

Práctica 1

**Creación de sonidos sintetizados y su análisis
mediante el software Matlab**

Prácticas Ingeniería Acústica 2007/2008

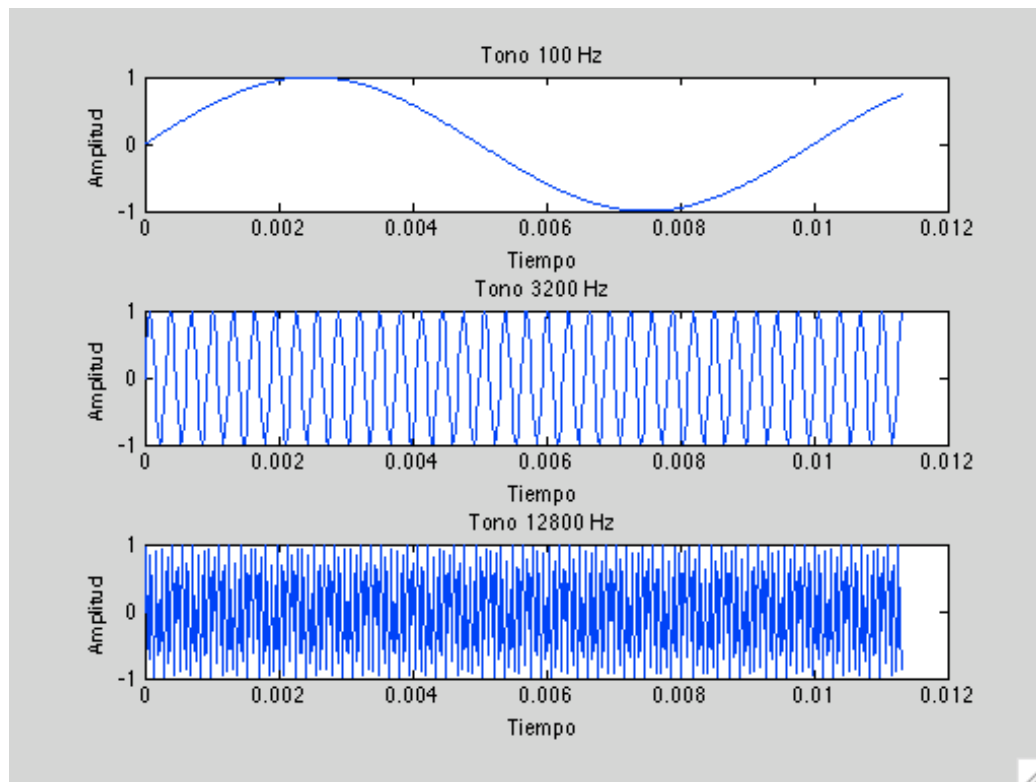
[Alberto Mateos Checa]

Table of Contents

a) Síntesis de tonos puros	3
b) Cambios de fase.....	5
c) Sonidos armónicos	6
d) Suma de tonos	9
e) Generación de ruido blanco	12
f) Generación de ruido rosa.....	13
g) Mezcla de señales	15

a) Síntesis de tonos puros

Creamos tres tonos puros de 100, 3200 y 12800 Hz de amplitud 1, duración 1 segundo y frecuencia de muestreo 44100 Hz. Posteriormente representamos las primeras 500 muestras de cada uno de los tonos obteniendo las siguientes gráficas:

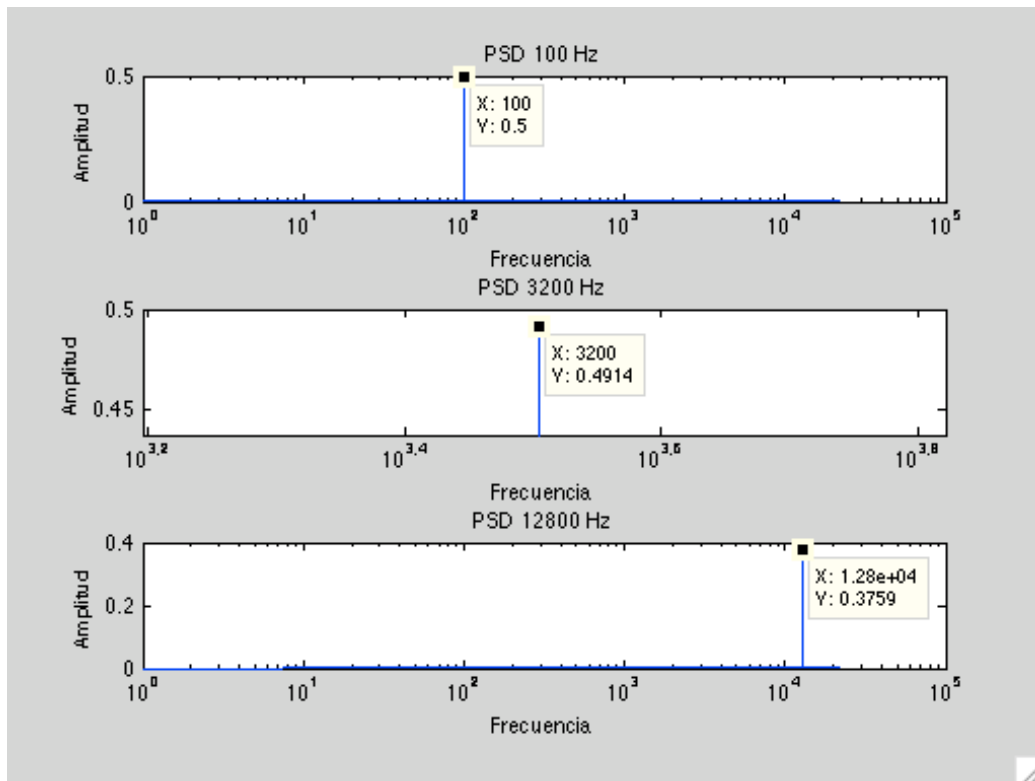


Una vez generados los tonos calculamos la **energía total** y la **PSD** de cada uno:

Frecuencia del tono (Hz)	Energía (J)	PSD
100	0,5	0,5
3200	0,5	0,4914
12800	0,5	0,3759

Como vemos, la energía es independiente de la frecuencia de las señales. Además, la PSD es cero excepto en la frecuencia del tono que es donde se concentra la energía del mismo.

