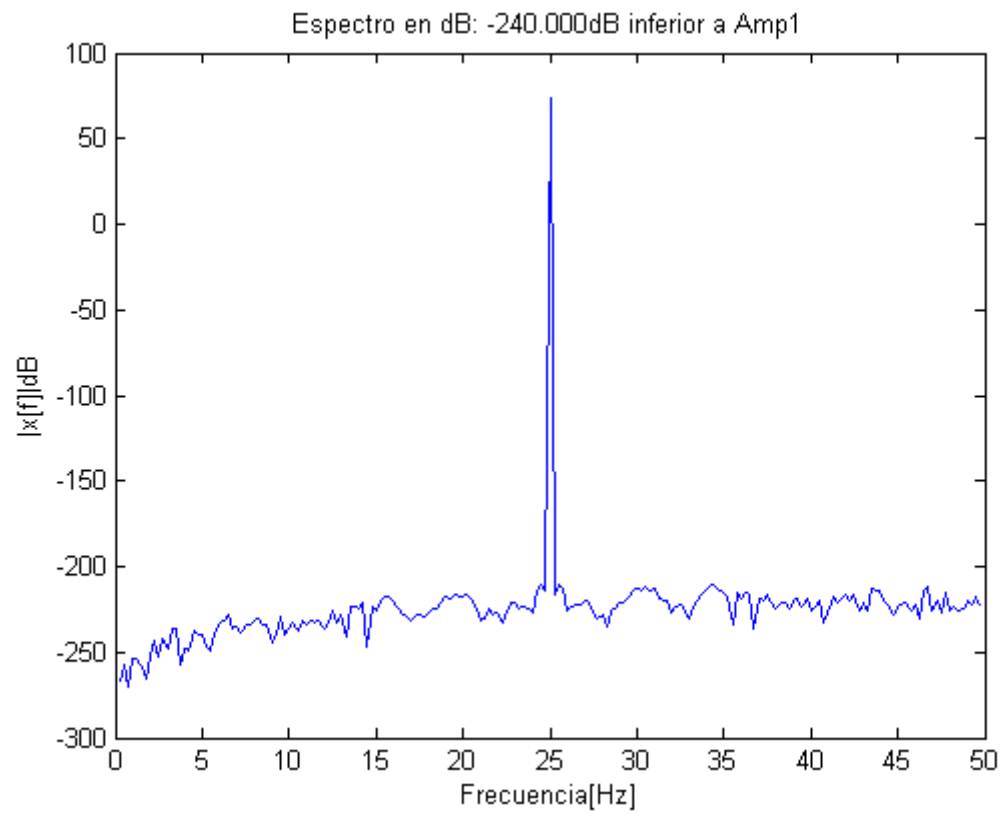
Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 160dB por debajo de la primer componente.



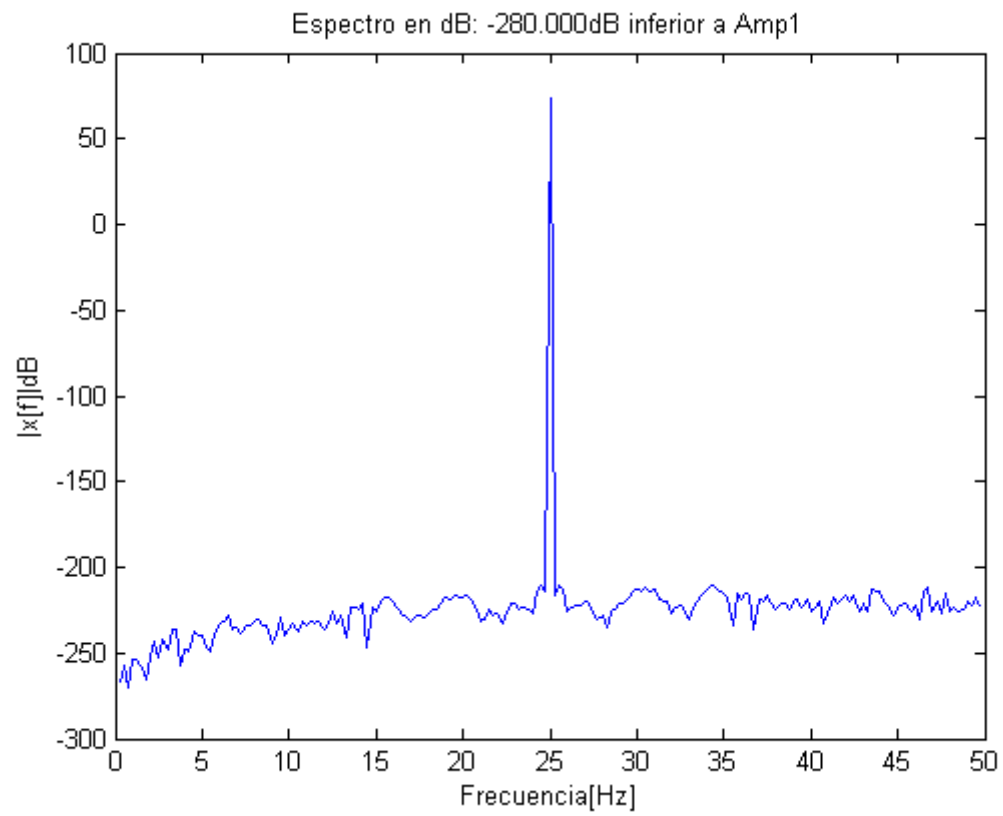
Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 200dB por debajo de la primer componente.



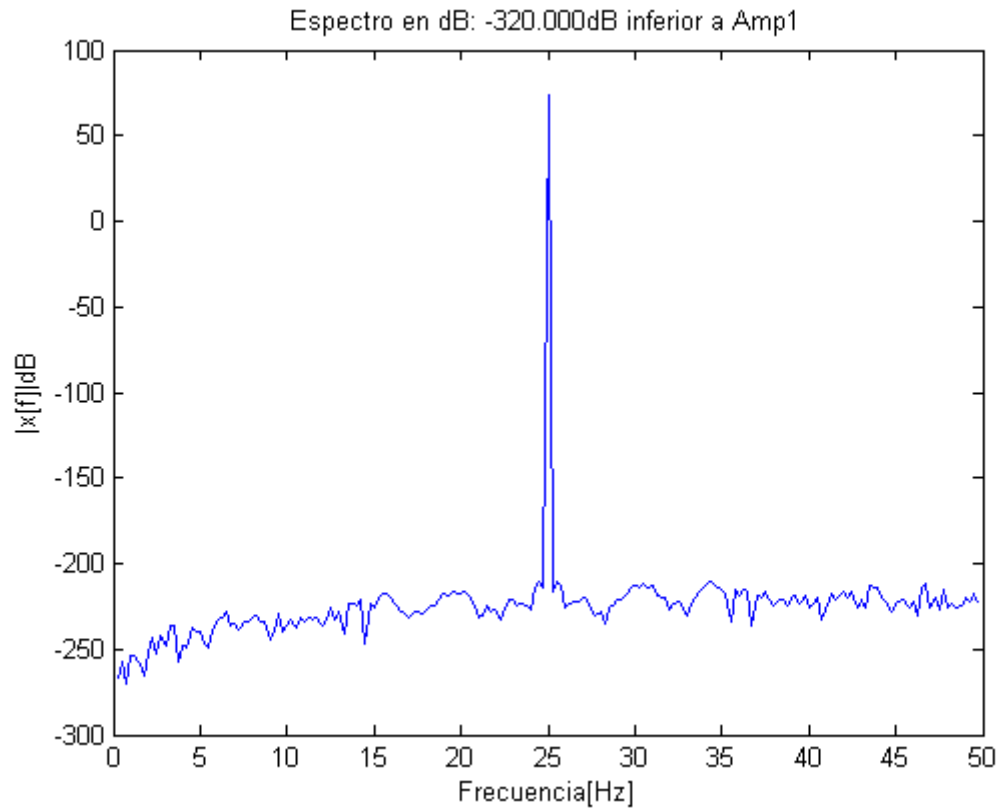
Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 240dB por debajo de la primer componente.



Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 280dB por debajo de la primer componente.



Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 320dB por debajo de la primer componente.



Se puede observar que luego del primer caso analizado, en los subsiguientes casos no es posible identificar el segundo tono de la señal bitonal por lo que se puede concluir que el conversor analógico digital empeora la relación señal ruido de la señal.

Ejercicio 2.C

En este inciso, se realiza un incremento en la frecuencia de una de las componentes de la señal bitonal, luego se estudia a la señal incrementando la amplitud de la segunda componente.

```
fo1 = (N/4+0.5) * df;
fo2 = (N/4+10) * df;
amp1 = 1;

[output1] = fsenoidal(amp1, fo1, phase, offset, N, fs);

amp1_dB = 20 * log10(amp1);
amp2_dB = amp1_dB - 40;
amp2     = db2mag(amp2_dB);

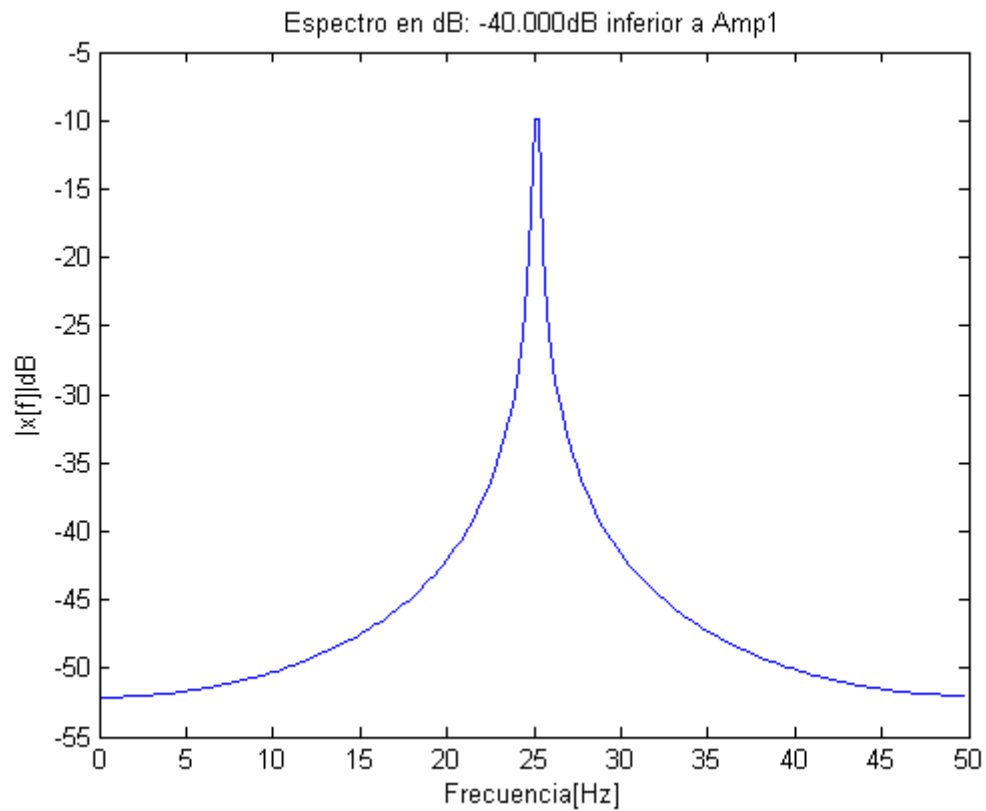
for cont = 1:5:25

    [output2] = fsenoidal(amp2*cont, fo2, phase, offset, N, fs);

    signal = output1 + output2;
    amp2_dB = 20 * log10(amp2*cont);

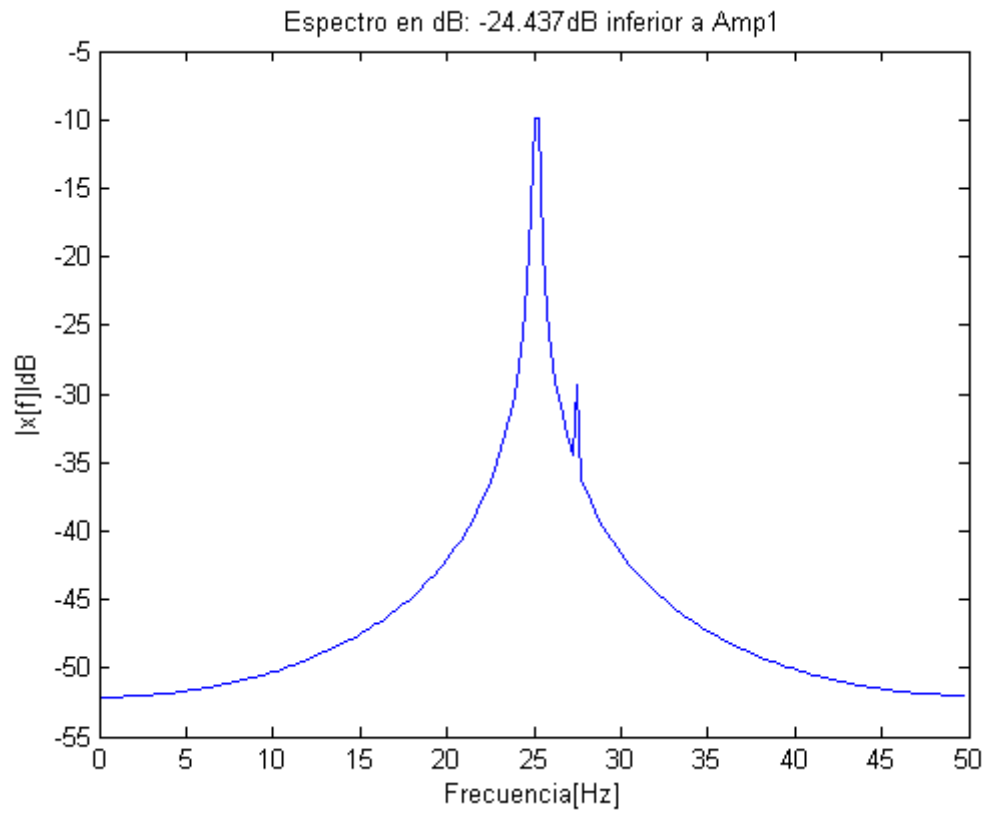
    Ploteo_dB(signal,f,fx,amp2_dB);
    fx = fx + 1;
```


Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 40dB por debajo de la primer componente.

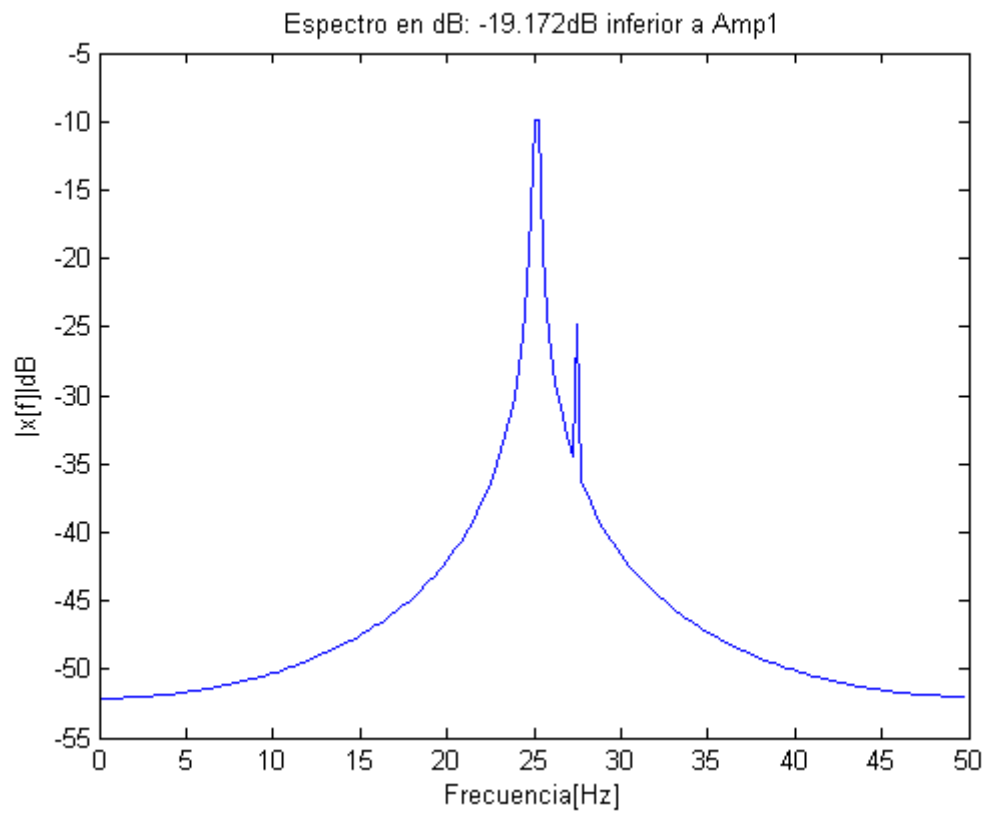


Bajo las condiciones indicadas de estudio, en este espectro de la señal bitonal se observa que no se pueden identificar ambas componentes de la misma.

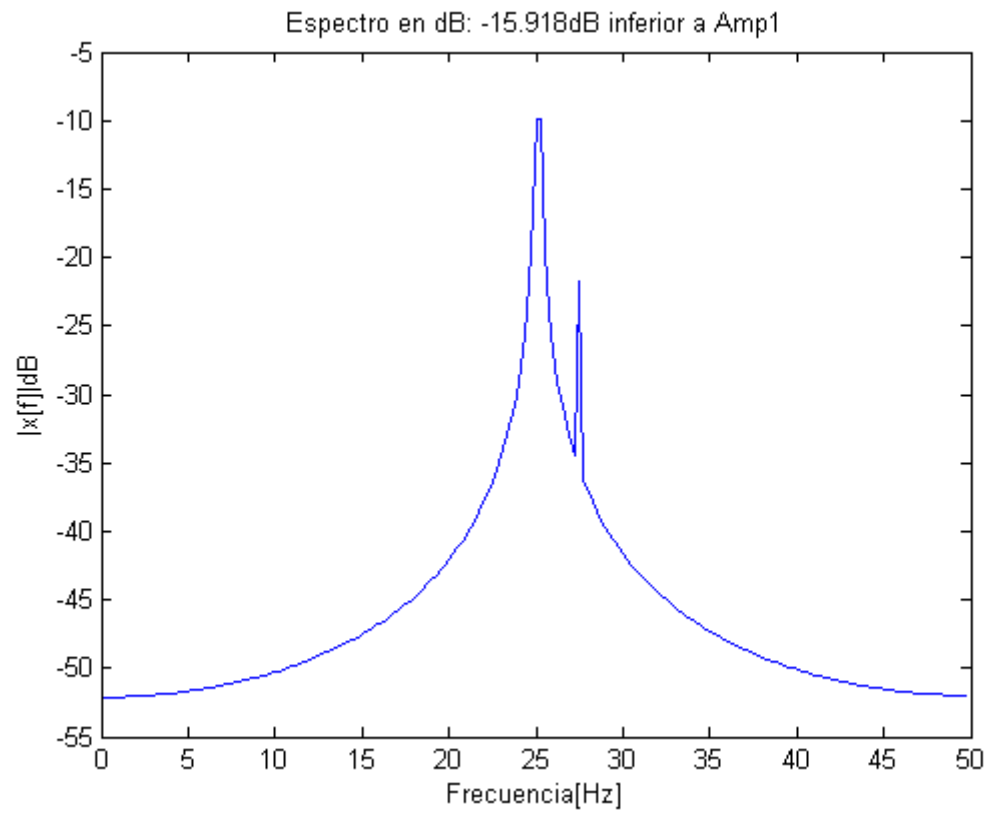
Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 24.437dB por debajo de la primer componente.



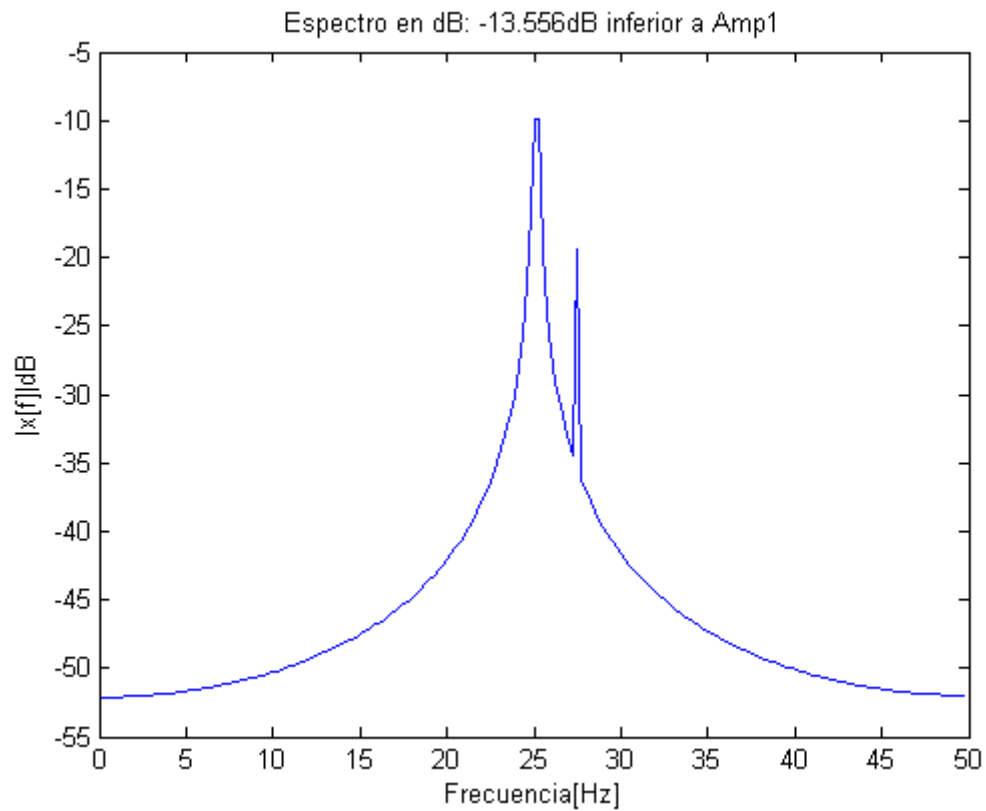
Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 19.172dB por debajo de la primer componente.



Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 15.918dB por debajo de la primer componente.



Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 13.556dB por debajo de la primer componente.



end

Finalmente, se puede notar de los espectros expuestos, que bajo las condiciones analizadas la señal bitonal cuyas componentes mínimas a ser detectadas deben tener las siguientes amplitudes:

- Componente 1: 0dB
- Componente 2: 24dB por debajo de la componente 1

Ejercicio 2.D

En este inciso se estudia el caso del ítem 2.C para distintas desintonías. Se decidió estudiar los casos de: 0.01 df y 0.2 df respectivamente.

```
for desint = 1:20:40

    fo1 = (N/4+0.01*desint) * df;
    fo2 = (N/4+10) * df;
    amp1 = 1;

    [output1] = fsenoidal(amp1, fo1, phase, offset, N, fs);

    amp1_dB = 20 * log10(amp1);
    amp2_dB = amp1_dB - 40;
    amp2     = db2mag(amp2_dB);

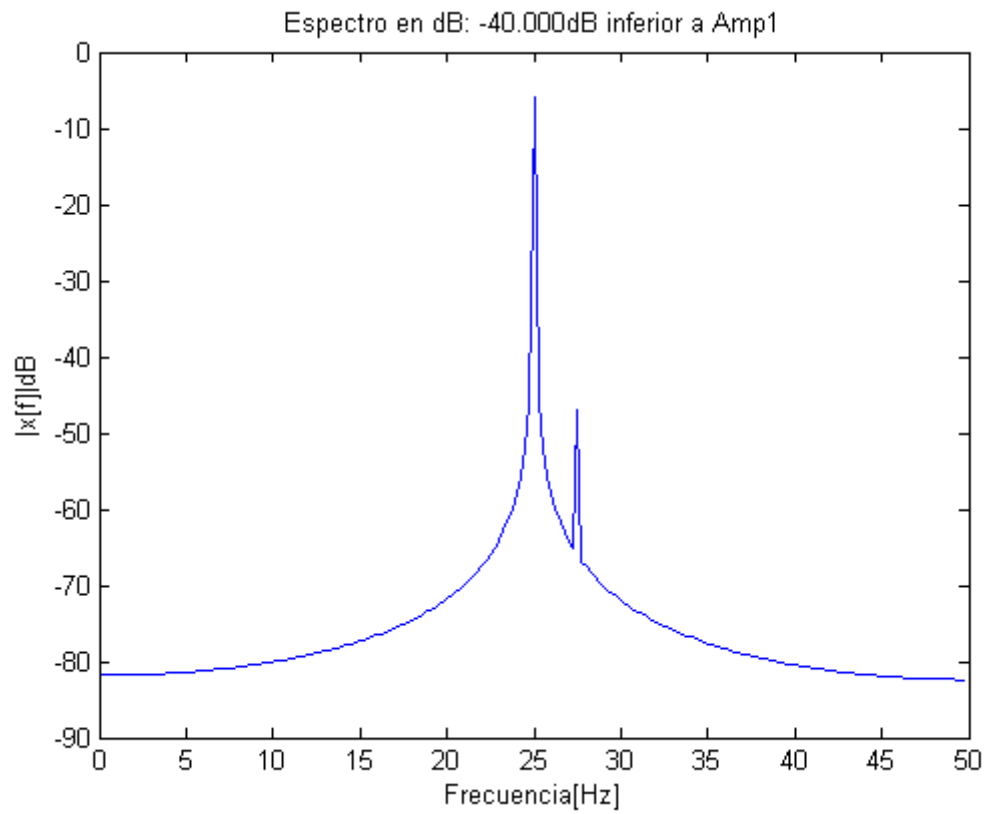
    for cont = 1:5:25

        [output2] = fsenoidal(amp2*cont, fo2, phase, offset, N, fs);

        signal = output1 + output2;
        amp2_dB = 20 * log10(amp2*cont);

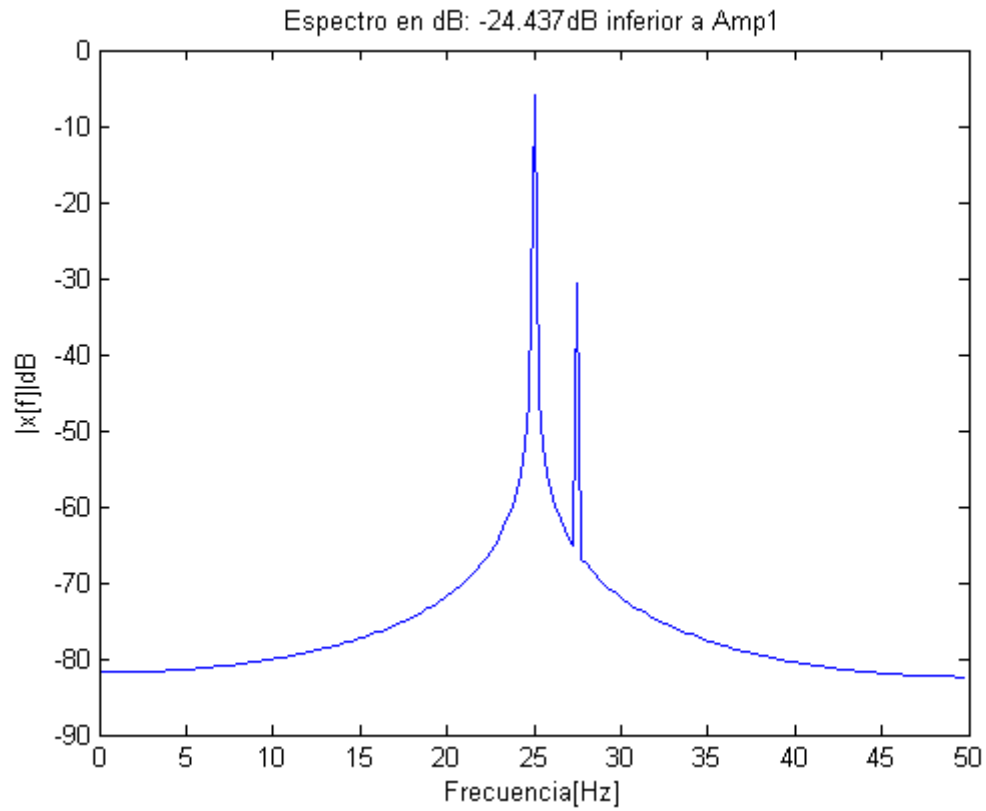
        Ploteo_dB(signal,f,fx,amp2_dB);
        fx = fx + 1;
```

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 40dB por debajo de la primer componente. Para una desintonia de 0.01 df en la componente 1.



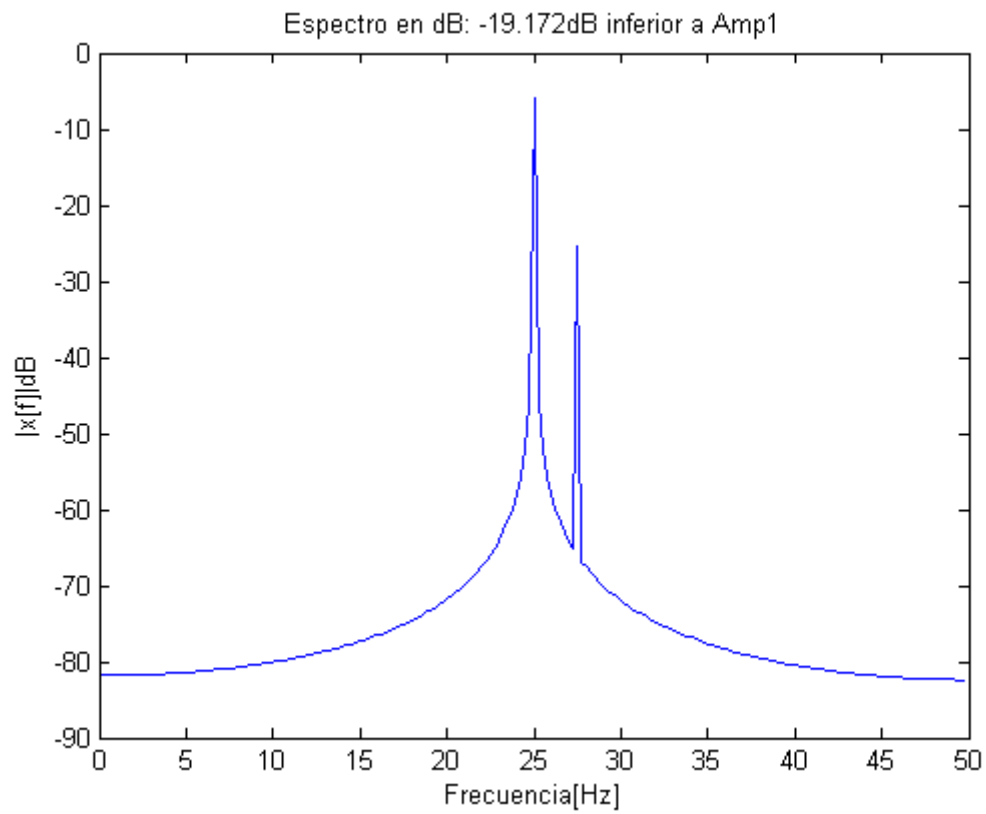
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 24.437dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.01 df en la componente 1.



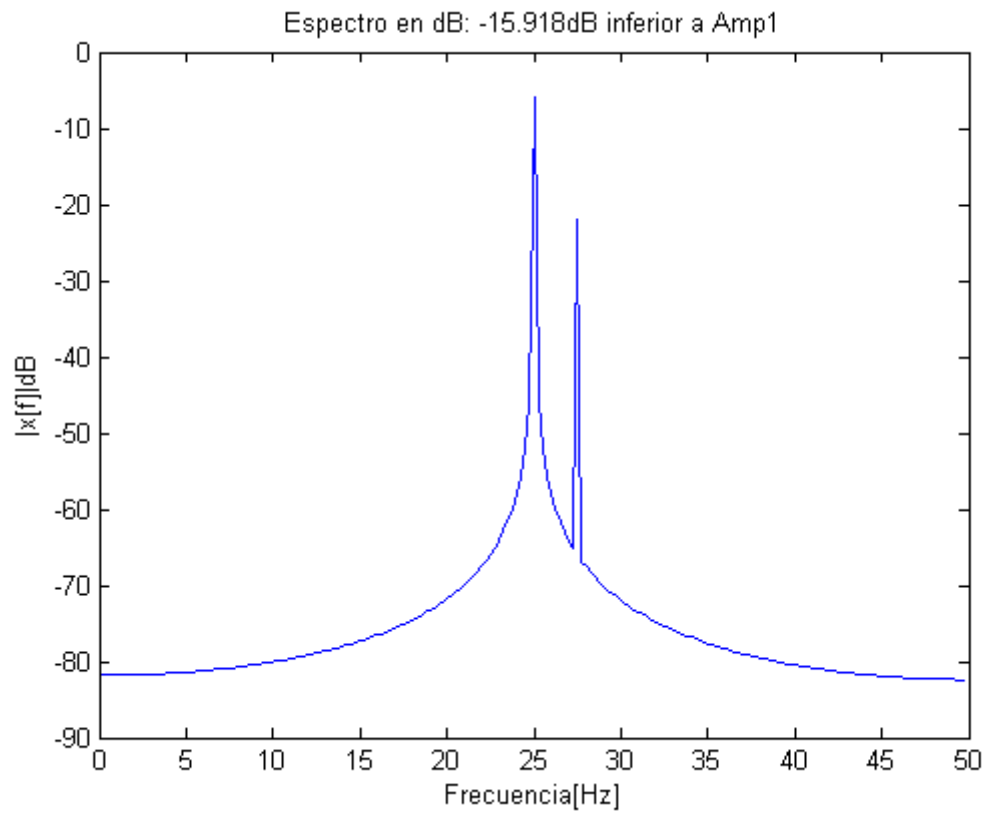
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 19.172dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.01 df en la componente 1.



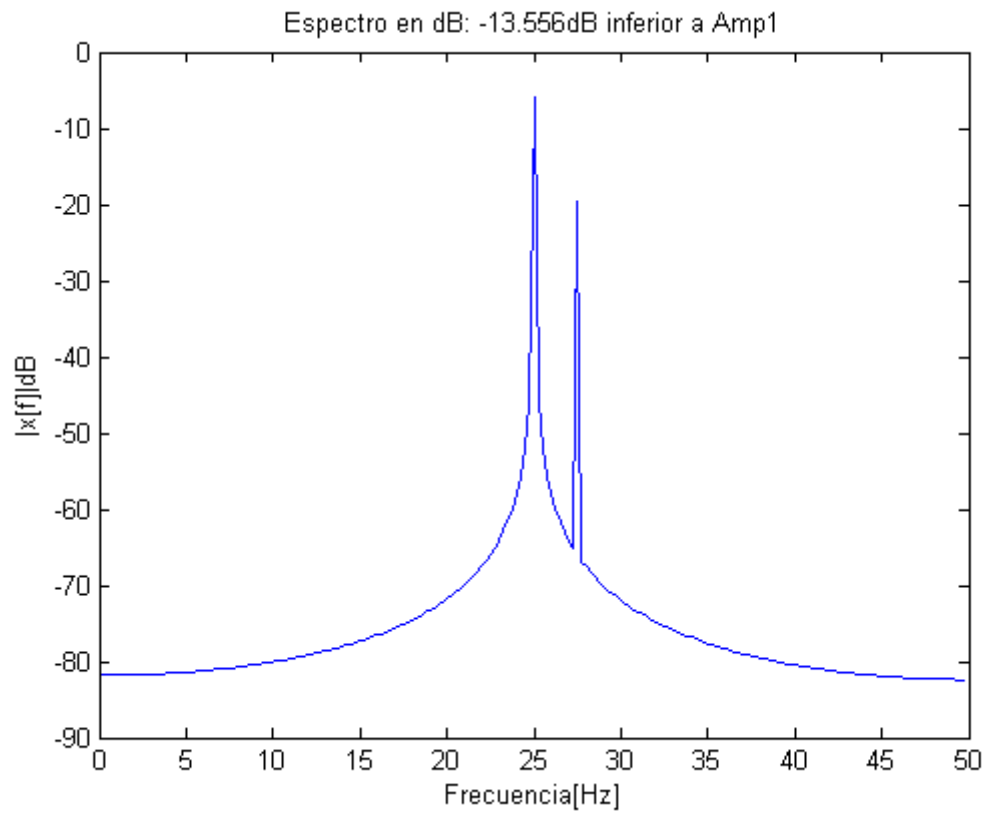
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 15.918dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.01 df en la componente 1.



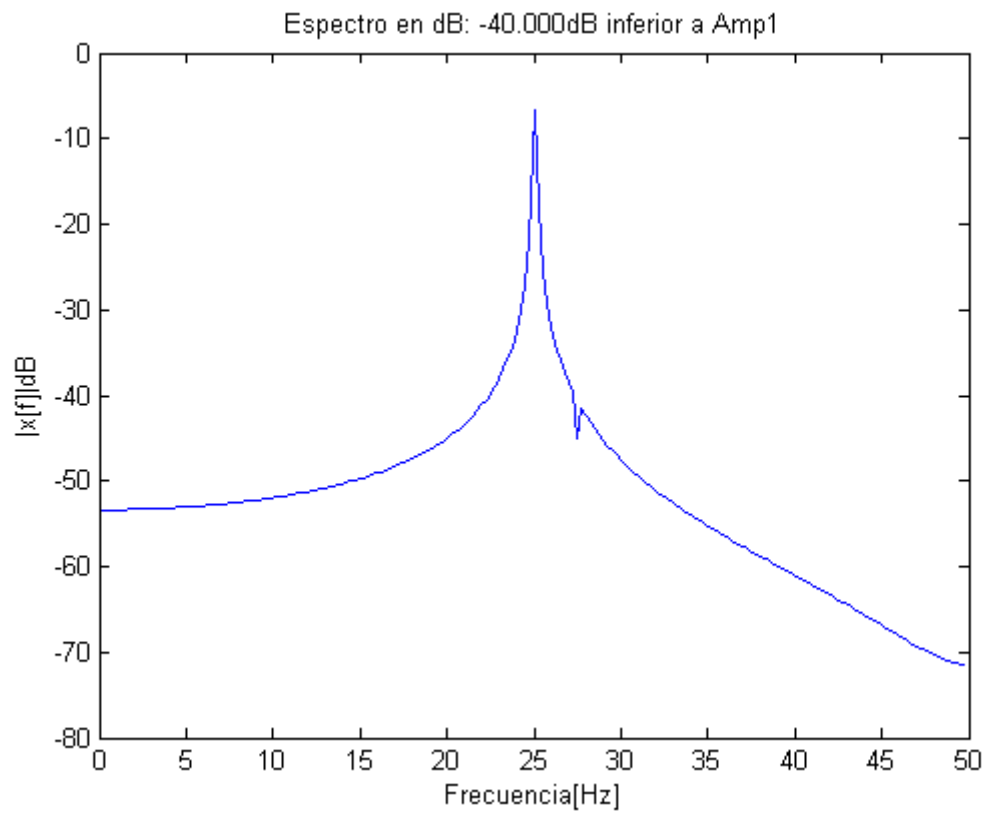
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 13.556dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.01 df en la componente 1.



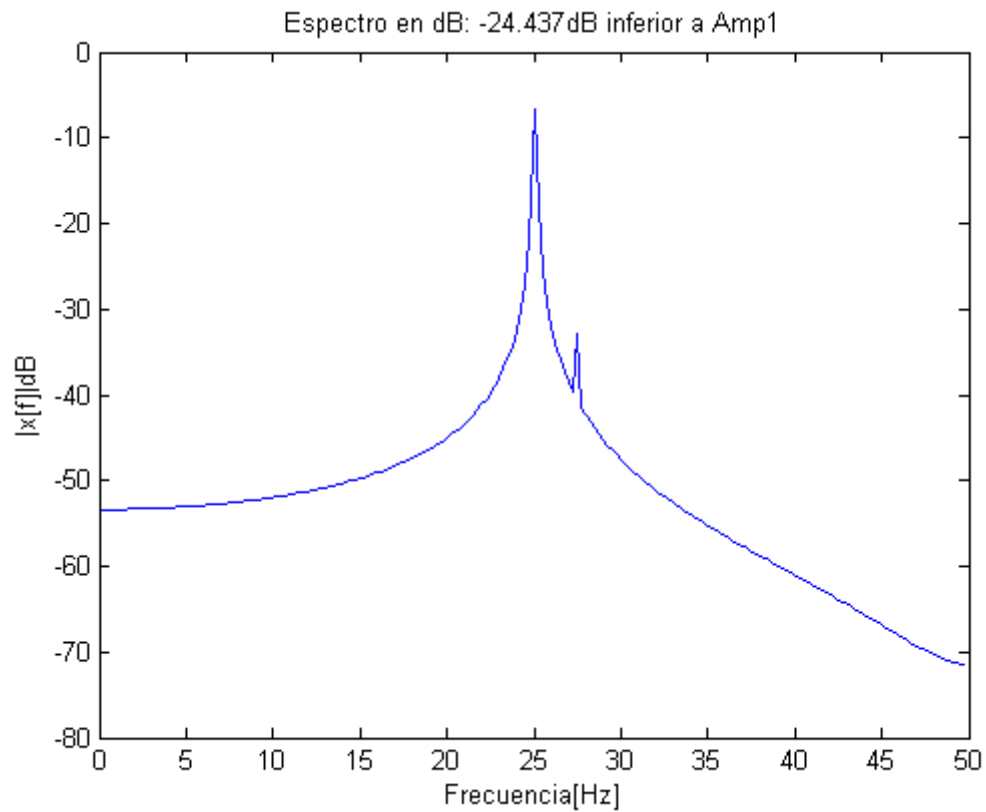
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 40dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.2 df en la componente 1.



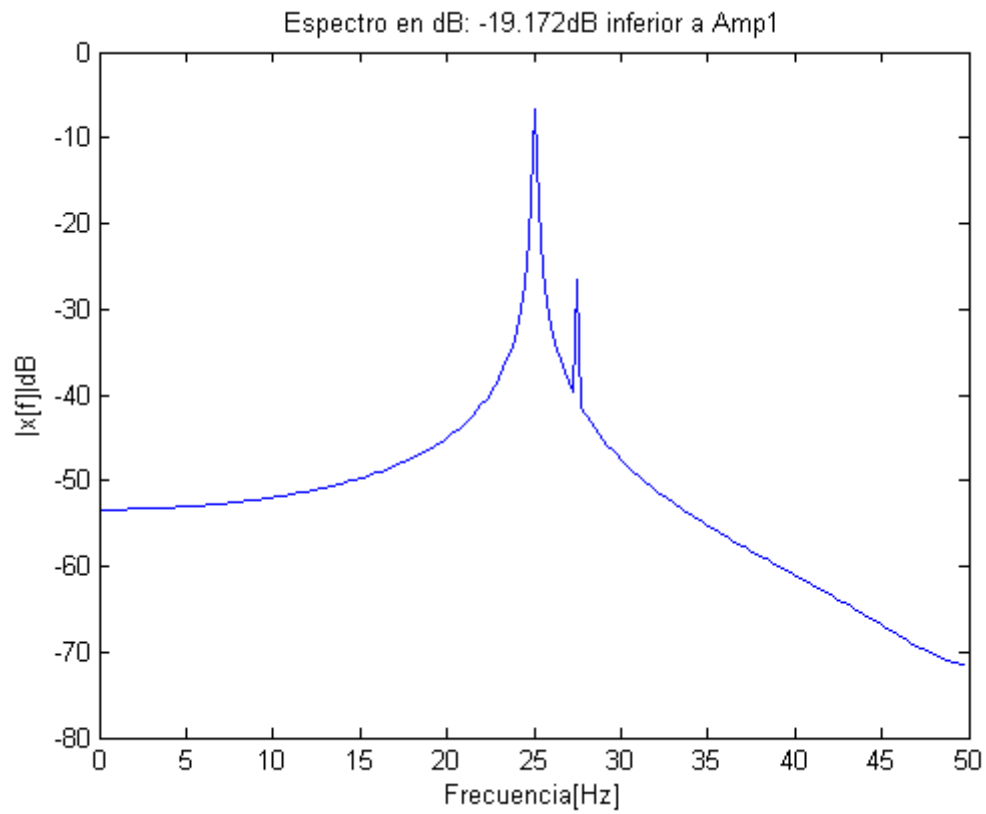
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 24.437dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.2 df en la componente 1.



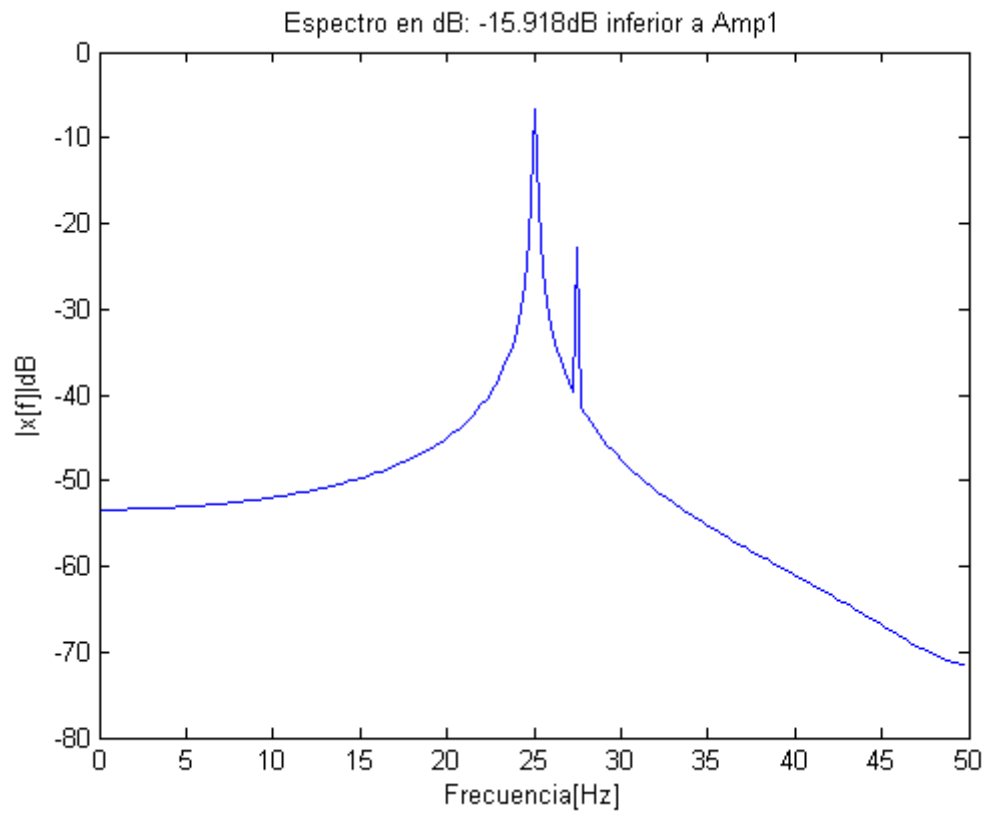
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 19.172dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.2 df en la componente 1.



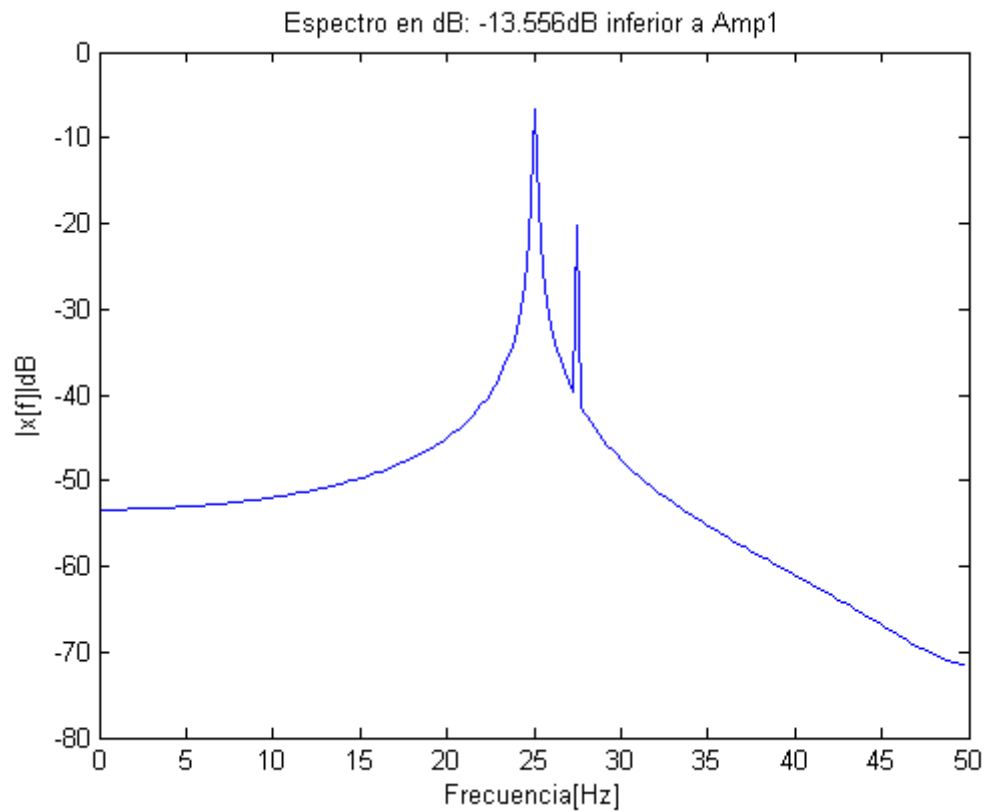
En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 15.918dB por debajo de la primer componente. Para una desintonía de 0.2 df en la componente 1.



En el gráfico se puede notar la identificación de ambos tonos.

Espectro cuyas amplitudes de las componentes son: 1V y la segunda componente 13.556dB por debajo de la primer componente. Para una desintonia de 0.2 df en la componente 1.



```
end
end
```

Al desintonizar la componente 1 de la señal bitonal, para el caso de las frecuencias elegidas puede observarse a diferencia del caso C donde la misma no se desintonizaba que en los espectros continuamente pudimos identificar ambos tonos de la señal bitonal.

Ejercicio 2.E

En este ejercicio se realizan un estudio de las señales generadas en los puntos (a) (b) (c) (d). Se utilizarán las ventanas realizadas en el ejercicio 1 y se aplicará a estas señales. Luego se realizarán conclusiones acerca de los resultados. Se busca comprobar las características mencionadas en el ejercicio 1 del presente trabajo práctico.

```
amp1 = 1;
amp1_dB = 20 * log10(amp1);
amp2_dB = amp1_dB - 40;
amp2 = db2mag(amp2_dB);

f=0:fs/N:(N-1)*fs/N;

fo = (N/4+10) * df;

[output2] = fsenoidal(amp2, fo, phase, offset, N, fs);

% Repito 2D

for desint = 0:10:20

    fo1 = (N/4+0.01*desint) * df;

    [output1] = fsenoidal(amp1, fo1, phase, offset, N, fs);

    signal = output1 + output2;
    fx = Aplicacion_ventanas(signal,f,N,fx);

end

% repito punto 1.c cambiando las amplitudes

fo1 = (N/4+0.5) * df;
fo2 = (N/4+10) * df;
amp1 = 1;

[output1] = fsenoidal(amp1, fo1, phase, offset, N, fs);

amp1_dB = 20 * log10(amp1);
amp2_dB = amp1_dB - 40;
amp2 = db2mag(amp2_dB);

for cont = 1:5:25

    [output2] = fsenoidal(amp2*cont, fo2, phase, offset, N, fs);

    signal = output1 + output2;
    fx = Aplicacion_ventanas(signal,f,N,fx);

end
```

Se exponen los espectros pertenecientes a la señal bitonal en la cual se dejó la amplitud constante de ambos tonos, siendo los mismos:

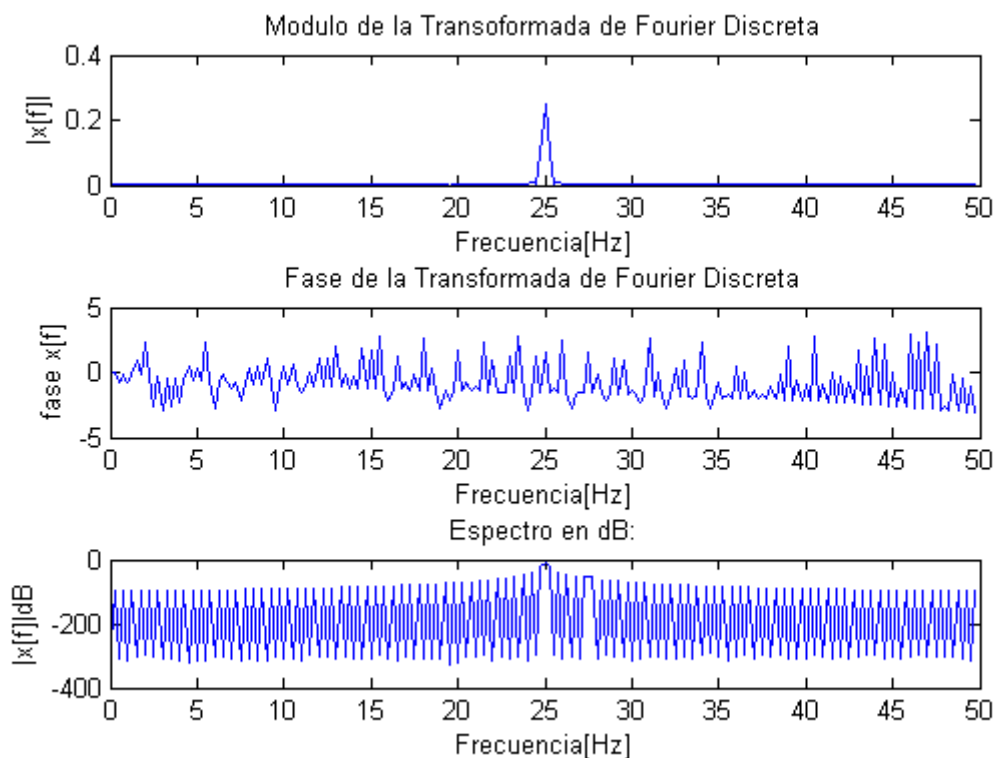
- Tono 1: Amplitud: 1V
- Tono 2: Amplitud: 40dB por debajo del tono 1.

Se realizó una desintonía del tono 1 y se obtuvieron los siguientes espectros:

Para las frecuencias:

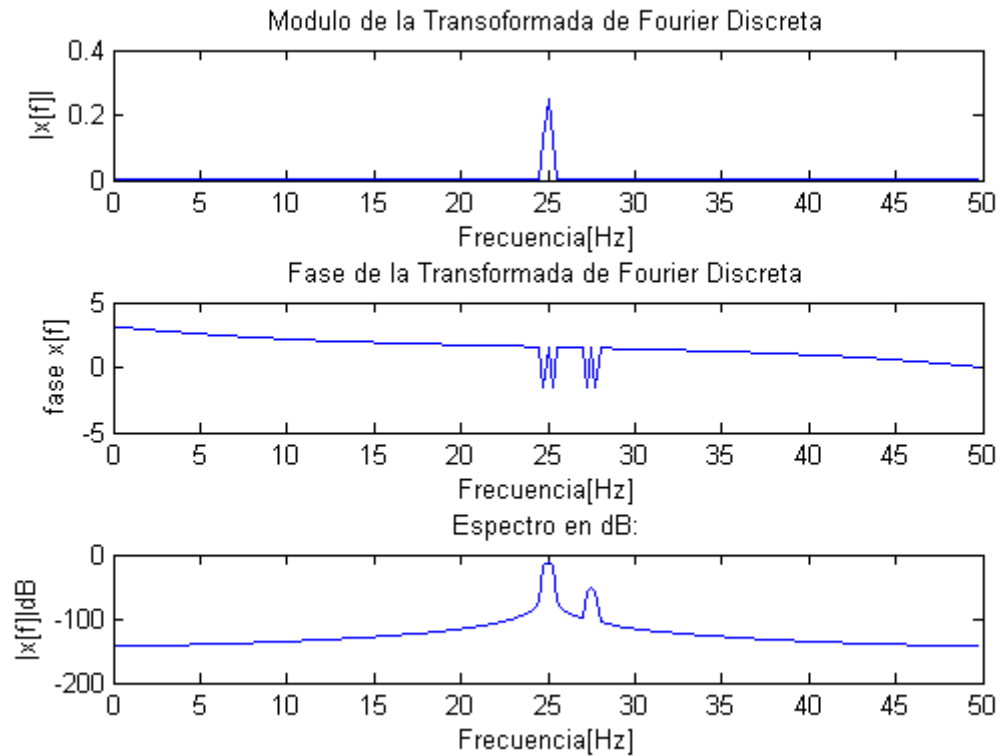
- $f_{o1} = (N/4 + 0.01 * 0) * df$
- $f_{o2} = (N/4 + 10) * df$

Ventana Triangular:



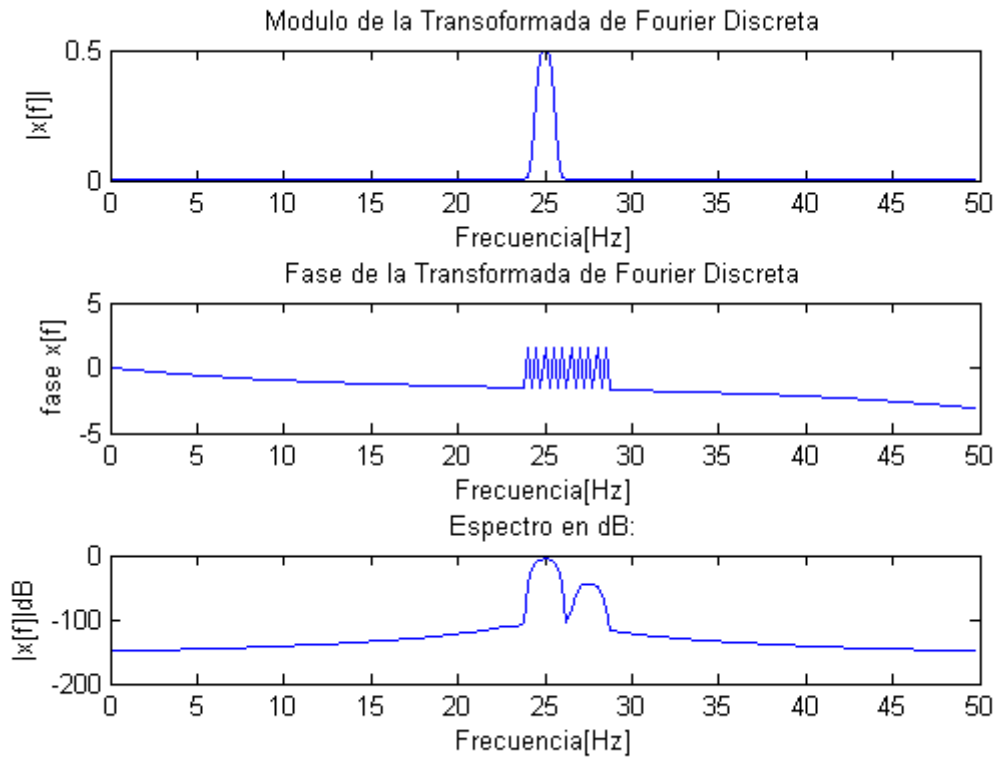
Del espectro de la señal bitonal en dB se puede identificar donde se encuentran ambas componentes de la señal al utilizar una ventana triangular con una desintonía leve. Debe de notarse el efecto de leakage producido por la componente 1 en el espectro aunque las pérdidas espectrales producidas por esta ventana son mínimas. Lo dicho cumple con las características anunciadas en el ejercicio uno del trabajo práctico.

Ventana de Hann:



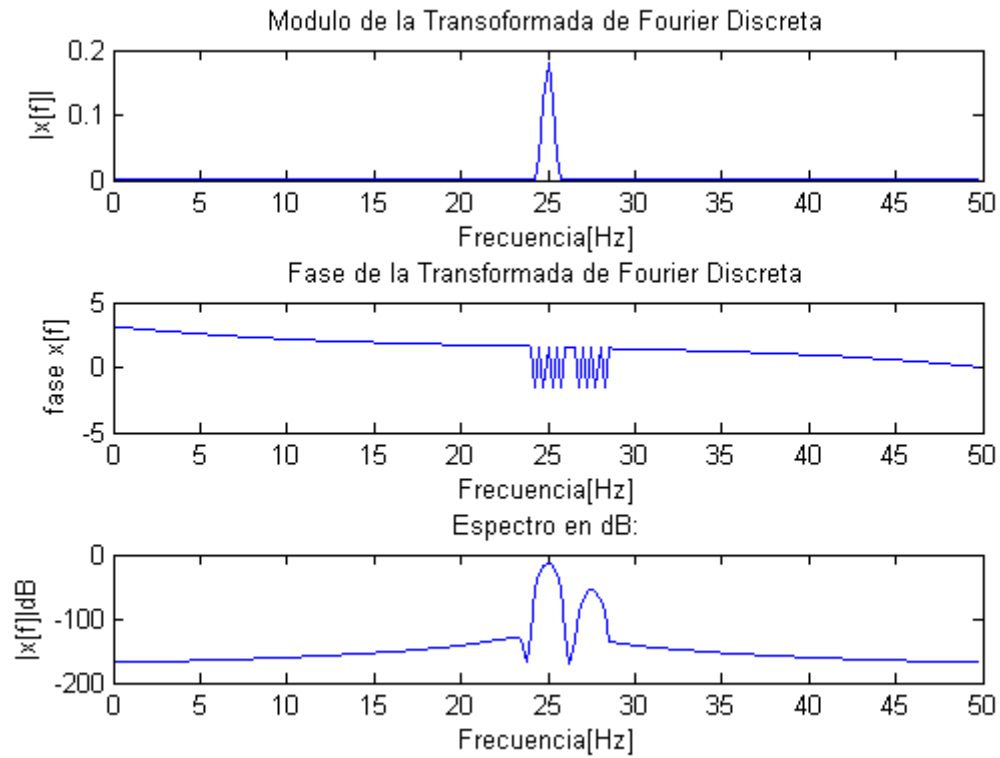
Al utilizar una ventana de Hann nuevamente podemos identificar ambas componentes de la señal. A diferencia de la señal triangular mostrada anteriormente podemos observar que esta ventana produce menos pérdidas acompañado de una muy buena resolución en frecuencia. Nuevamente podemos confirmar lo antes dicho en el ejercicio uno del trabajo práctico.

Ventana Flat-Top:



En este caso podemos ver que esta ventana a diferencia de la anterior es muy buena en lo que respecta a resolución en amplitud, pero debido a su ancho lóbulo podemos observar pérdidas en las componentes espectrales. De todas formas se puede notar que se pueden identificar ambos tonos de la señal bitonal.

Ventana Blackman Harris:



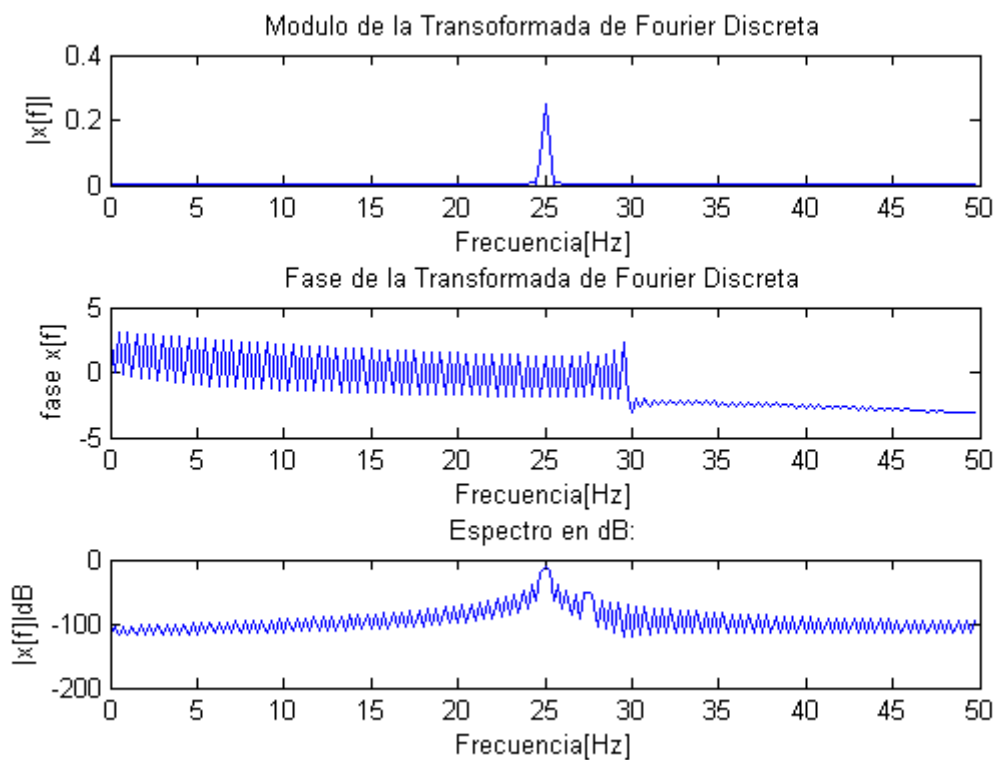
A partir del espectro observado, podemos notar que esta ventana es la que mayor atenuación produce (lo cual cumple con lo anticipado en el ejercicio uno del presente trabajo práctico) motivo por el cual de los cuatro espectros obtenidos, éste es en el que menor efecto de leakage se puede observar.