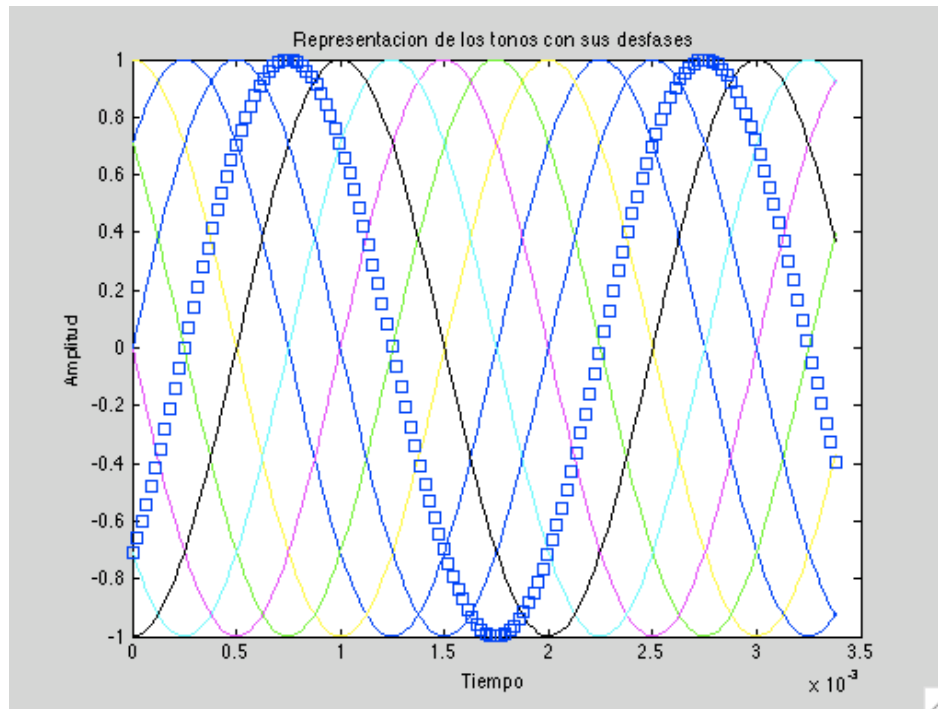
Representamos ahora las PSDs:



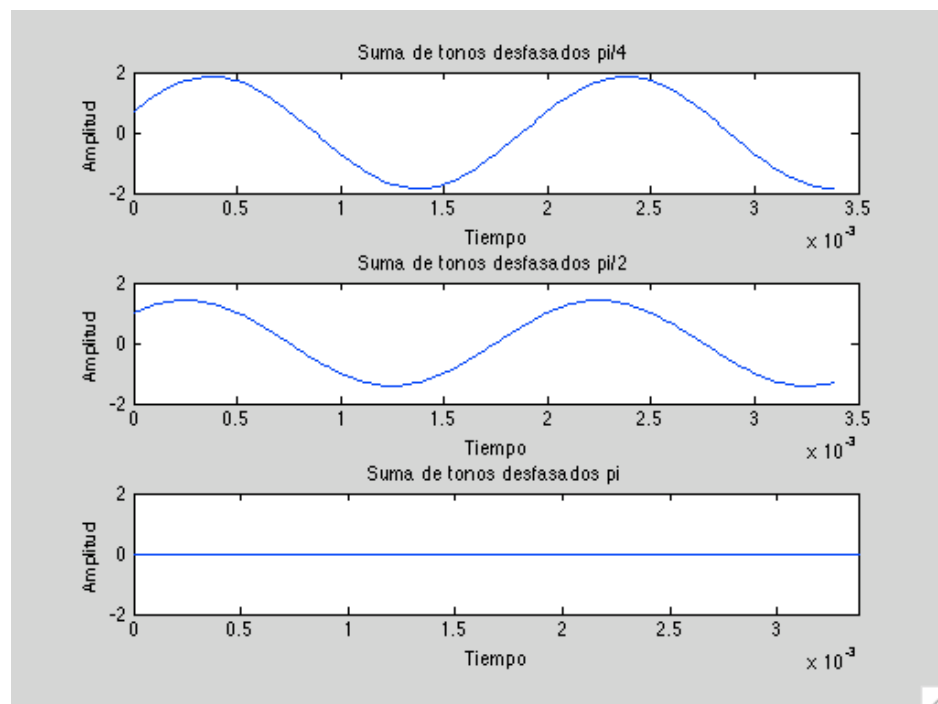
Las PSDs sólo tienen componentes de energía en la frecuencia del tono puro como era de esperar.

b) Cambios de fase

Creamos un tono puro de 500 Hz y generamos varias señales a partir de la anterior variando su fase entre 0 y 2π . Obtenemos el siguiente gráfico al representar las 150 primeras muestras:



Ahora sumamos dos de esas señales que hemos creado que estén desfasadas en $\pi/4$, $\pi/2$ y π y las representamos para ver el comportamiento:

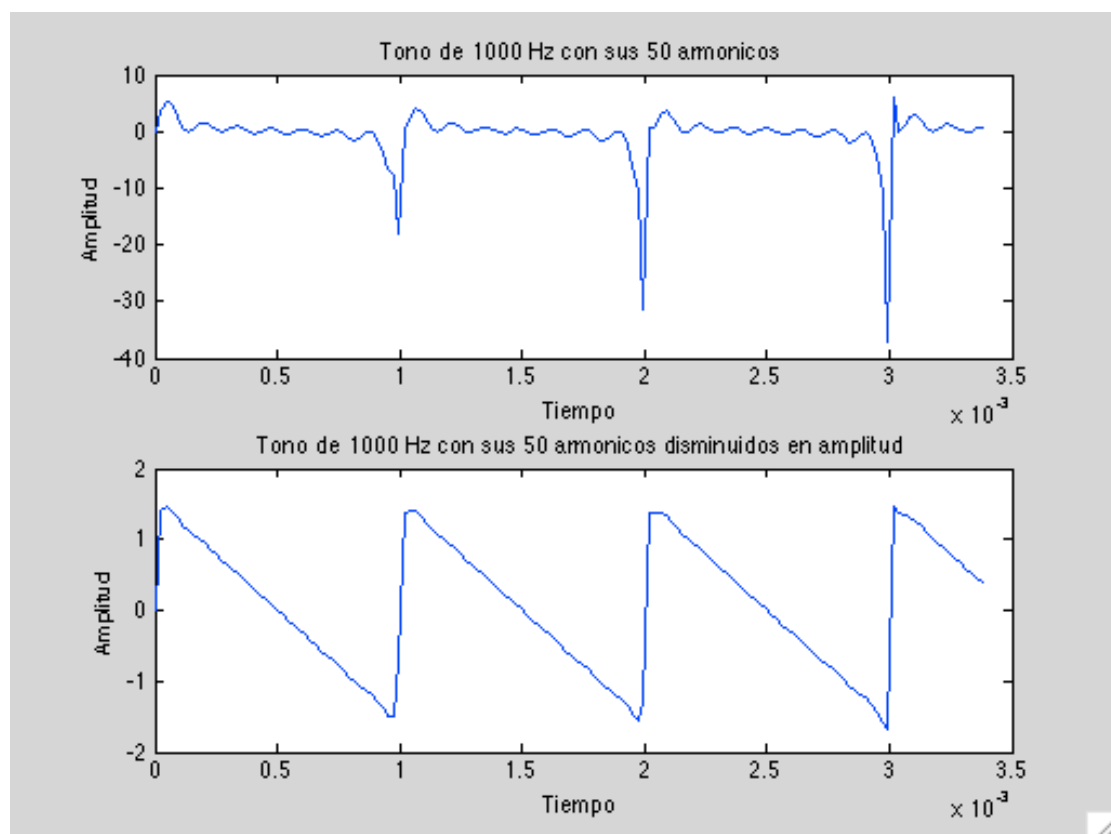


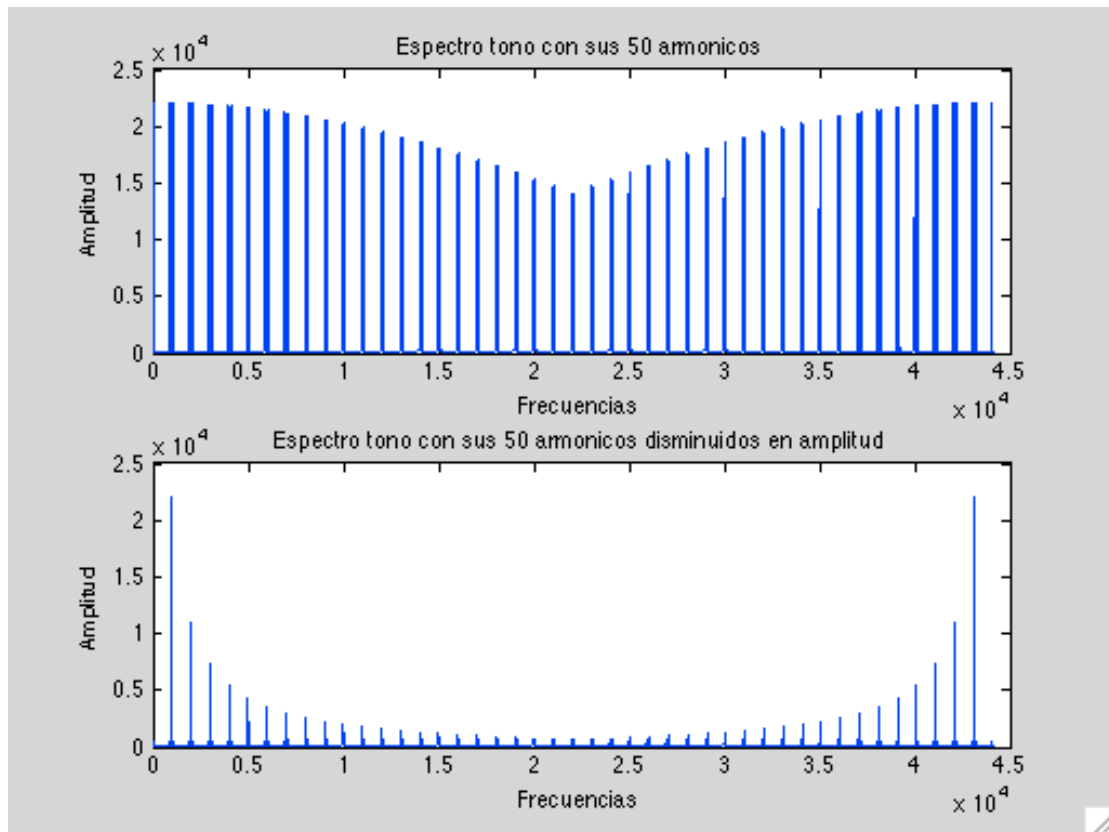
En los dos primeros casos comprobamos que la señal resultante ha aumentado su amplitud por lo que se produce una interferencia constructiva entre ambos tonos.

En cambio, en la tercera gráfica vemos cómo al sumar las dos señales que están desfasadas en π , lo que se produce es una interferencia destructiva y por tanto, la señal resultante es de amplitud 0.

c) Sonidos armónicos

Inicialmente generamos un tono puro de 1000 Hz. A partir de ese tono generamos otros dos; el primero sumándole los primeros 50 armónicos y el segundo sumando también los primeros 50 armónicos pero disminuyendo su amplitud en $1/n$. Representamos ambos tonos y sus espectros respectivos:

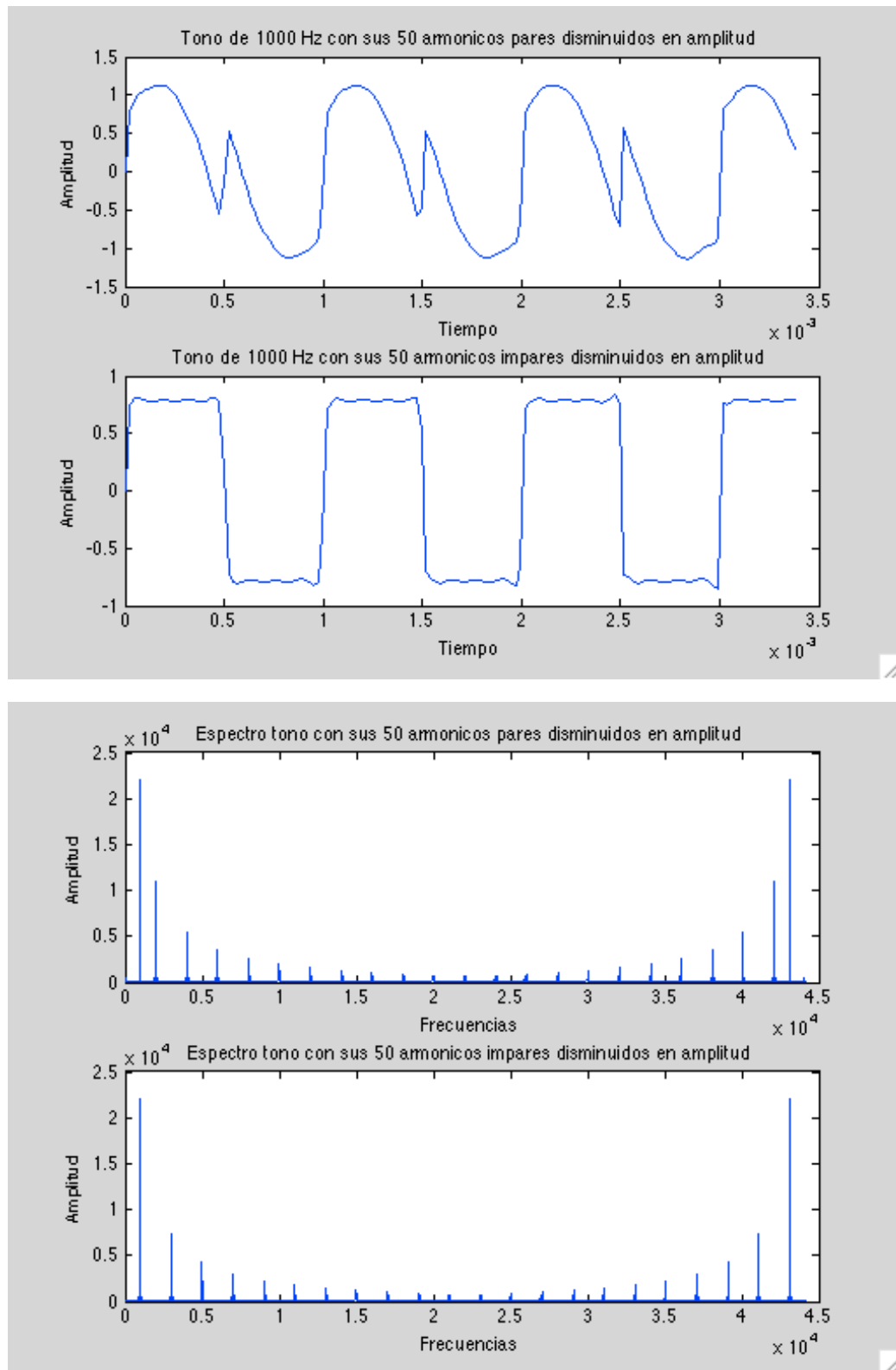




La diferencia en cuanto a la forma de onda de ambos es evidente. En cuanto al espectro, podemos observar cómo en el caso de la amplitud disminuída, las componentes de energía de las frecuencias relativas a cada uno de los armónicos van decreciendo de manera mucho más rápida que en la señal en la que la amplitud de los armónicos es la misma que la de la frecuencia fundamental.

Ahora repetiremos lo anterior pero sumando por separado los armónicos pares y los impares y disminuyendo la amplitud de los mismos en $1/n$.

Las gráficas obtenidas son las siguientes:



Podemos apreciar que el espectro se comporta de la misma manera que en el caso anterior aunque hay frecuencias (las que corresponden a los armónicos pares o impares según el caso) que ahora no tienen energía ya que no se han sumado en este caso.