A continuación se realiza un cambio en la frecuencia de la primer componente y se obtienen conclusiones a partir del estudio de los espectros generados.

Para las frecuencias:

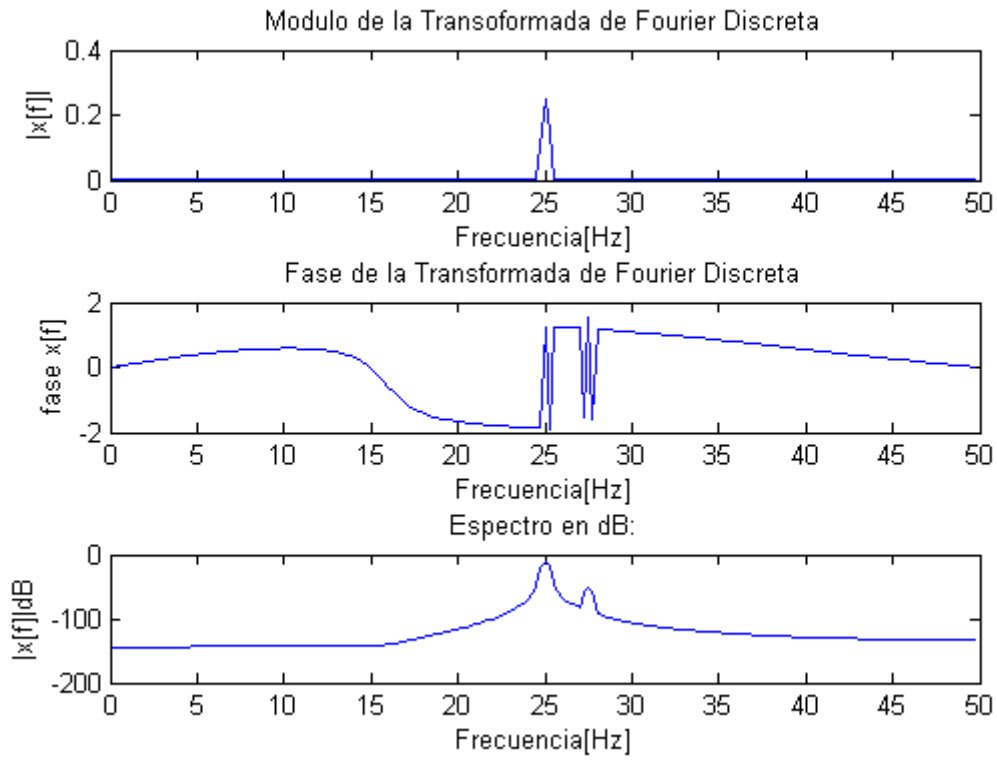
- $fo1 = (N/4 + 0.01 \cdot 10) \cdot df$
- $fo2 = (N/4 + 10) \cdot df$;

Ventana Triangular:



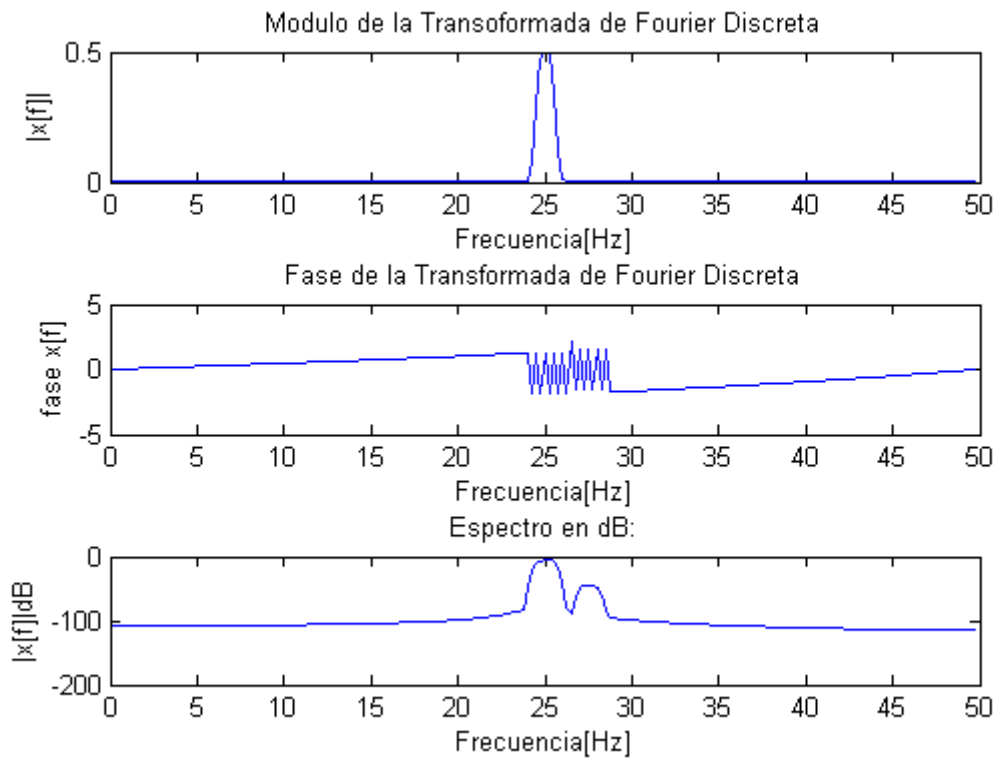
En este espectro nuevamente se repiten las observaciones anteriormente comentadas para una menor desintonía. Sin embargo puede notarse que la segunda componente se encuentra casi opacada por el leakage producto de la primer componente de la señal bitonal.

Ventana de Hann:



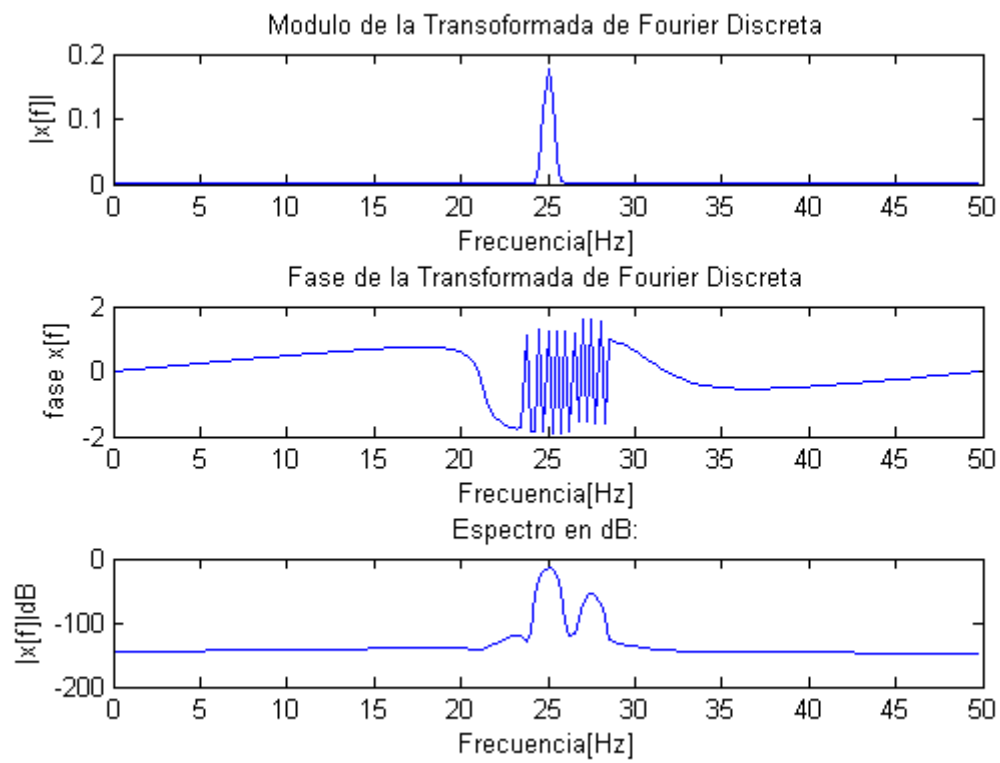
Se repiten las observaciones realizadas para una misma condición de estudio pero una mayor frecuencia de desintonía.

Ventana Flat-Top:



Se repiten las observaciones realizadas para una misma condición de estudio pero una mayor frecuencia de desintonía.

Ventana Blackman Harris:



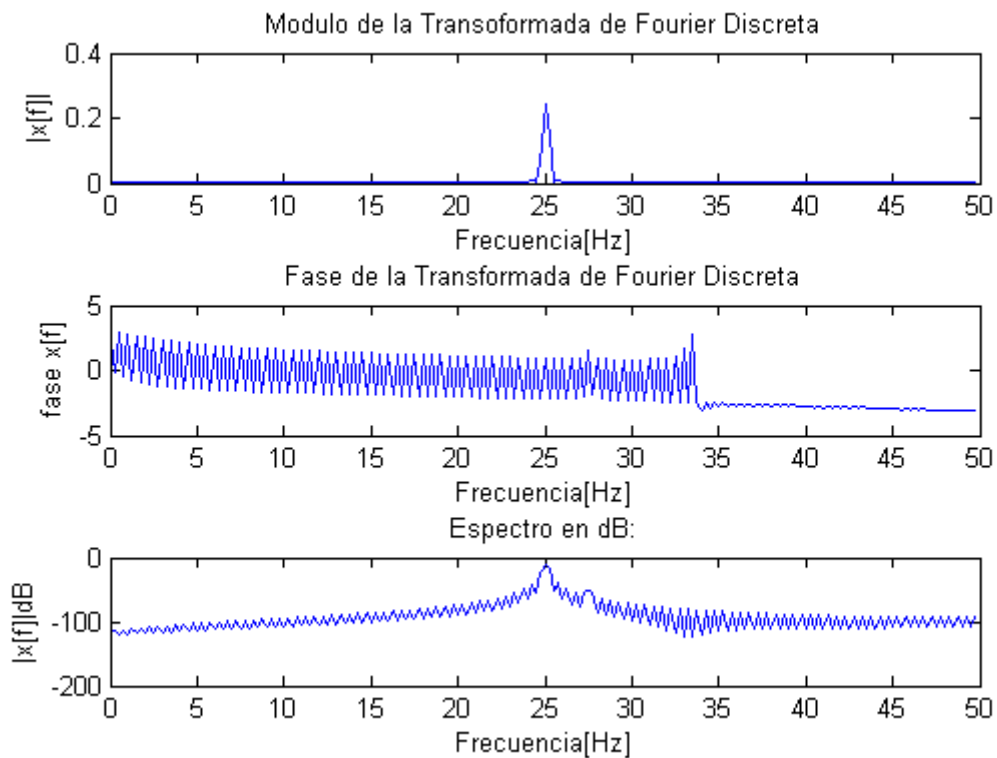
Se repiten las observaciones realizadas para una misma condición de estudio pero una mayor frecuencia de desintonía.

A continuación se realiza un cambio en la frecuencia de la primer componente y se obtienen conclusiones a partir del estudio de los espectros generados.

Para las frecuencias:

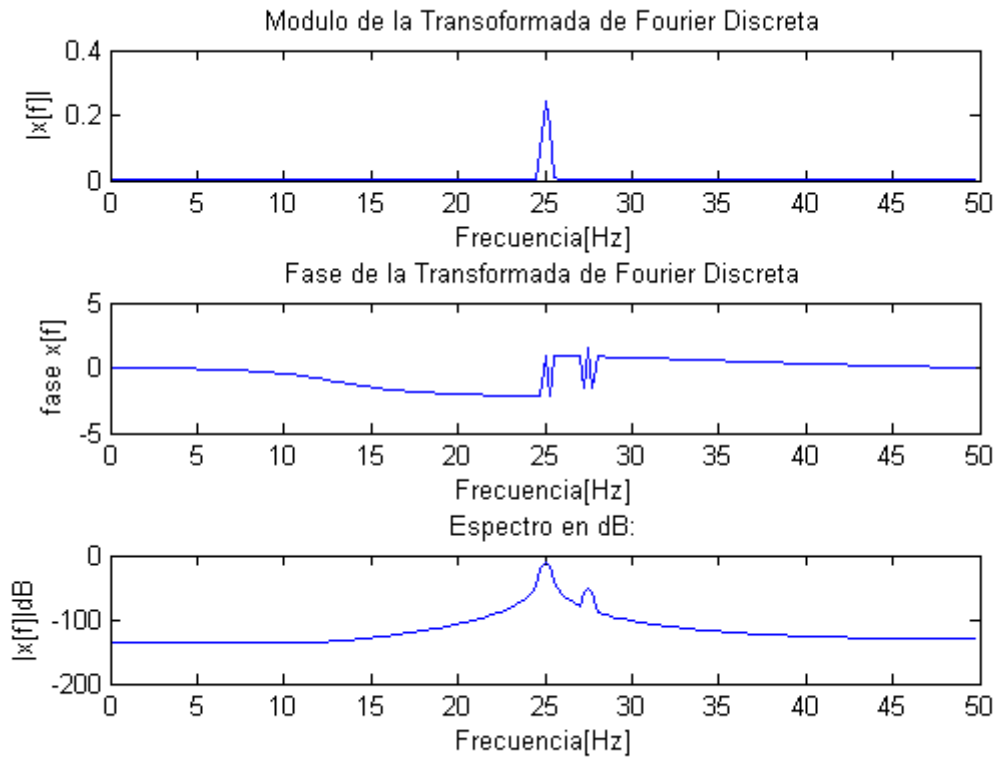
- $fo1 = (N/4 + 0.01 * 20) * df$
- $fo2 = (N/4 + 10) * df$;

Ventana Triangular:



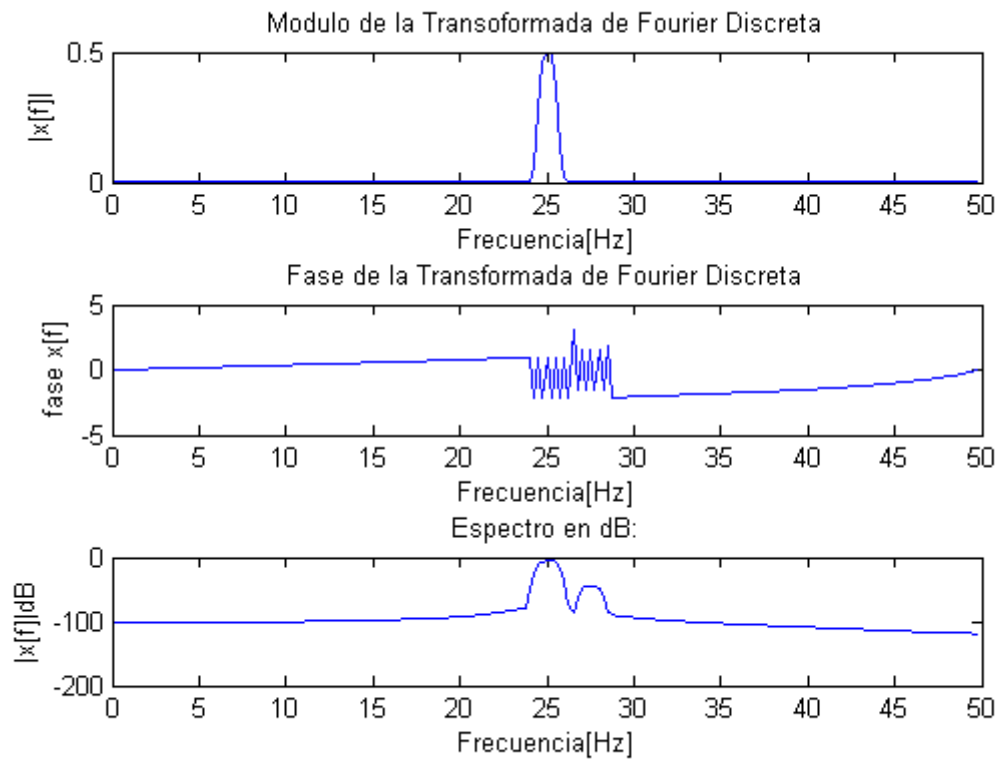
En este caso al aumentar aún más la frecuencia de desintonía, pasando a una desintonía moderada, se puede observar como la segunda componente queda totalmente oculta en el leakage producido por la primer componente de la señal bitonal dejando a la ventana triangular en desuso cuando se requiere realizar un estudio de éste índole. Se confirma finalmente las características anunciadas para este tipo de ventana.

Ventana de Hann:



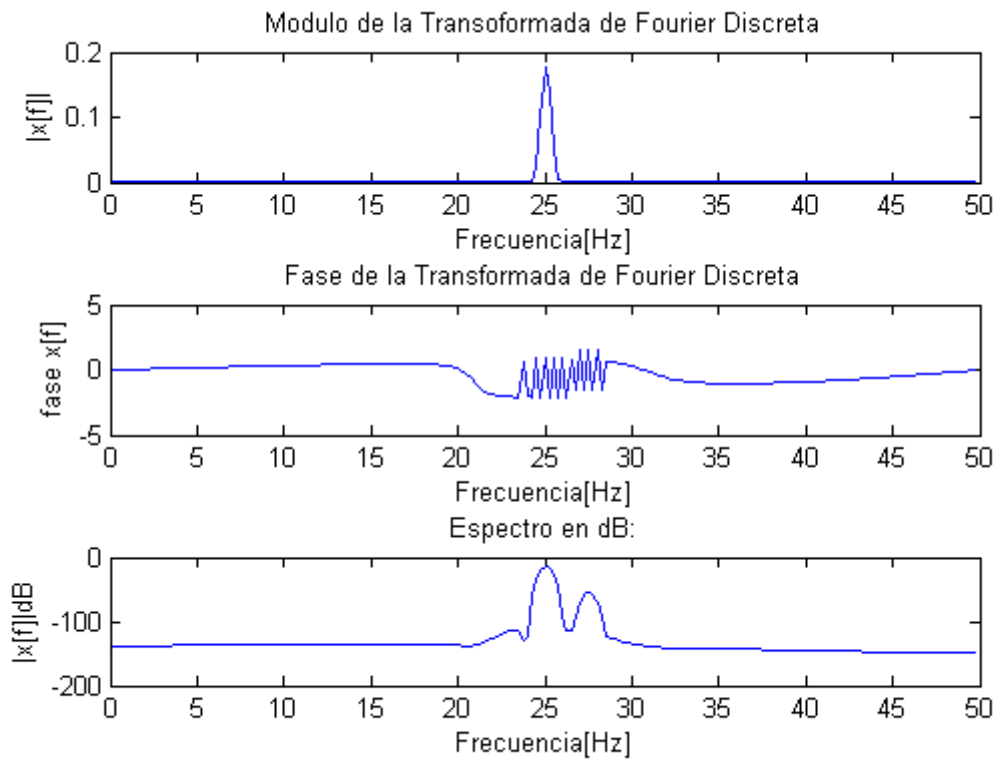
Se repiten las observaciones realizadas para una misma condición de estudio pero una mayor frecuencia de desintonía.

Ventana Flat-Top:



Se repiten las observaciones realizadas para una misma condición de estudio pero una mayor frecuencia de desintonía.

Ventana Blackman Harris:



Se repiten las observaciones realizadas para una misma condición de estudio pero una mayor frecuencia de desintonía.

En esta segunda etapa se vuelve a estudiar el inciso C de este mismo ejercicio. Al igual que para la primer etapa, mostrada anteriormente, se estudia a las señales luego de aplicarles un ventaneo.

Para esta parte del estudio, los parámetros fijos de ambas señales son los siguientes:

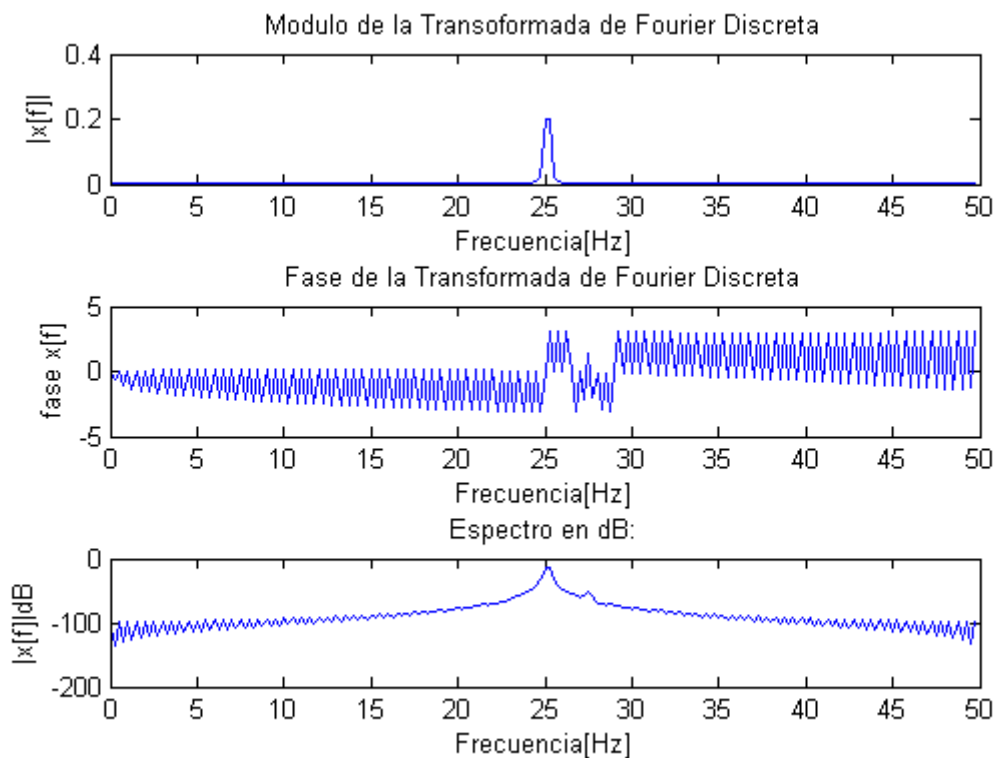
- Tono 1: Frecuencia: $(N/4+0.5) * df$
- Tono 2: Frecuencia: $(N/4+10) * df$

Se realizó una disminución de la amplitud en el tono 2 y se obtuvieron los siguientes espectros:

Para las amplitudes:

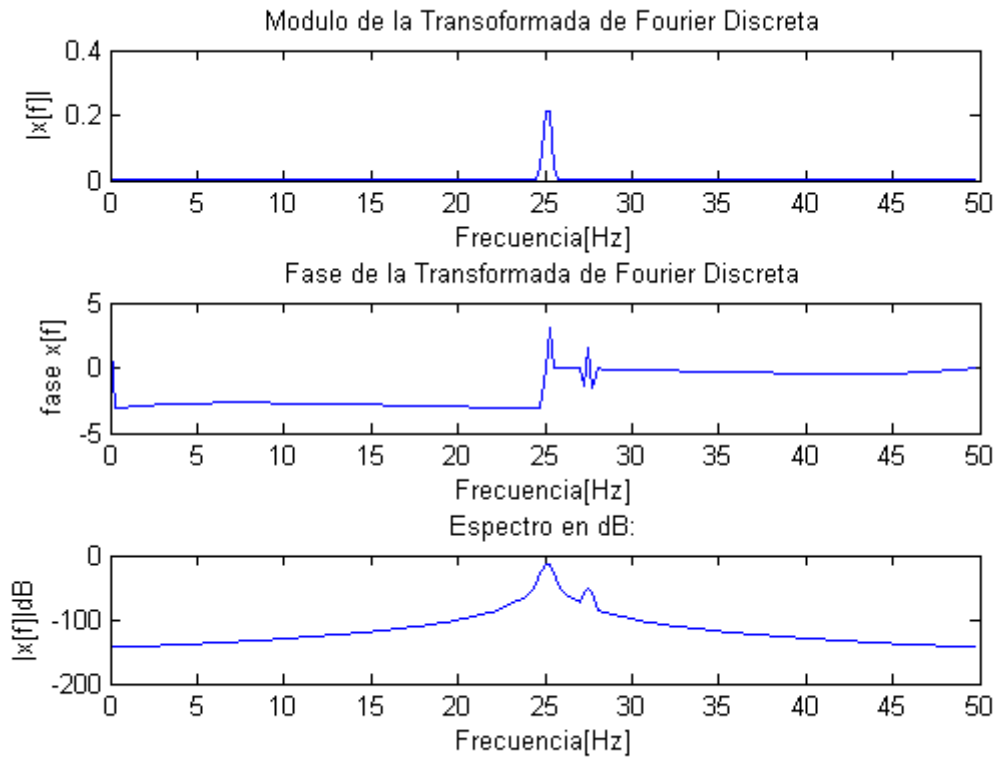
- Amp1 = 1V
- Amp2 = 0.01V

Ventana Triangular:



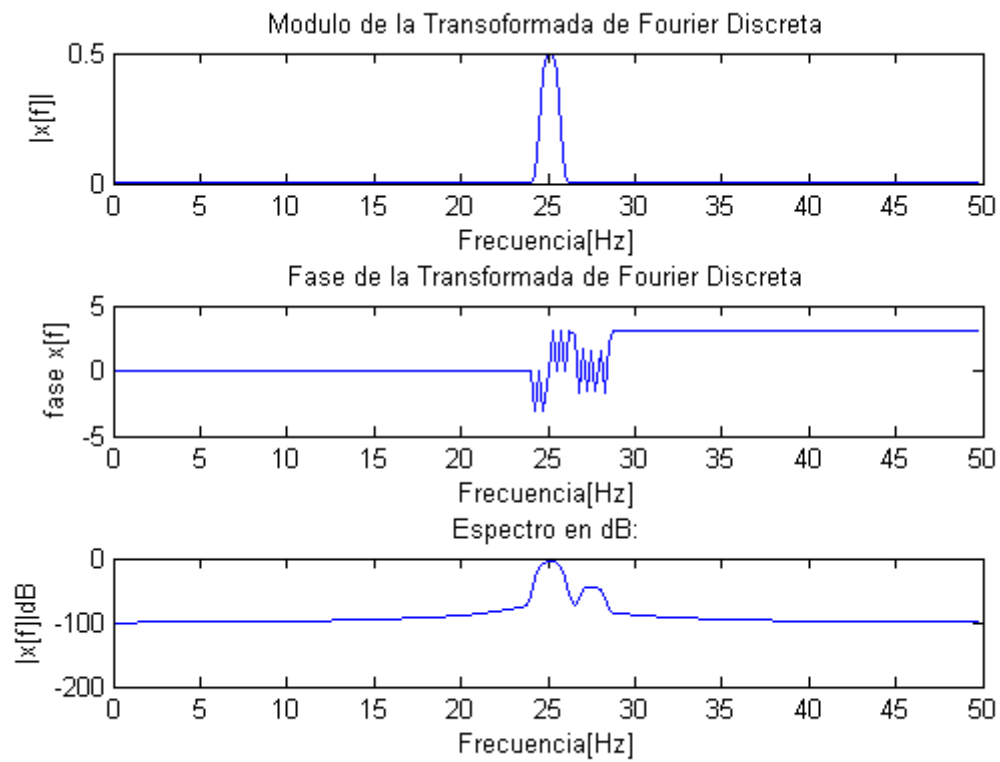
Se puede observar que al disminuir la amplitud de una de las componentes de la señal bitonal, dicha componente queda “oculta” debido al leakage producido por la componente de mayor amplitud.

Ventana de Hann:



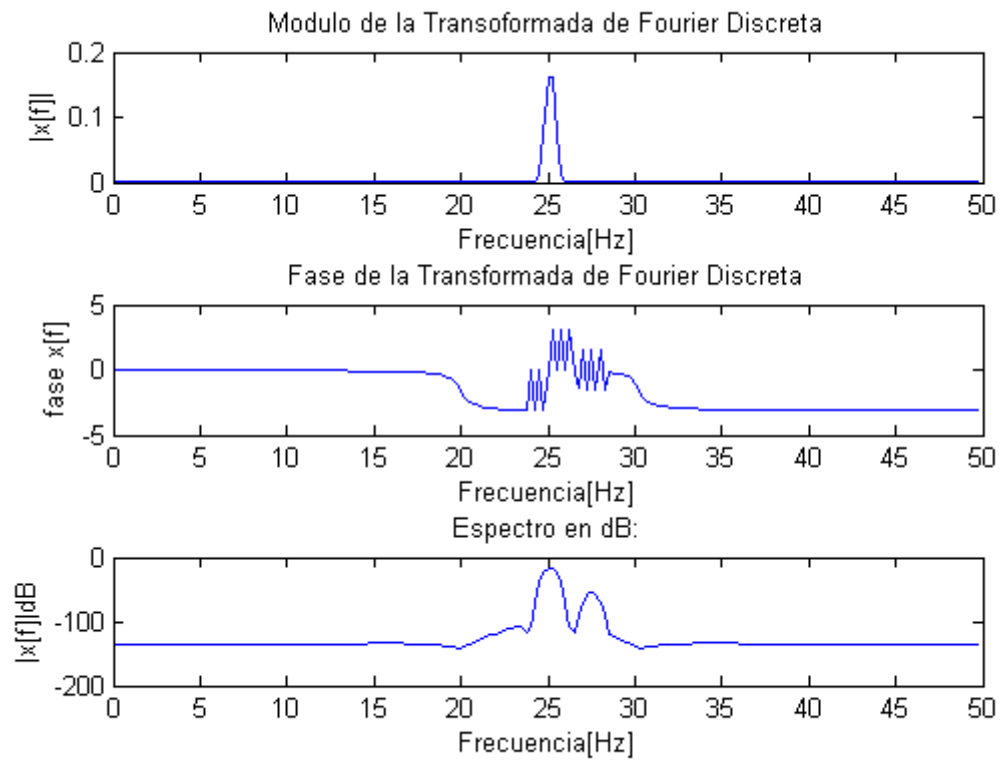
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Flat-Top:



En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Blackman Harris:



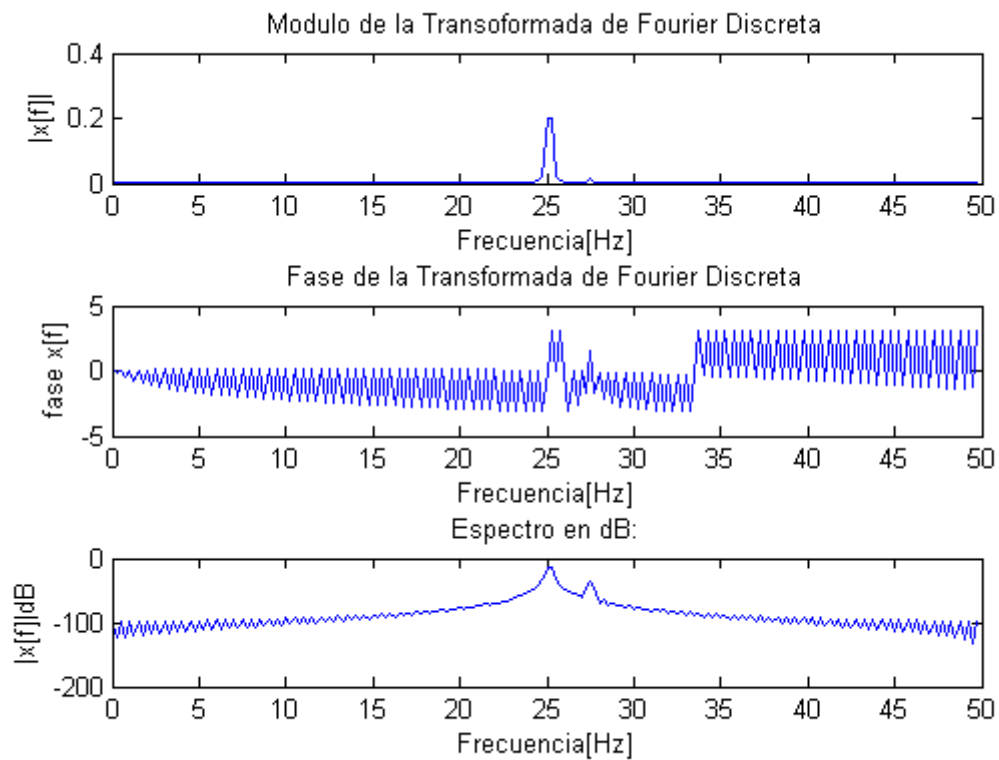
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Se realizo una disminuci3n de la amplitud en el tono 2 y se obtuvieron los siguientes espectros:

Para las amplitudes:

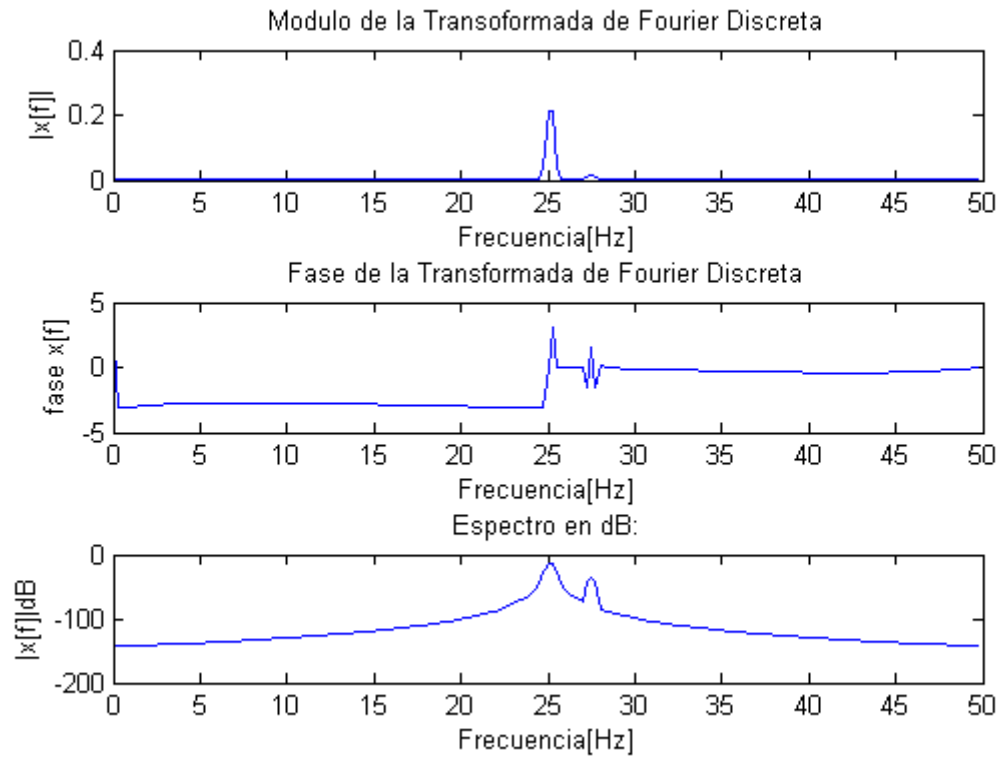
- $\text{Amp1} = 1\text{V}$
- $\text{Amp2} = 0.06\text{V}$

Ventana Triangular:



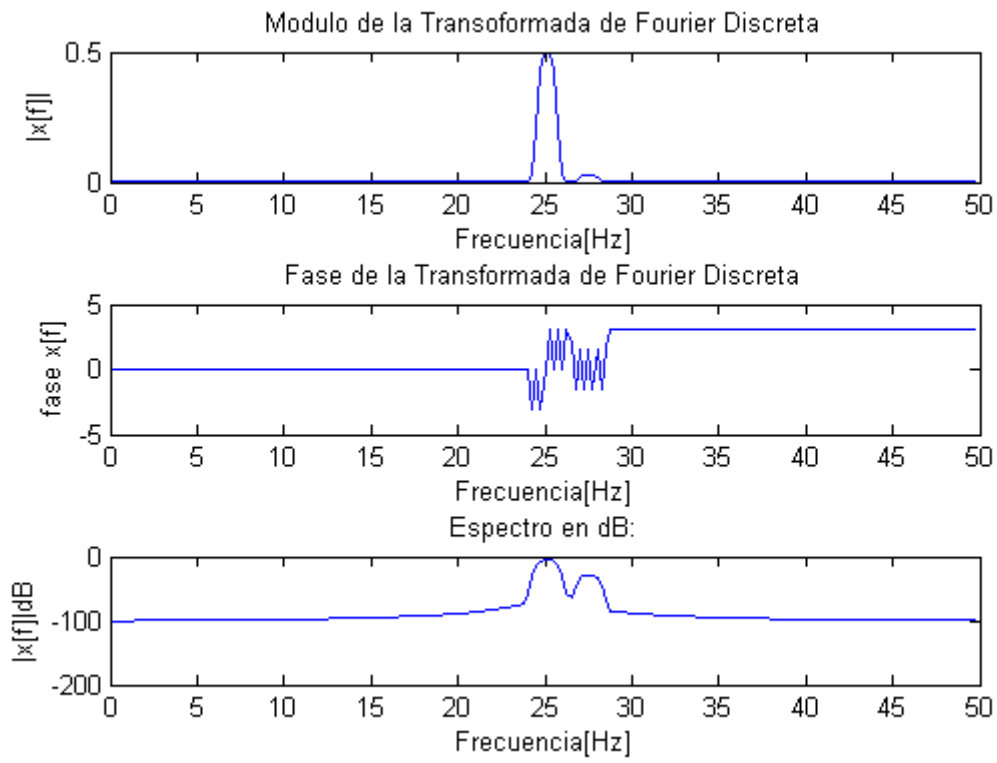
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana de Hann:



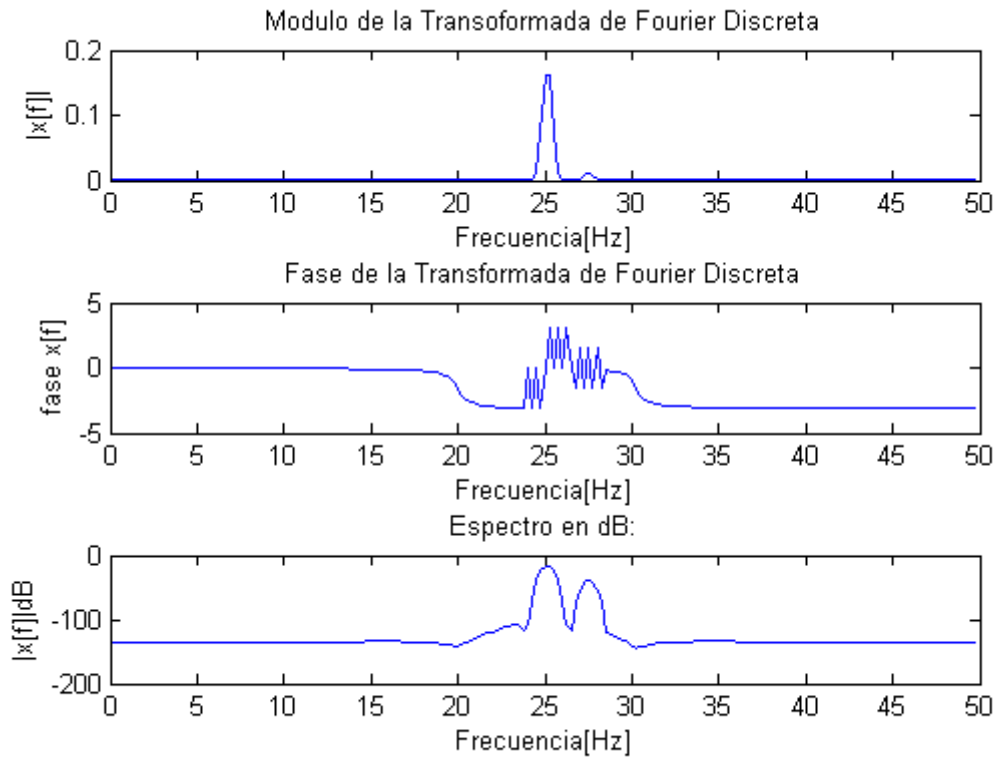
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Flat-Top:



En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Blackman Harris:



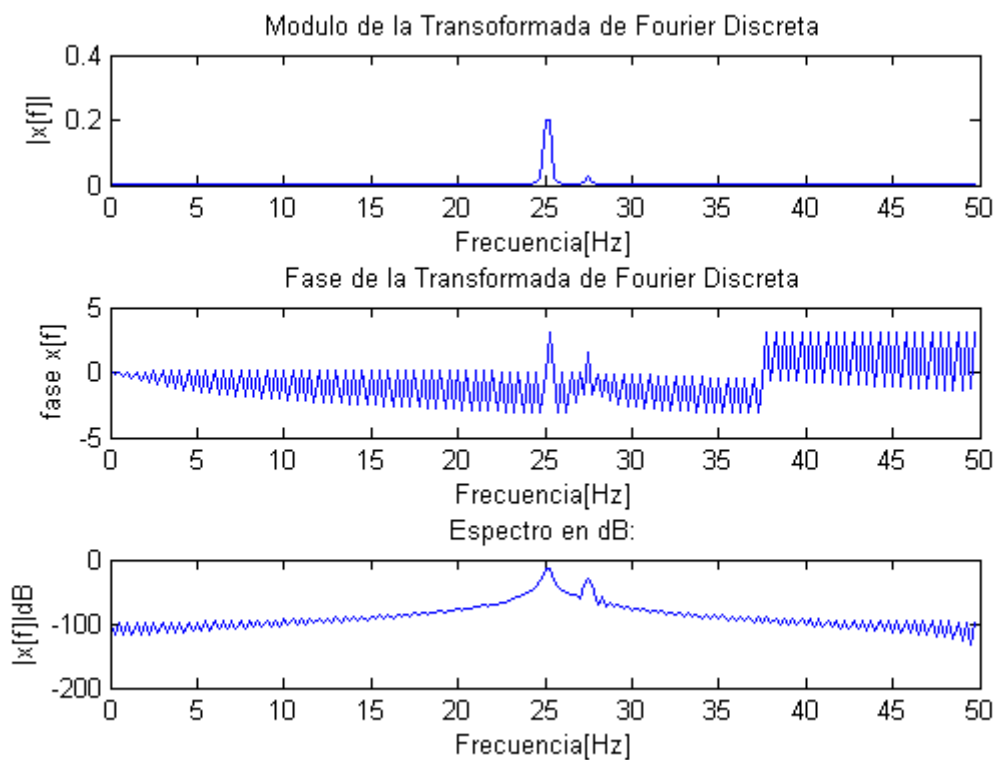
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Se realizo una disminuci3n de la amplitud en el tono 2 y se obtuvieron los siguientes espectros:

Para las amplitudes:

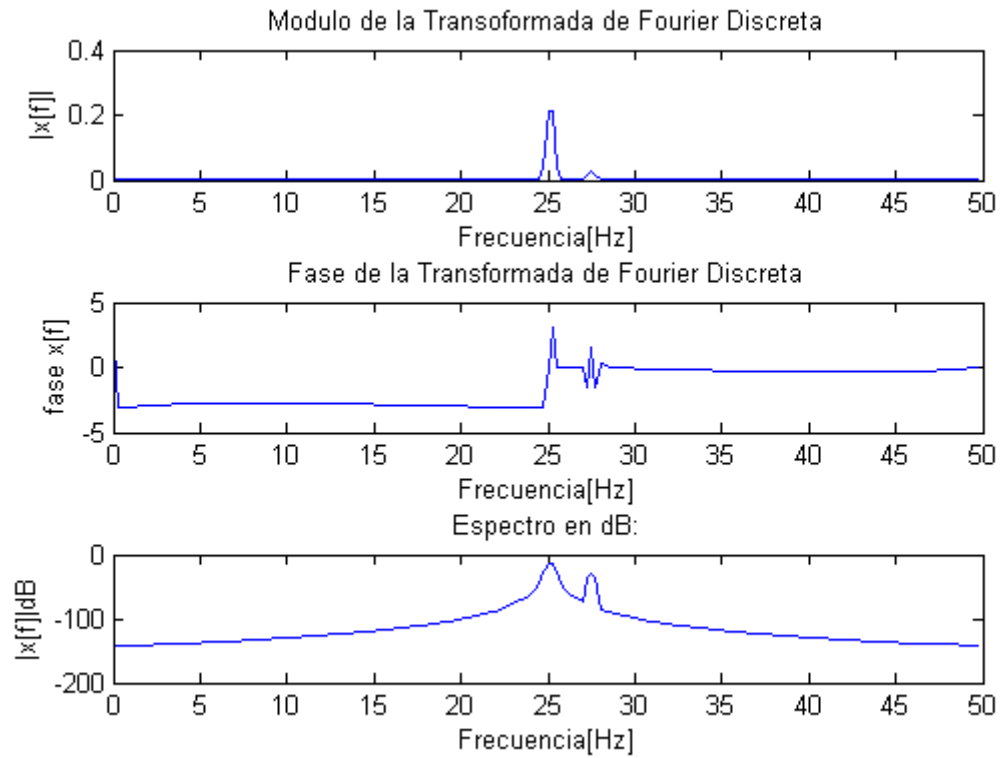
- Amp1 = 1V
- Amp2 = 0.11V

Ventana Triangular:



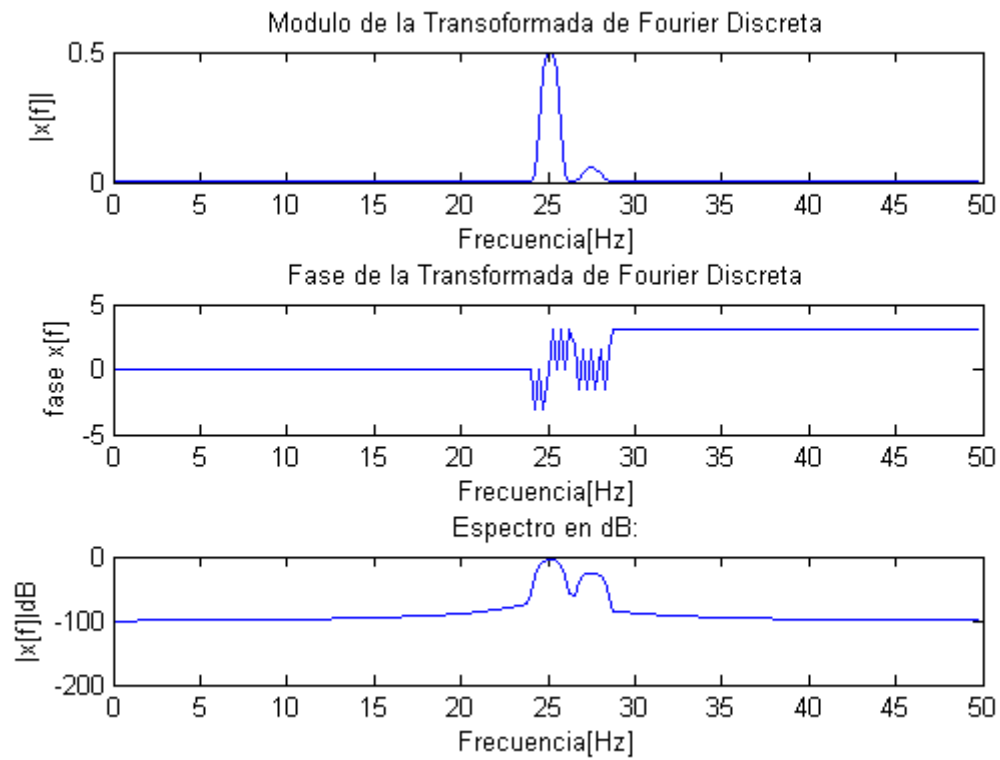
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana de Hann:



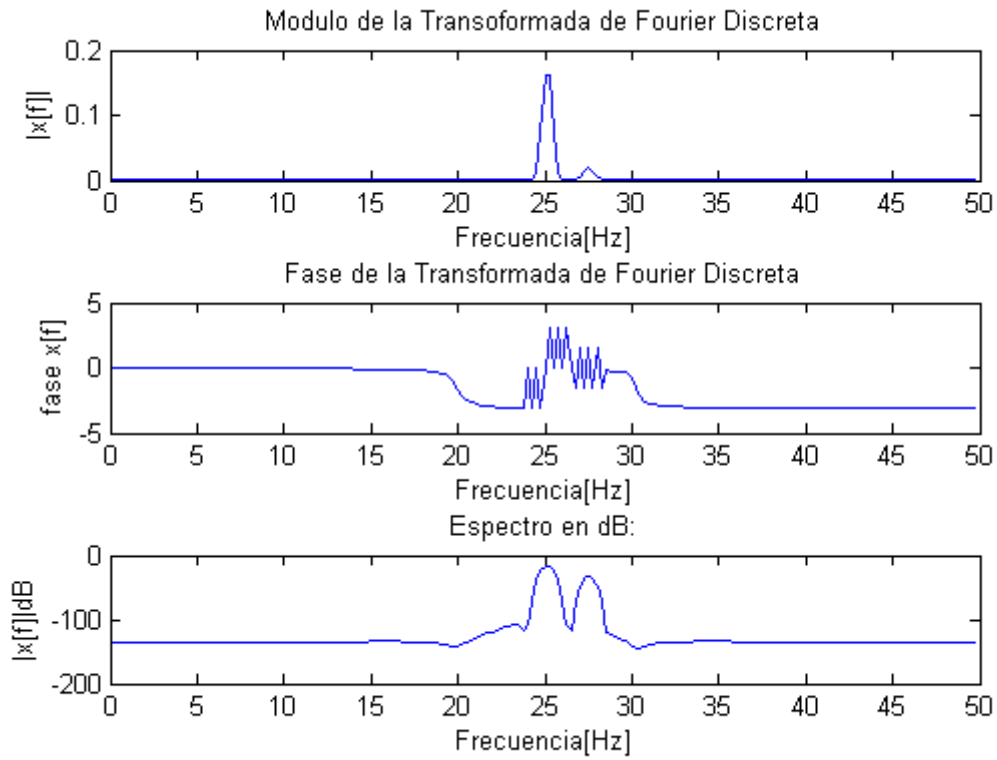
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Flat-Top:



En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Blackman Harris:



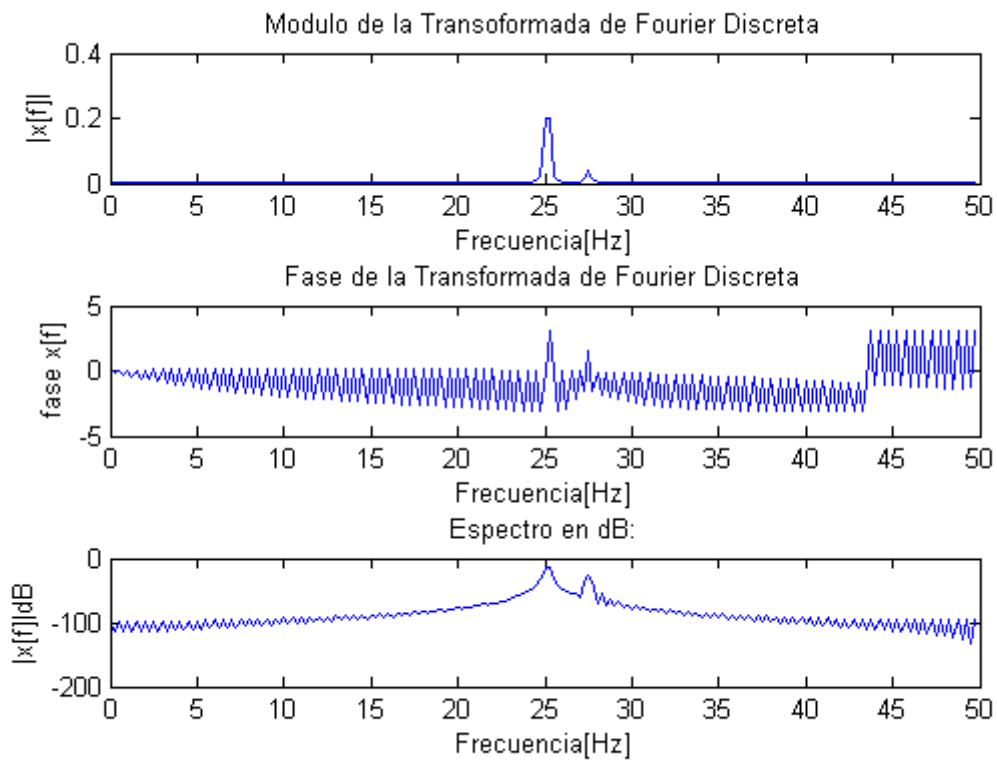
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Se realizo una disminuci3n de la amplitud en el tono 2 y se obtuvieron los siguientes espectros:

Para las amplitudes:

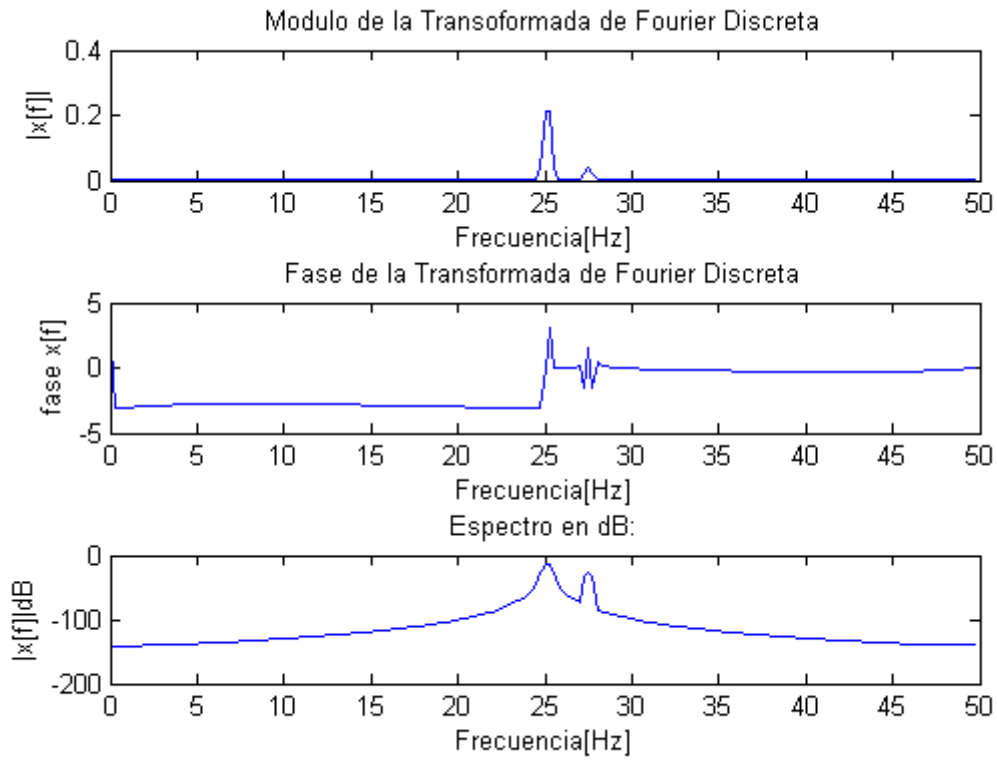
- $Amp1 = 1V$
- $Amp2 = 0.16V$

Ventana Triangular:



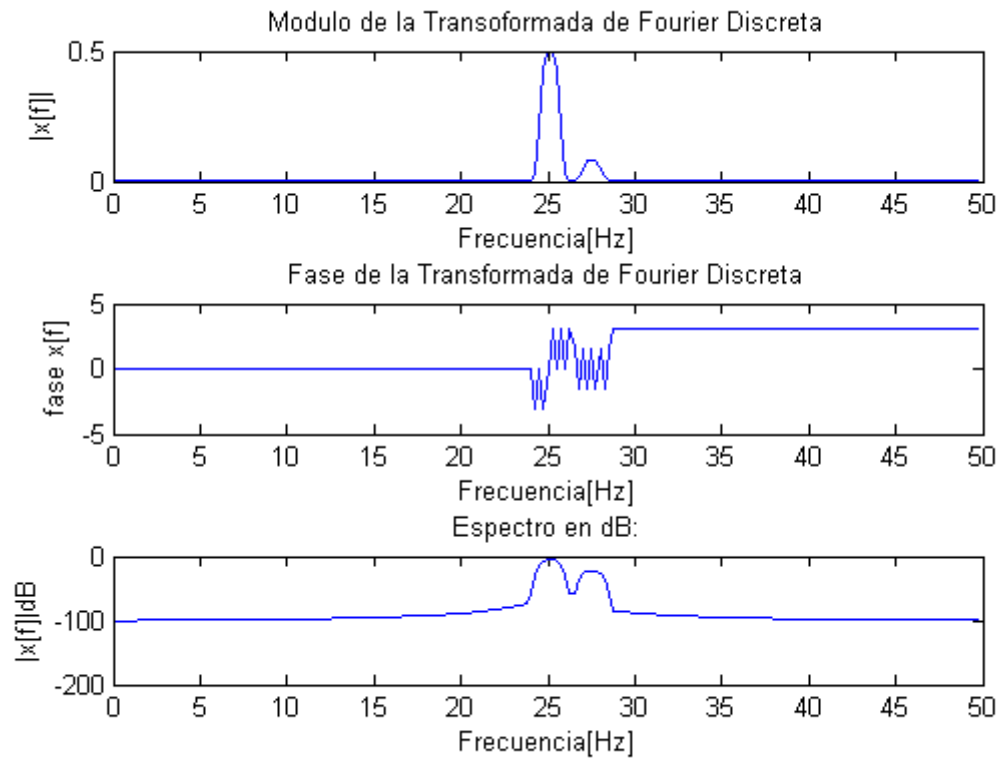
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana de Hann:



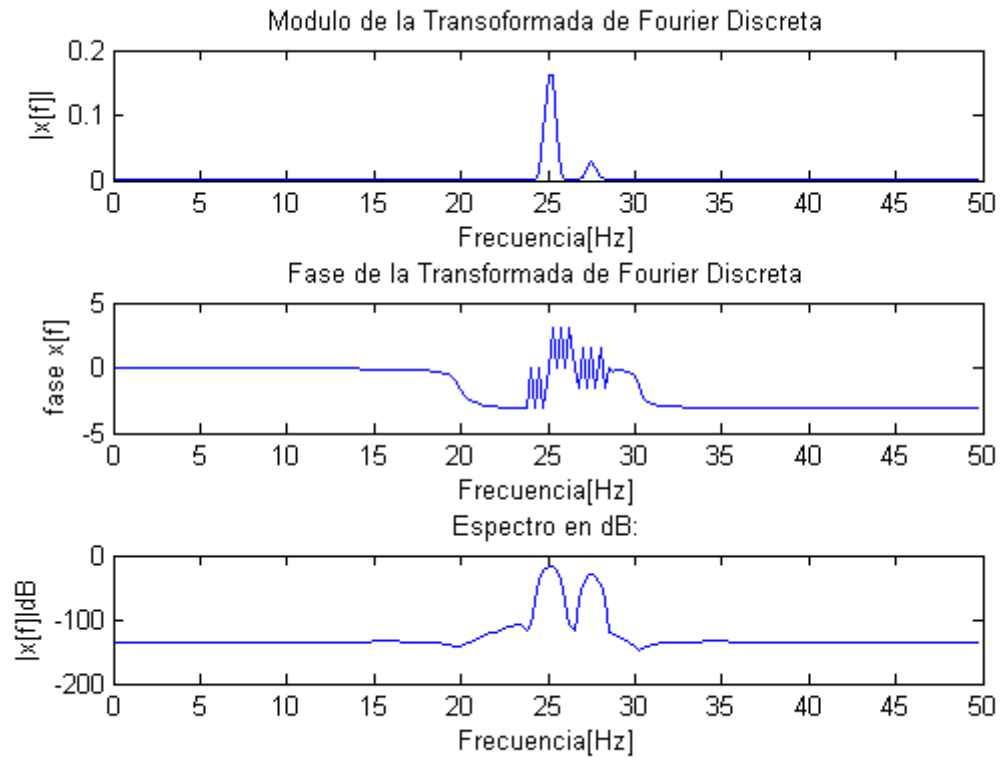
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Flat-Top:



En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Blackman Harris:



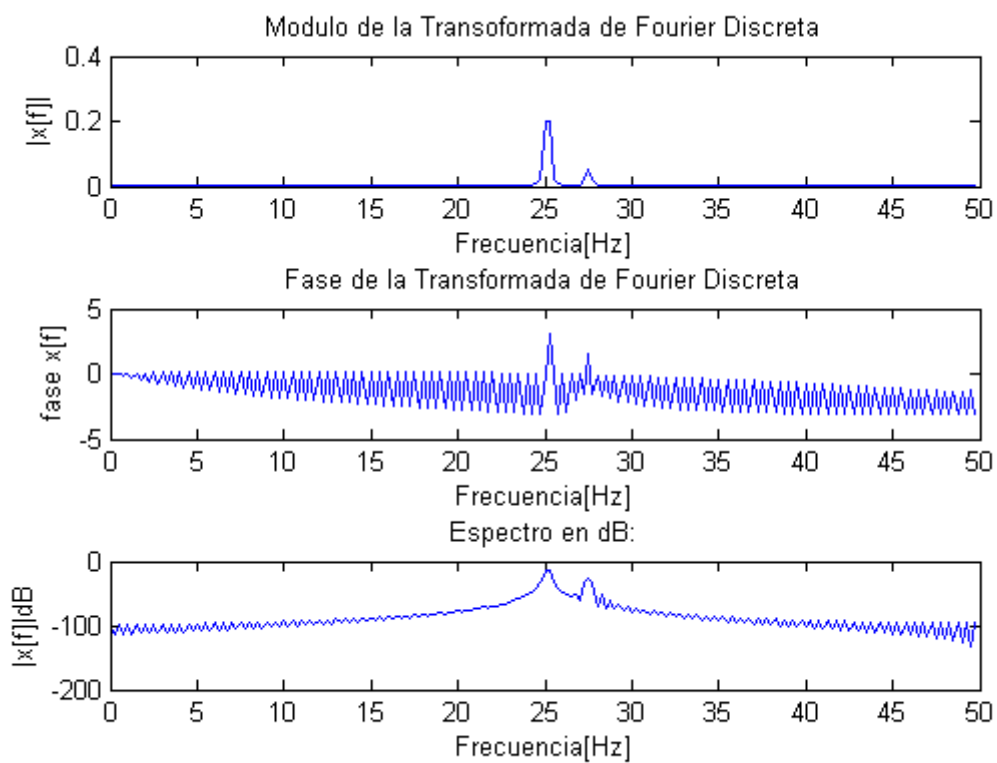
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Se realizo una disminuci3n de la amplitud en el tono 2 y se obtuvieron los siguientes espectros:

Para las amplitudes:

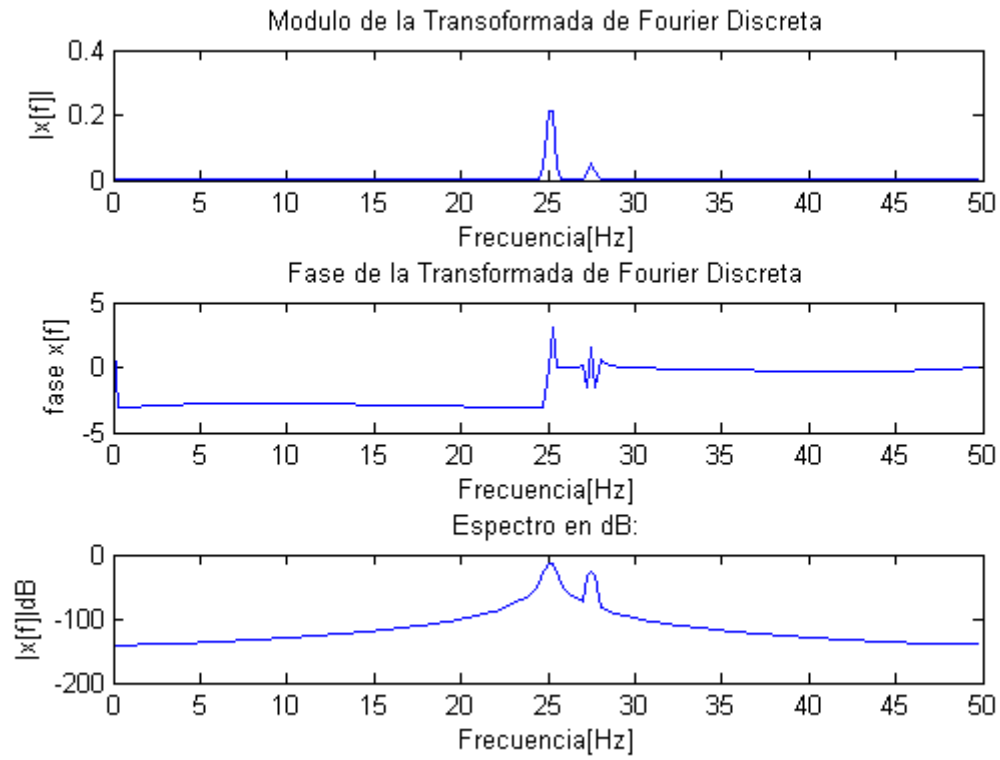
- Amp1 = 1V
- Amp2 = 0.21V

Ventana Triangular:



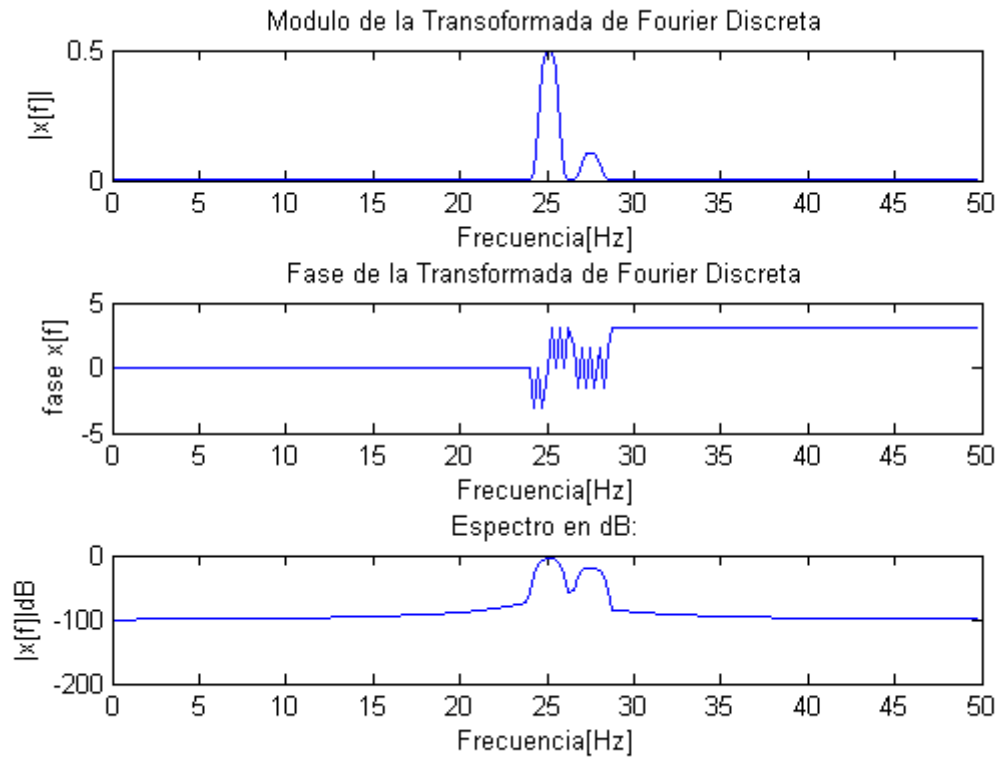
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana de Hann:



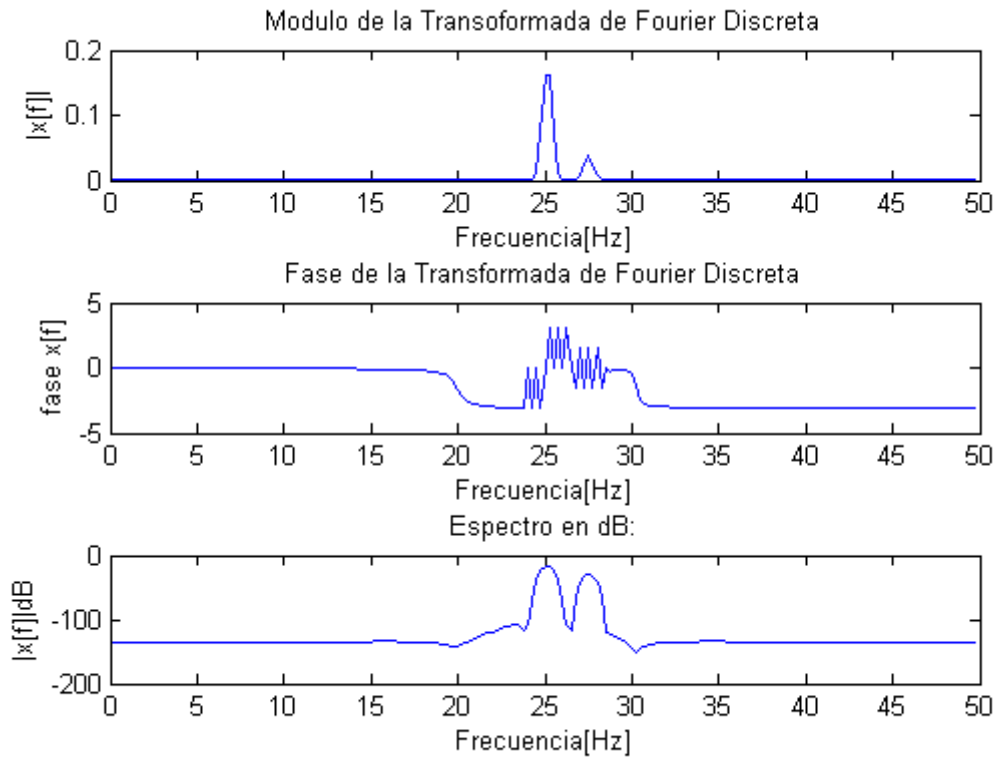
En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Flat-Top:



En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Ventana Blackman Harris:



En este espectro no hay nada interesante para acotar, nuevamente como es de esperar se siguen repitiendo las observaciones anunciadas con anterioridad.

Como conclusión final del inciso se puede ver que el efecto de leakage se reduce cuando se utiliza una ventana Blackman Harris debido a que el espectro de dicha ventana no es abrupto comparado con, por ejemplo, la ventana triangular. A partir de esta observación se puede concluir que esta es una de las razones por las cuales se podrá discriminar en esta ventana nombrada dos componentes frecuenciales de distintas amplitudes sin importar del efecto de leakage que se produce debido a la componente de mayor amplitud. Sin embargo, esto tiene sus limitaciones, no se puede disminuir la amplitud de la menor componente todo lo que se desee.

Ejercicio 2.F

Para la realización de este inciso se expone a continuación una tabla que muestra las características de varias ventanas, las estudiadas y otras que si bien no se realizó su correspondiente estudio podrían llegar a ser de interés conocer a la hora de utilizar esta técnica, y sus efectos de resolución y pérdida espectral.

<i>Window</i>	<i>Ancho en -3 dB del Lóbulo Principal</i>	<i>Ancho en -6 dB del Lóbulo Principal</i>	<i>Máximo Nivel del Lóbulo Lateral (dB)</i>	<i>Tasa de Disminución del Lóbulo Lateral (dB/década)</i>
Rectangular	0.88	1.21	-13	20
Bartlett	1.28	1.74	-27	40
Hanning	1.44	2.00	-32	60
Hamming	1.30	1.81	-43	20
Blackman-Harris	1.62	2.27	-71	20
Exact Blackman	1.61	2.25	-67	20
Blackman	1.64	2.30	-58	60
Flat Top	2.94	3.56	-44	20

Para este inciso se debe tener en cuenta si el espectro de la señal tiene o no tiene leakage.

- Cuando el espectro de la señal no contiene leakage, la separación mínima a la que deben estar separadas ambas componentes es el valor de la resolución espectral: f_s/N .
- Si el espectro de la señal estudiada (en este caso: una señal bitonal) contiene leakage entonces la distancia mínima a la que deben estar separadas ambas componentes aumenta, a menos que se trabaje con las mismas amplitudes en ambos tonos generadores de la señal bitonal. Cuando se le aplican ventanas a la señal bitonal, se produce una mejora debido a que como se puede observar en el inciso “c” se podrá discriminar dos frecuencias separadas por una separación menor respecto al caso de sin ventanear.

Ejercicio 2.G

En la práctica, no es inusual que dos componentes se encuentren por debajo de la separación mínima a la cual ambas podrían ser discriminadas en el espectro motivo por el cual debe de contarse con una solución a este problema.

La estrategia que podría llevarse a cabo, es la de aumentar el número de muestras “N” a tomar de la señal aumentando de esta forma la información de la señal y así aumentaría la resolución espectral por lo que disminuiría el efecto de leakage. Aumentar la resolución espectral implica un aumento en la energía de las componentes de la señal bitonal y por lo tanto finalmente su discriminación en el espectro.

Ejercicio 3

Enunciado

Genere una señal amplitud unitaria y frecuencia $N/4 \text{ df} + \text{fr}$, siendo fr una frecuencia aleatoria uniformemente distribuida entre $\pm 2\text{Hz}$. Realice 200 experimentos para estudiar los siguientes incisos:

1. Calcule el error producido al medir la amplitud exclusivamente en la componente correspondiente a $N/4 \text{ df}$ para todas las frecuencias analizadas. ¿Cuál es la ventana más conveniente y por qué?
2. Repita (a) pero mida la energía comprendida entre $N/4 \text{ df} \pm 2\text{Hz}$. Compare los resultados de ambas estrategias. ¿Cuál es la más conveniente? Discuta ventajas y desventajas de ambos métodos.

Para este ejercicio se trabajó con señales senoidales las cuales difieren en la frecuencia de las mismas. Estas frecuencias se encuentran comprendidas en un rango de $\pm 2\text{Hz}$.

Se realizan para el estudio 200 experimentos, donde las frecuencias de las señales son aleatorias y siguen una distribución uniforme, dado que se busca que todas las frecuencias en el rango estudiado sean equiprobables.

Ejercicio 3A

En la primer etapa, el estudio, se centrará en el cálculo del error producido al medir la amplitud exclusivamente en la componente correspondiente a $N/4$ df (condición planteada en el ejercicio) para el rango de frecuencias comentado. Una vez obtenidas las señales senoidales (200 señales debido a que se realizan 200 experimentos) con sus correspondientes frecuencias, se les aplica a cada una de estas el set de 4 ventanas realizadas en el ejercicio uno de este trabajo práctico (Triangular, Hann, Blackman Harrys y Flat-top) para calcular el sesgo o error del indicador elegido, este caso la media. Finalmente se desarrollan las conclusiones acerca de los resultados obtenidos a partir de los histogramas generados.

```
function [] = ejercicio3()

    fx = 1;

    % Parámetros de la señal

    N = 400;
    fs = 1000;
    phase = 0;
    offset = 0;
    amp = 1;

    df = fs/N;

    % Parámetros de la frecuencia aleatoria uniforme

    a = -2;
    b = 2;

    % Número de experimentos a realizar

    Experimentos = 200;

    fr = a + (b-a)*rand(Experimentos,1);

    % Frecuencia de la señal
    fo = N/4 * df + fr;

    % Genero la señales
    vector_ventas = [ones(N,1) get_wtriangular(N) get_whann(N) get_wblackman_harris(N)
get_wflat_top(N)];

    for cont = 1: Experimentos
        signal(:,cont) = fsenoidal(amp,fo(cont),phase,offset,N,fs);
    end

    for j =1:5
```

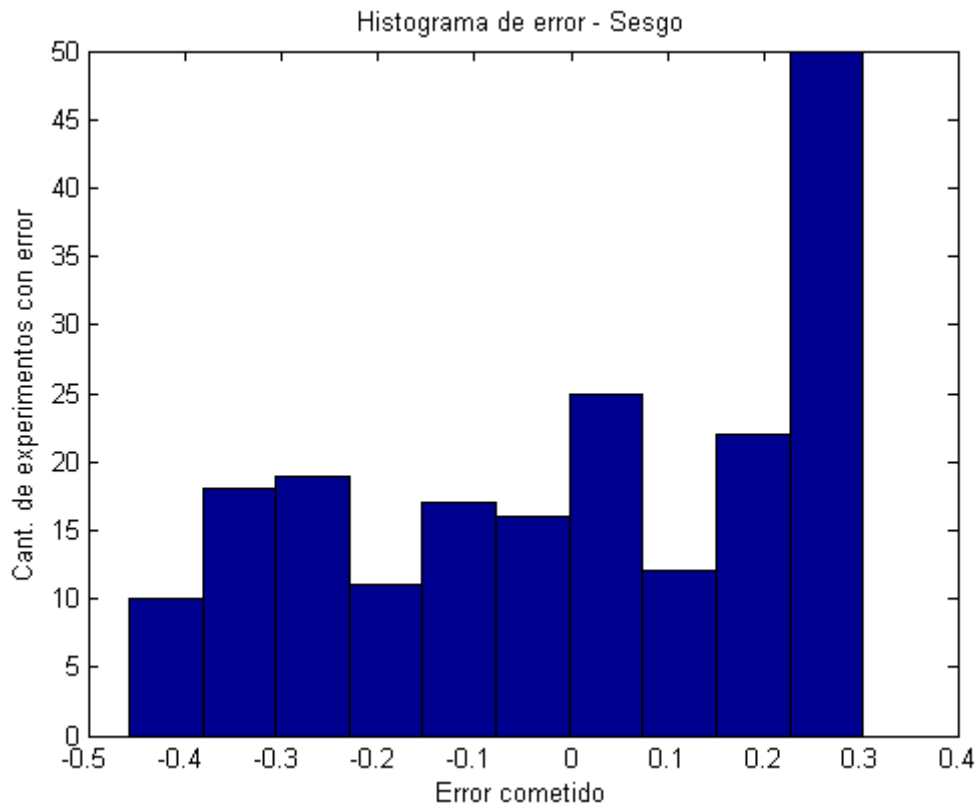
```

for i=1:Experimentos
    signal_w = vector_ventas(:,j) .* signal(:,i);
    signal_w = 2/N * abs(fft(signal_w));
    signal_w = signal_w(1:N/2);
    frec_int(i) = signal_w(floor(N/4 + 1));
end
Media = mean(frec_int);
error = frec_int - Media;

fx = plot_hist(error,fx);

```

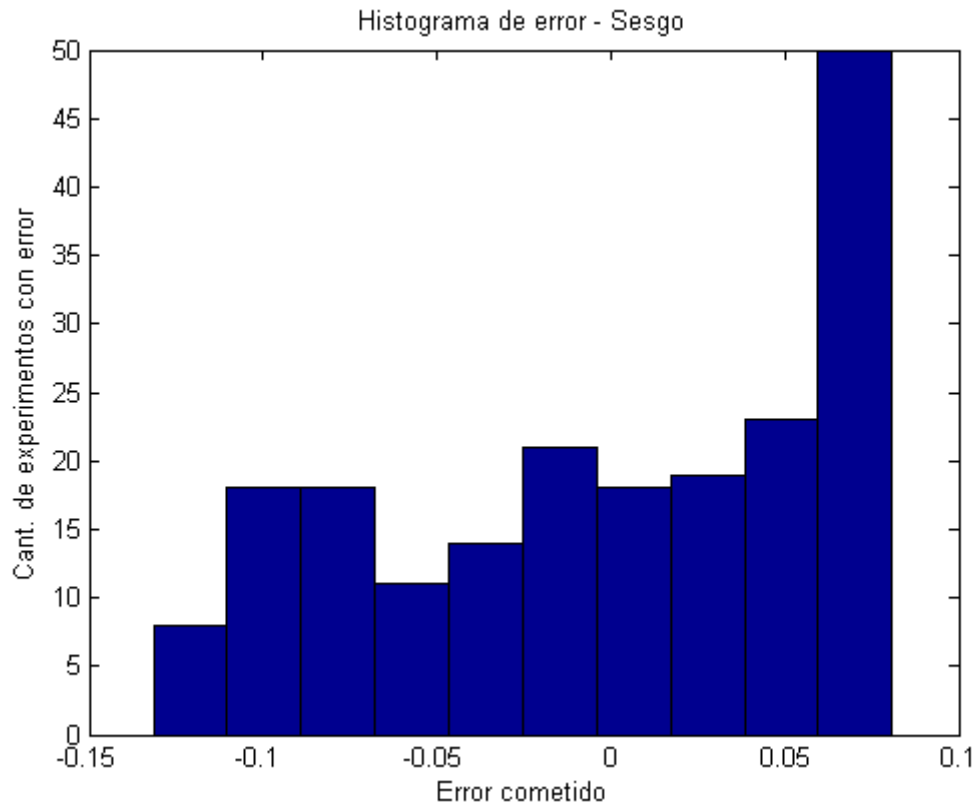
Histograma de error cometido cuando no se le aplica ninguna ventana:



En el histograma mostrado y en los que se muestran a continuación se puede observar la cantidad de experimentos que tienen un error determinado. Dicho de otra forma el sesgo u error del estimador “media” de la amplitud.

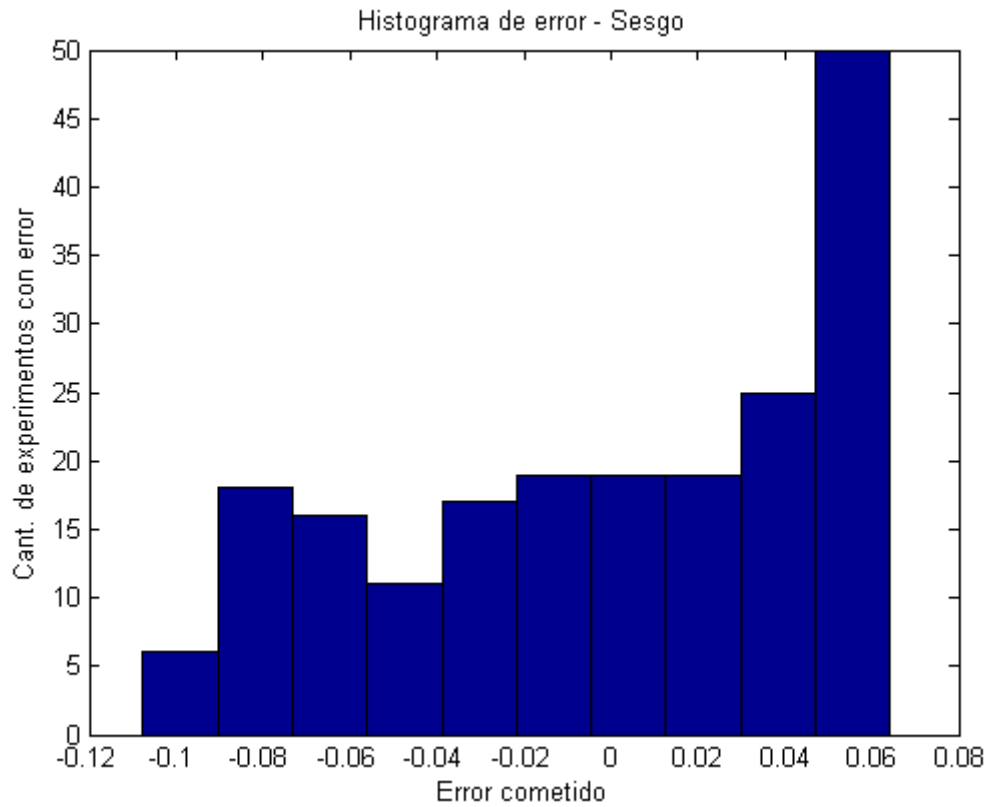
Podemos notar que el error mínimo para el caso en el que la señal no es ventaneada es del 40%

Aplicando la ventana triangular, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



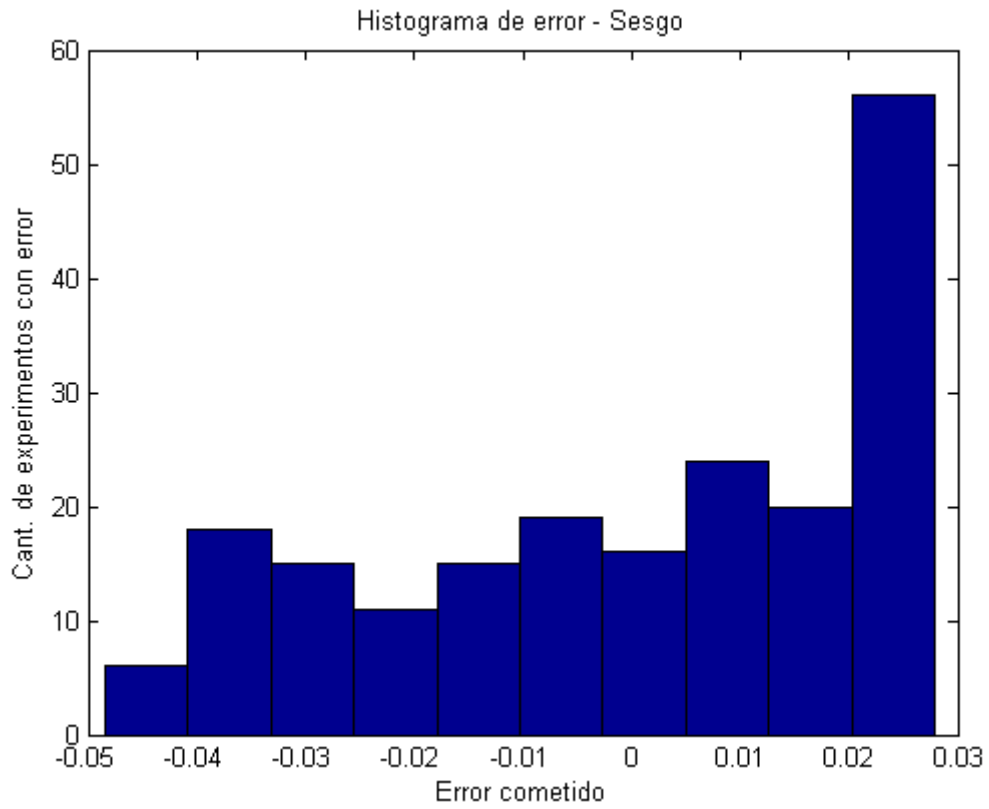
Podemos notar que el error mínimo para el caso en el que la señal es ventaneada por una ventana del tipo triangular es del 10%

Aplicando la ventana Hann, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



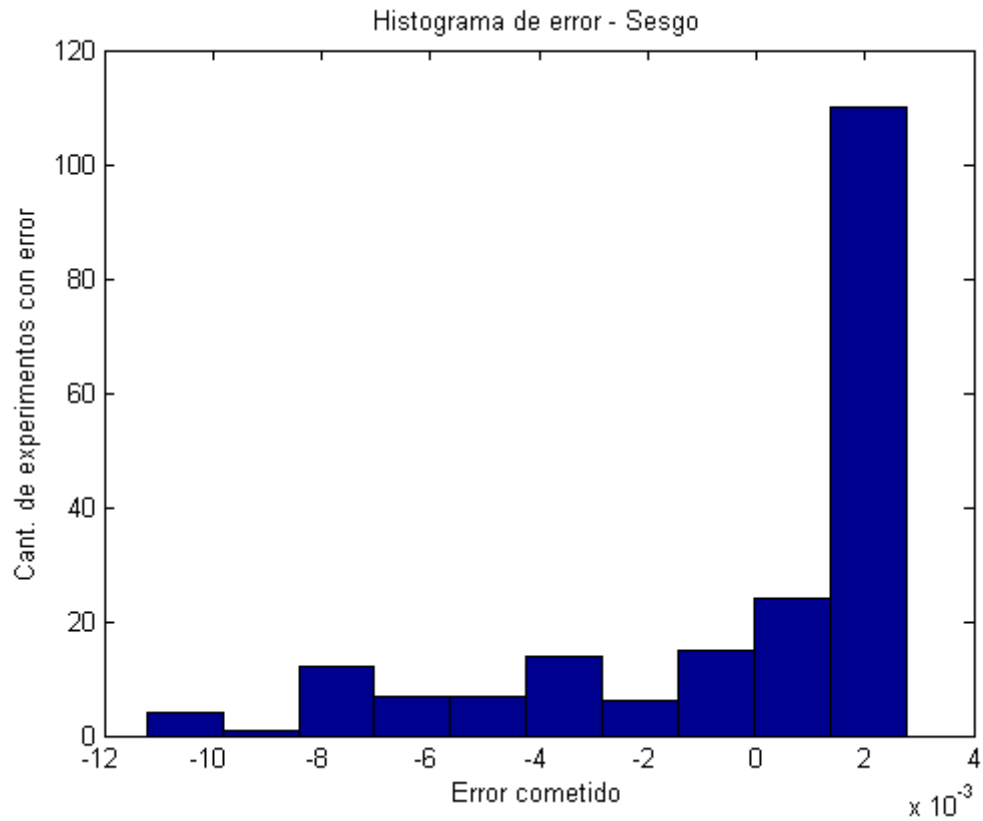
Podemos notar que el error mínimo para el caso en el que la señal es ventaneada por una ventana del tipo Hann es del 6%

Aplicando la ventana Blackman Harris, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



Podemos notar que el error mínimo para el caso en el que la señal es ventaneada por una ventana del tipo Blackman Harris es del 5%

Aplicando la ventana Flat-top, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



Podemos notar que el error mínimo para el caso en el que la señal es ventaneada por una ventana del tipo Flat-Top es del orden del $\times 10^{-3}$.