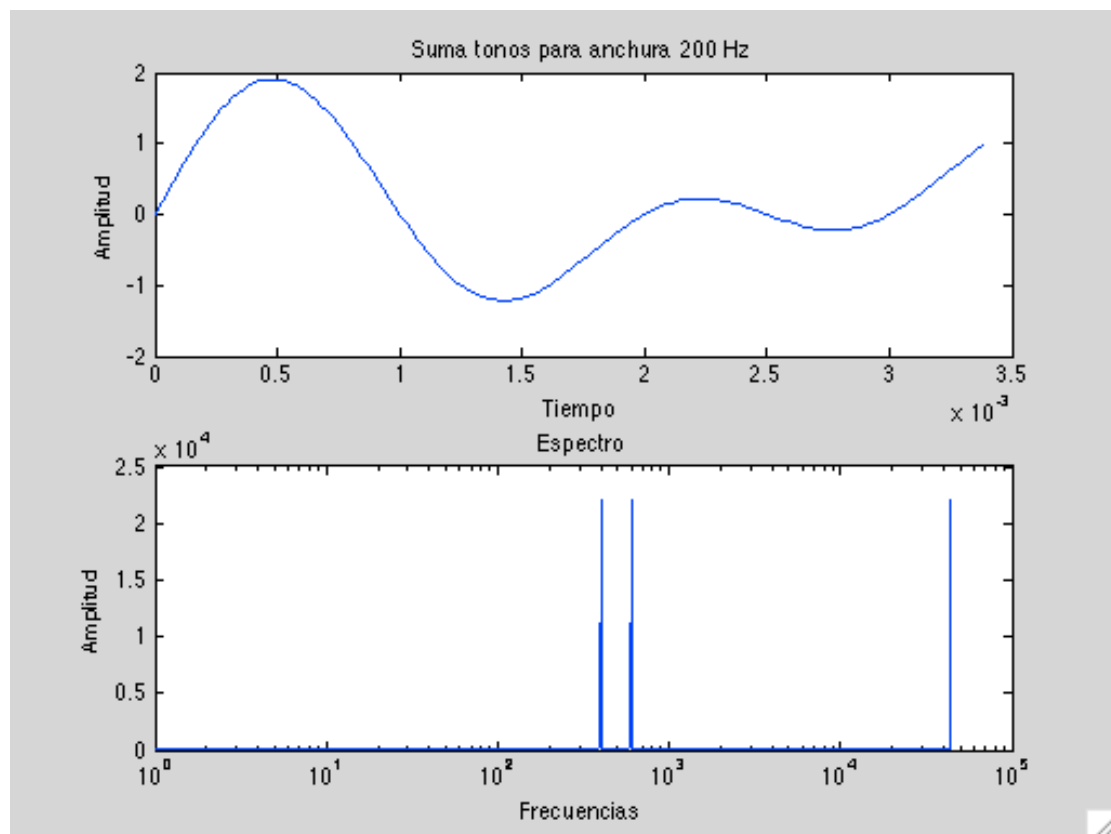
En cuanto a la forma de la onda obtenida vemos que son totalmente distintas a las obtenidas para el caso anterior. Ésto demuestra que según los armónicos que se añaden al tono la forma de la onda varía.

En el caso de que quisiéramos sintetizar un instrumento lógicamente escogeríamos tonos con armónicos ya que los instrumentos generan armónicos y lo que se pretende con la síntesis de audio es intentar imitar los sonidos de instrumentos reales. Además, los tonos con armónicos son mucho más ricos y agradables al oído que los tonos puros.

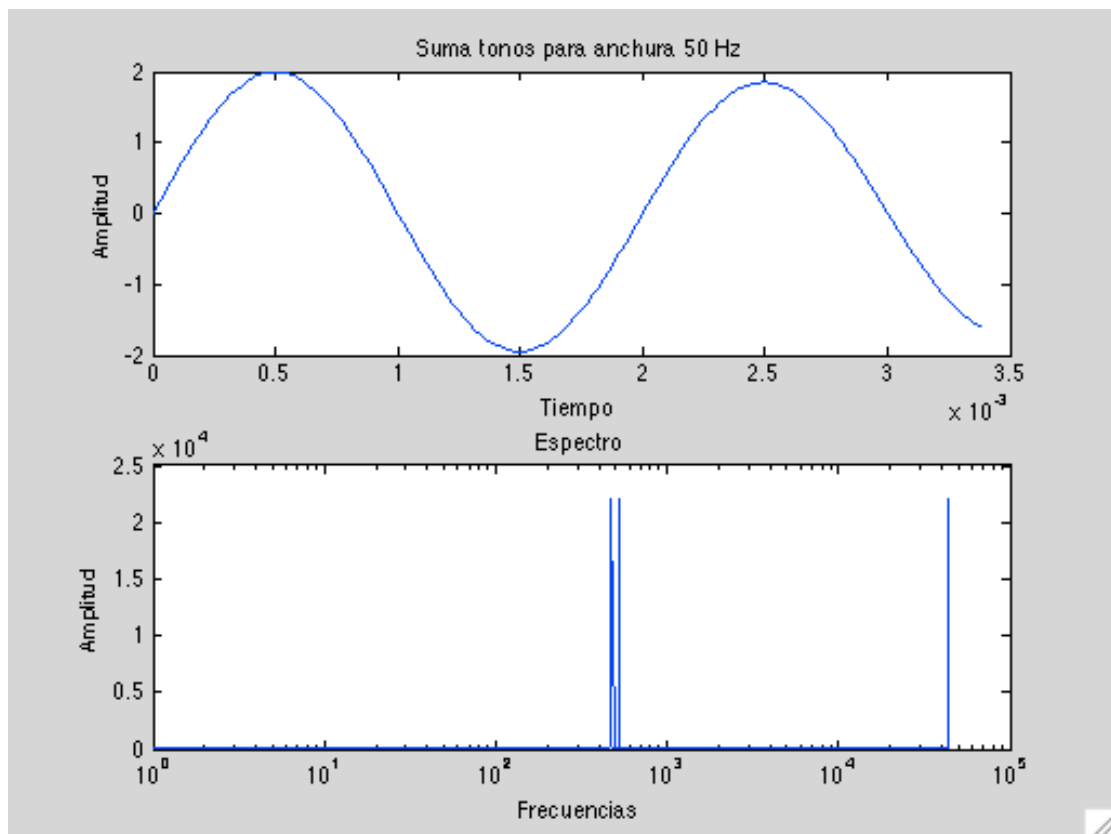
d) Suma de tonos

Vamos a generar parejas de tonos puros cuyas frecuencias serán los extremos de un intervalo con centro en $f=500$ Hz y anchura 200, 50 y 5 Hz. Seguidamente las sumaremos y representaremos tanto la señal resultante como su espectro:

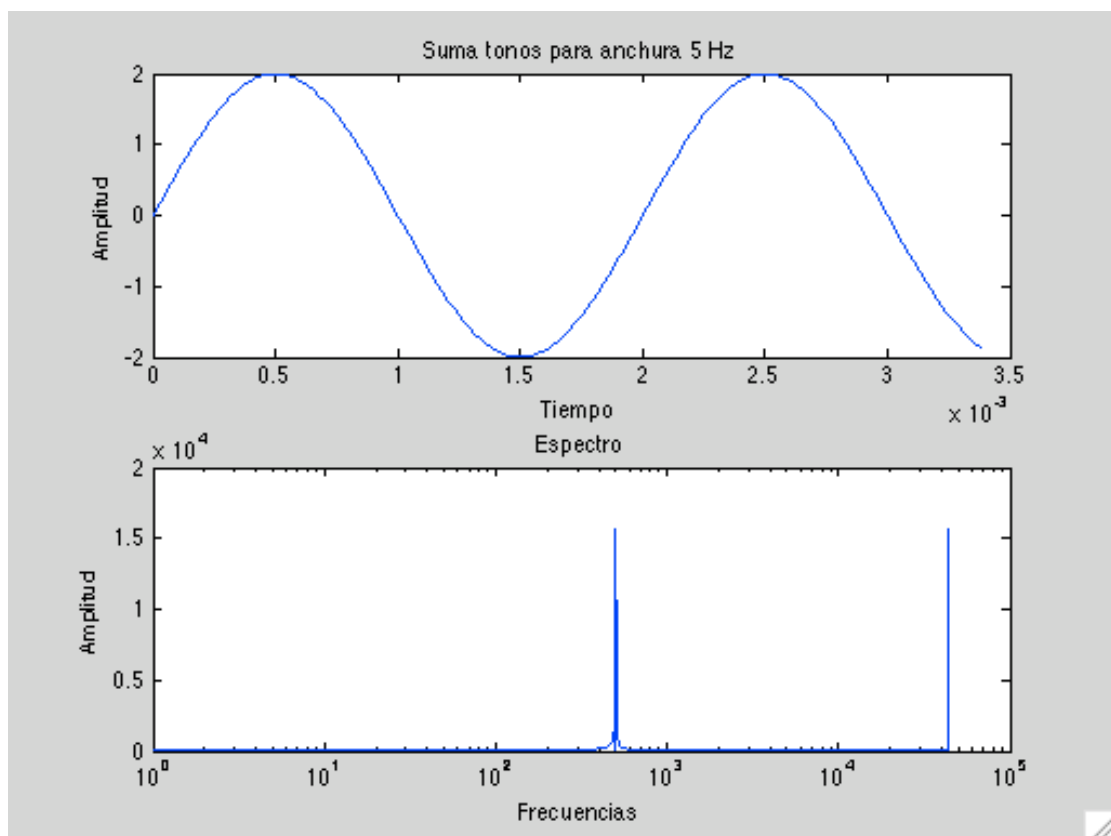
○ 200 Hz



○ 50 Hz



○ 5 Hz



Tras observar detenidamente las gráficas anteriores, podemos concluir que en el caso de 5 Hz y 50 Hz de anchura la forma de la señal resultante es similar a la de un tono puro pero en el caso de los 200 Hz, la señal resultante tiene una forma distinta.

Además, si nos fijamos en los espectros, en el caso de los 5 Hz es muy difícil apreciar que hay 2 tonos (hay que acercarse mucho), mientras que en los otros dos casos se ve fácilmente que hay más de una frecuencia con contenido de energía.

Por último, si escuchamos con atención los 3 tonos resultantes, podemos comprobar que suenan totalmente distinto.

Como detalle, decir que el tono correspondiente a los 50 Hz de anchura suena mal, o como se conoce en el mundo musical, es un sonido disonante, mientras que los otros dos son más o menos consonantes, es decir, suenan de manera agradable al oído. Esto se debe a que algunas combinaciones de tonos de distinta frecuencia fundamental suenan de manera disonante o molesta para el hombre. En este caso, la distancia en frecuencia entre ambos sonidos (intervalo en términos musicales) es casi de una segunda mayor (las frecuencias corresponde aproximadamente a un La#3 y un Do4), por lo que el sonido resultante es disonante para el oído humano ya que todos los intervalos de segunda lo son.