Con lo que se puede concluir que a la hora de elegir la ventana más conveniente para medir la amplitud de una componente, en este caso la correspondiente a $N/4$ df es la ventana Flat-Top la que menor error produce siendo la ventana triangular la que mayor error introduce en el cálculo.

Ejercicio 3 - Código: Ploteo de histograma.

```
% \fn fx = plot_hist(Signal,fx)
% \brief Plotea el histograma de la señal: Cantidad de experimentos con
% error vs. error cometido
% \author Pose, Fernando Ezequiel (fernandoepose@gmail.com)
% \param Signal - Señal
% \param fx - Número de figura
% \return fx - Número próximo de figura
% \date 2015.10.04

function fx = plot_hist(Signal,fx)

    figure(fx); set(gcf,'Name','Ejercicio 3');
    hist(Signal,10);
    title('Histograma de error - Sesgo');
    xlabel('Error cometido'); ylabel('Cant. de experimentos con error');
    fx = fx + 1;

end
```

Ejercicio 3B

Para la segunda parte del estudio se repite el caso del apartado A pero se busca en este caso cuál es la ventana que introduce menos error si se desea estimar la energía comprendida en un rango de frecuencias ($N/4$ df \pm 2Hz). Finalmente se desarrollan las conclusiones acerca de los resultados obtenidos a partir de los histogramas generados.

```
function [] = ejercicio3_b()

    fx = 1;

    % Parámetros de la señal

    N = 1000;
    fs = 1000;
    phase = 0;
    offset = 0;
    a = -2;
    b = 2;

    Experimentos = 200;

    df = fs/N;

    fr = a + (b-a)*rand(Experimentos,1);

    amp = 1;
    fo = N/4 * df + fr;

    % Genero la señales
    vector_ventas = [ones(N,1) get_wtriangular(N) get_whann(N) get_wblackman_harris(N)
    get_wflat_top(N)];

    for cont = 1: Experimentos
        signal(:,cont) = fsenoidal(amp,fo(cont),phase,offset,N,fs);
    end

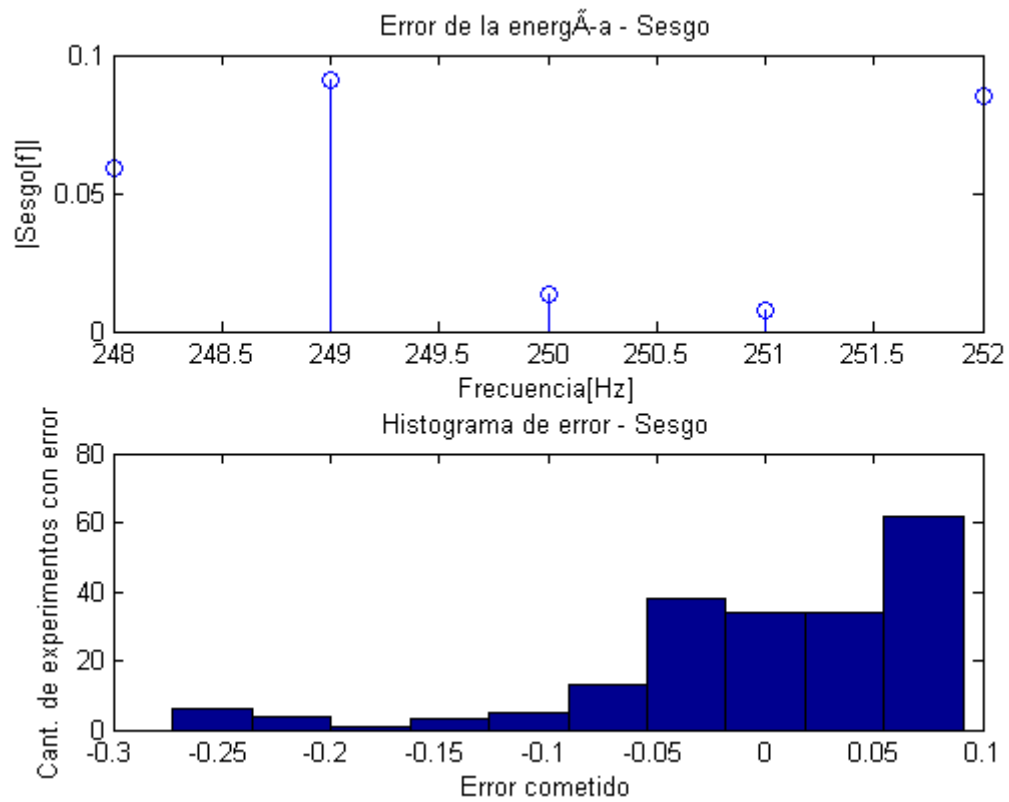
    for j =1:5

        for i=1:Experimentos
            signal_w = vector_ventas(:,j) .* signal(:,i);
            signal_w = 2/N * abs(fft(signal_w));
            signal_w = signal_w(1:N/2);
            rango_med_energ = (N/4 - 2):(N/4 +2);
            rango_med_energ = rango_med_energ';
            energ(i) = 1/length(rango_med_energ) * sum(signal_w(rango_med_energ));
        end

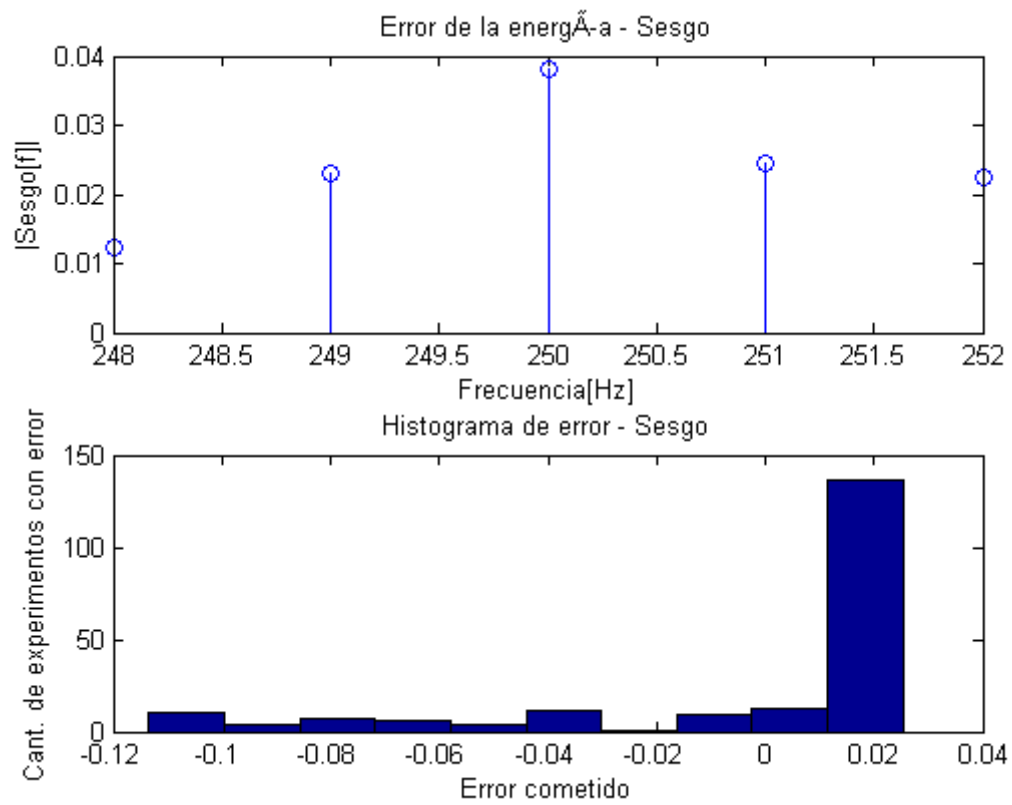
        Media = mean(energ);
        Error = energ - Media;
    end
end
```

```
fx = plot_3b(Error,fx,rango_med_energ);
```

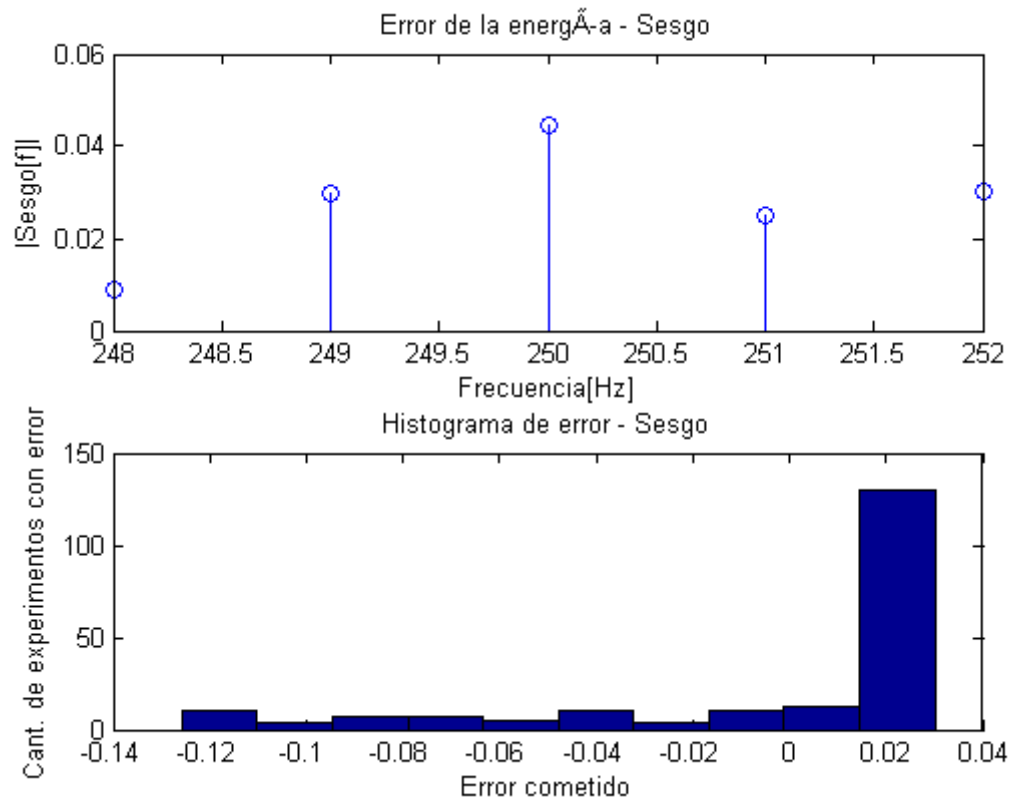
Histograma de error cometido cuando no se le aplica ninguna ventana:



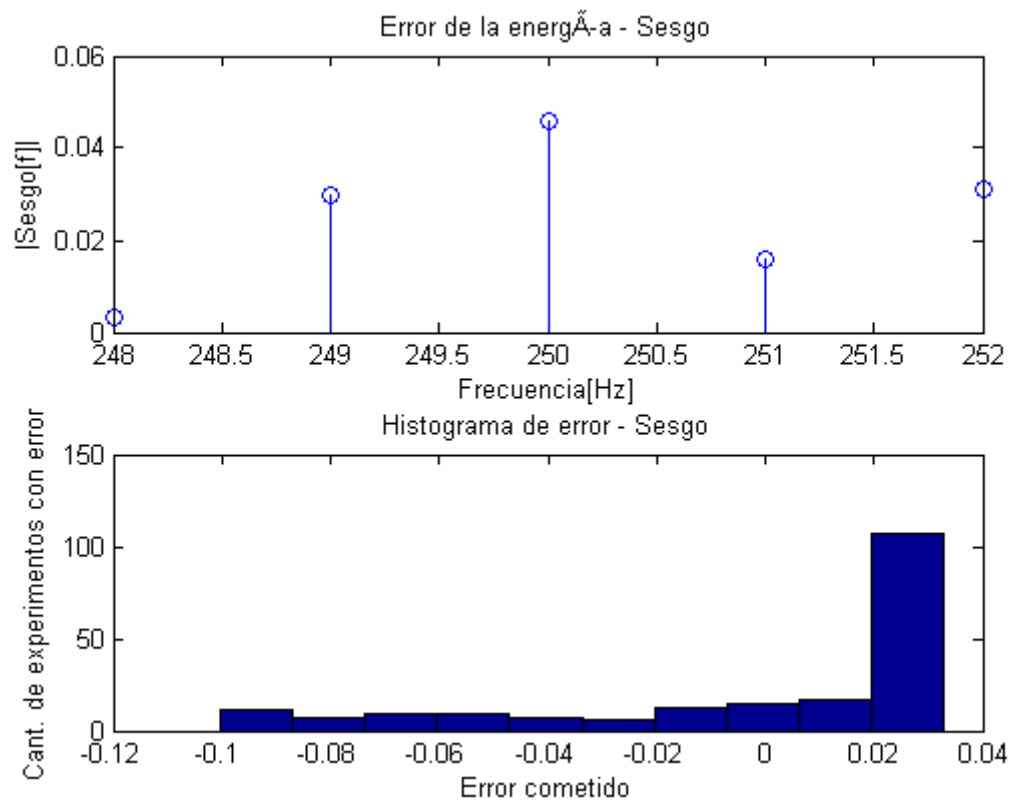
Aplicando la ventana triangular, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



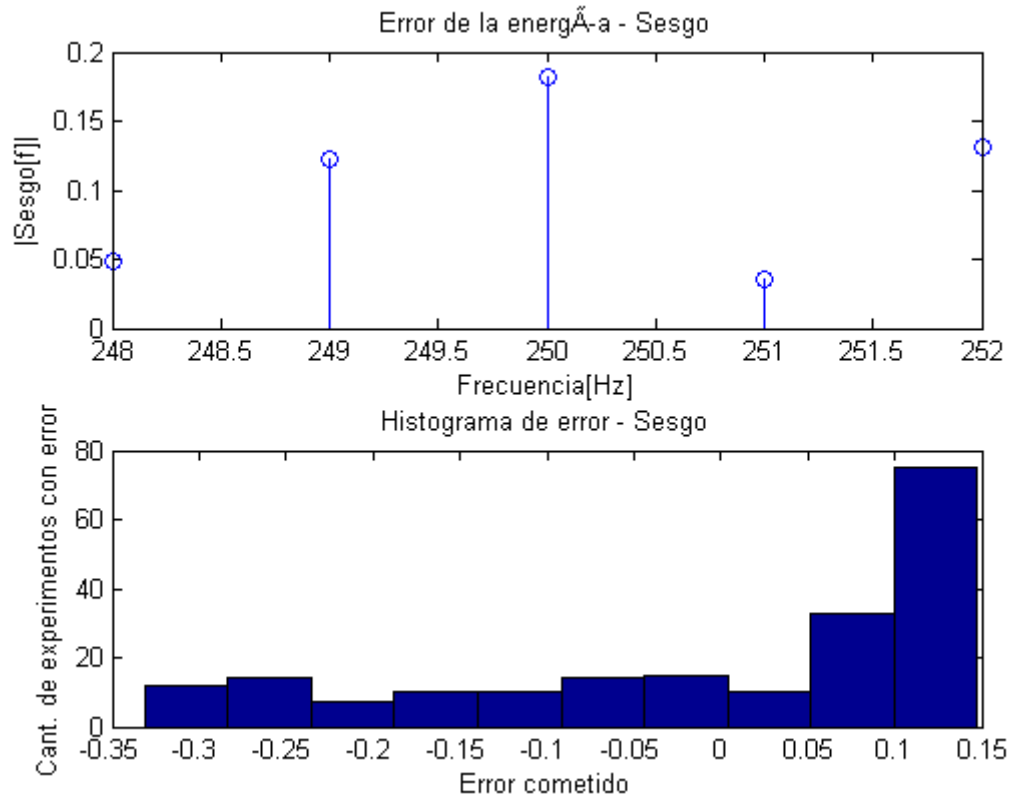
Aplicando la ventana Hann, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



Aplicando la ventana Blackman Harris, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



Aplicando la ventana Flat-top, se obtiene el siguiente histograma de error cometido:



Con lo que se puede concluir que a la hora de elegir la ventana más conveniente para medir la energía en un rango de frecuencia, en este caso el correspondiente a $N/4 \text{ df} \pm 2\text{Hz}$ se debe utilizar, para este estudio, el caso A (utilizando una única frecuencia en la medición) debido a que en este caso el error se puede observar de forma más clara. En cambio para el caso B podemos observar un error “plano” motivo por el cual se dificulta observar el correspondiente error.

No se debe perder de vista que ambos métodos son correctos a la hora de llevar a cabo la medición. Siempre se debe tener una idea del espectro con el que se cuenta y tras la realización de experimentos concluir con que ventana y método utilizar.

Ejercicio 3 - Código: Ploteo de ejercicio 3B

```
% \fn fx = plot_3b(Error,fx,intervalo)
% \brief Plotea módulo de error y histograma
% \author Pose, Fernando Ezequiel (fernandoepose@gmail.com)
% \param Error - Señal a plotear
% \param fx - Número de figura
% \param intervalo - Intervalo de frecuencias
% \return fx - Número próximo de figura
% \date 2015.10.04

function fx = plot_3b(Error,fx,intervalo)

    figure(fx); set(gcf,'Name','Ejercicio 3B');

    subplot(2,1,1); stem(intervalo,abs(Error(1:length(intervalo))));
    title('Error de la energía - Sesgo');
    xlabel('Frecuencia[Hz]'); ylabel('|Sesgo[f]|');

    subplot(2,1,2); hist(Error,10);
    title('Histograma de error - Sesgo');
    xlabel('Error cometido'); ylabel('Cant. de experimentos con error');

    fx = fx + 1;
end
```

Conclusiones finales

¿Cómo se elige una ventana?

Cada ventana posee características que la hacen más o menos apropiadas dependiendo de la aplicación. El primer paso para escoger apropiadamente una ventana es conocer o al menos tener una idea de cómo es el contenido espectral de la señal a la cual se le aplicará la ventana.

En las señales reales la interferencia hace parte de las señales. Cuando hay intensas componentes de interferencia lejos de la frecuencia de interés, se escoge una ventana con alta tasa de disminución del lóbulo lateral, En caso de que la interferencia esté cercana a la frecuencia de interés, se escoge una ventana con bajo nivel máximo del lóbulo lateral.

Cuando la frecuencia de interés esté acompañada de varias componentes muy cercanas entre sí, la resolución espectral cobra relevancia. Se debe escoger una ventana con muy angosto lóbulo principal.

Cuando la precisión en la medida de amplitud de una componente es de mayor importancia que su ubicación, se elige una ventana con un lóbulo principal ancho. Si el espectro de la señal es allanado o de banda ancha, se utiliza la ventana rectangular. La ventana de Han posee muy buena resolución en frecuencia y pocas pérdidas espectrales.

La ventana Flat-Top es muy exacta en amplitud, pero por tener un lóbulo lateral ancho, tiene altas pérdidas espectrales y no es muy buena en resolución de frecuencia.

La preferencia entre una ventana y otra para determinada aplicación no tiene una regla general, se recomienda aplicar diferentes tipos de ventanas y experimentar hasta encontrar la mejor para cada aplicación en particular.

A continuación, como exposición final, se presenta una tabla como referencia a tener en cuenta en la selección de una ventana basada en el contenido de la señal.

<i>Contenido de la Señal</i>	<i>Tipo de Ventana</i>
Onda seno o combinación de ellas	Hann
Onda seno con énfasis en la amplitud	Flat top
Señal cualquiera de banda angosta	Hann
Señal cualquiera de banda ancha (Ruido blanco)	Rectangular
Ondas seno muy cercanas	Rectangular, Hamming
Desconocida	Hann

Bibliografía utilizada

- [1] Tratamiento de señales en tiempo discreto. Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer. Ed. Pearson. Tercera edición.
- [2] Digital Signal Processing Using Matlab. André Quinquis. Ed. Wiley
- [3] Understanding Digital Signal Processing. Richard G. Lyons. Ed. Prentice Hall PTR
- [4] http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361B-01/lvanls/scaled_time_domain_window/
- [5] <http://www.ni.com/white-paper/4278/en/>