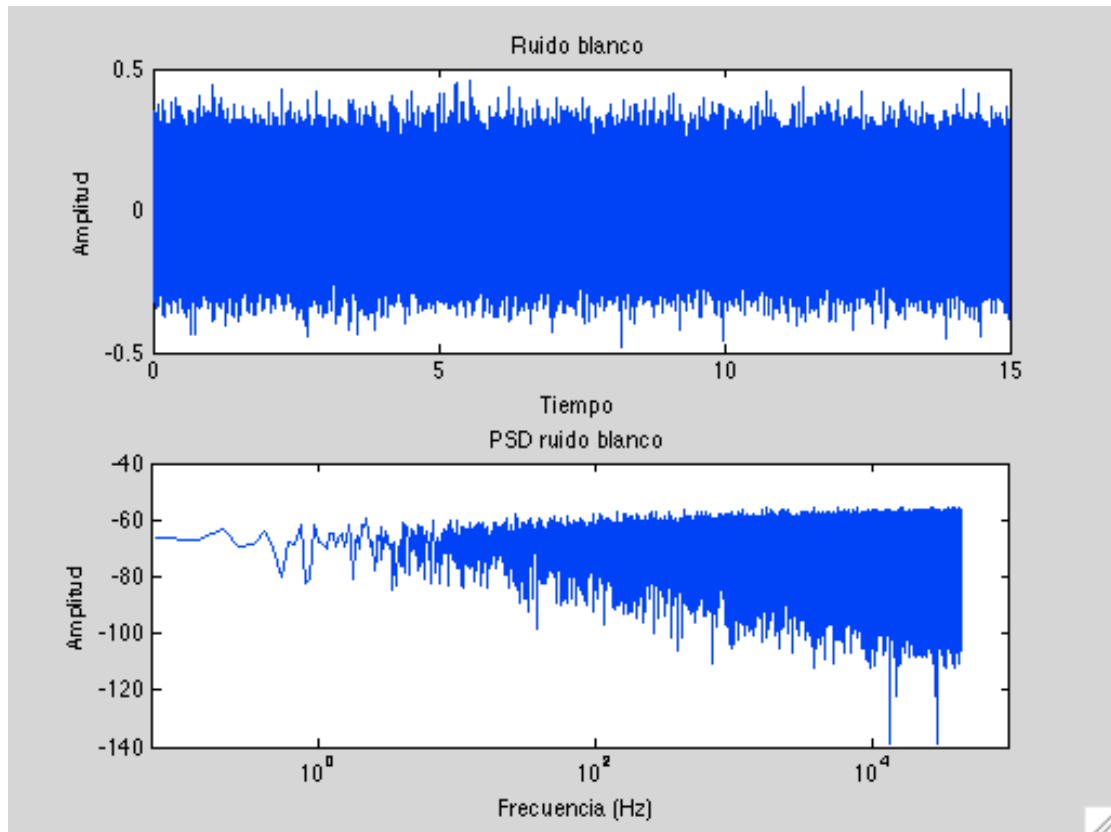
En el tono cuya distancia de frecuencias es de 200 Hz podemos apreciar que el sonido es consonante (agradable) ya que el intervalo entre ambos sonidos (Sol3 - Re4) es de una quinta justa y cualquier combinación de sonidos que estén separados por una quinta justa produce un sonido agradable.

Además, siendo muy fino ya en la escucha de los sonidos, se puede apreciar que en los casos de 50 Hz y 200 Hz se reproducen 2 tonos mientras que para los 5 Hz da la sensación de escuchar sólo uno.

(Al final los 8 años que estuve en el conservatorio han resultado ser una buena inversión y han servido para algo más que frikear intentando componer música con el ordenador xD)

e) Generación de ruido blanco

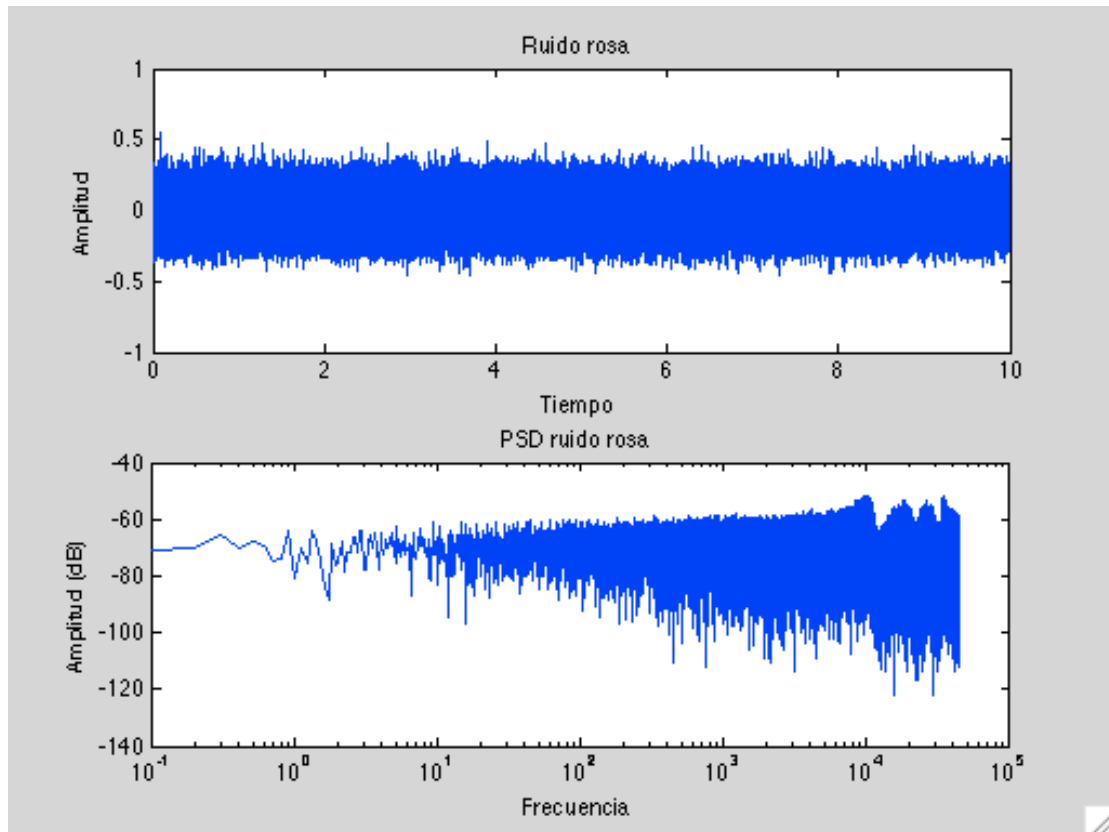
Tras crear un ruido blanco con distribución normal de media 0, desviación típica de 0,1 y una duración de 15 segundos lo representamos junto a su PSD:



Como podemos apreciar en la gráfica anterior, la PSD es casi constante.

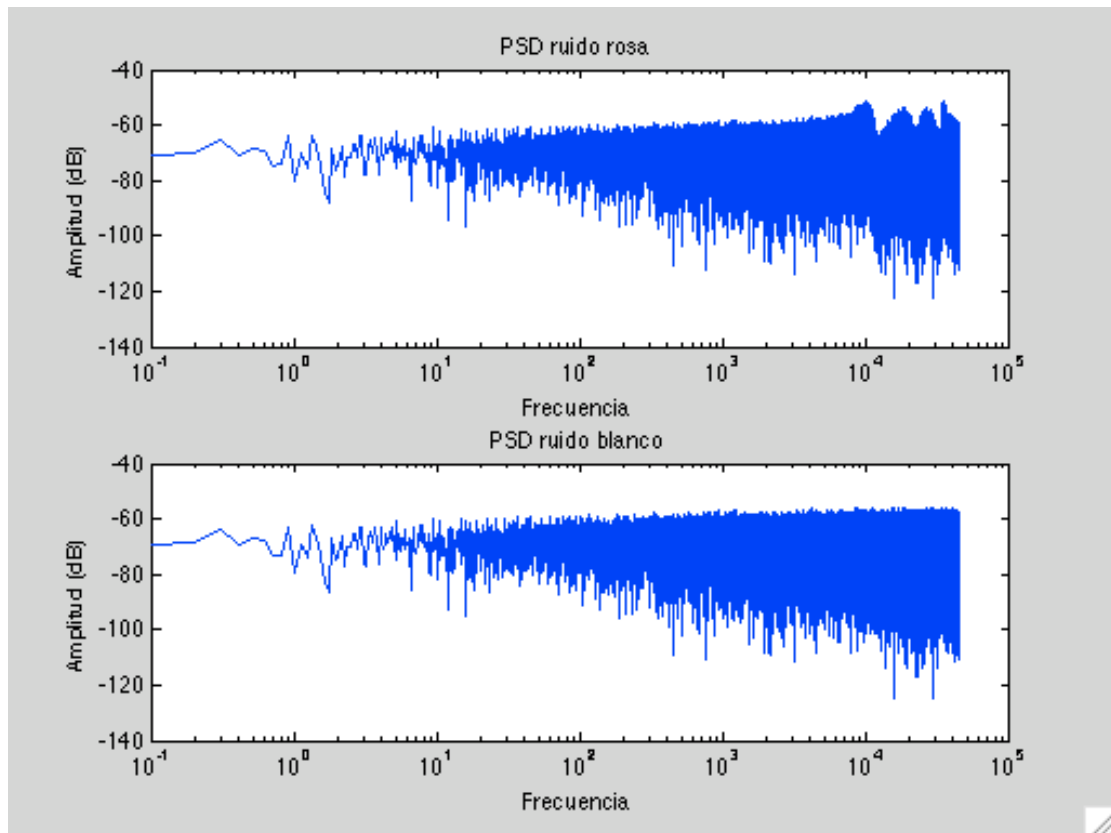
f) Generación de ruido rosa

Generamos un ruido rosa filtrando un ruido blanco según se especifica en el guión y calculamos la densidad espectral obteniendo:



Como vemos, el filtro que hemos construido no es un filtro lo suficientemente bueno como para crear ruido rosa, ya que la PSD del ruido rosa debería de decrecer conforme aumenta la frecuencia.

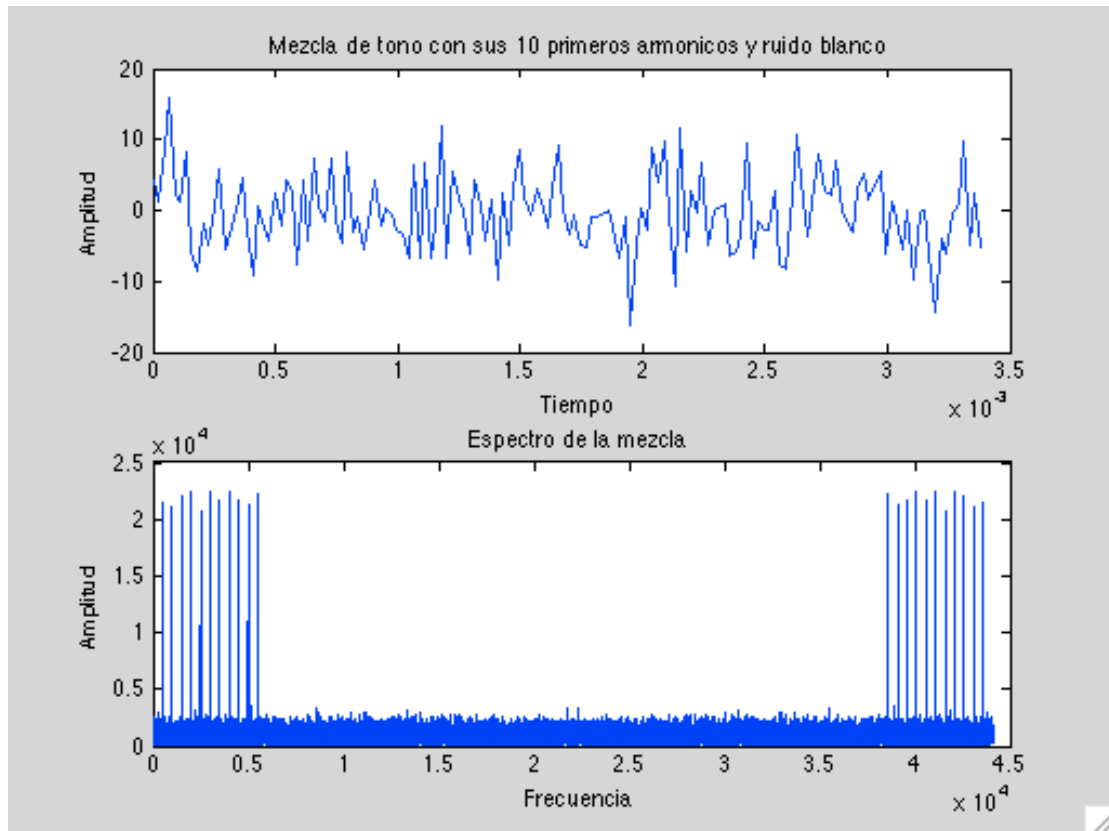
Representamos ahora la PSD del ruido rosa junto con la del ruido blanco que ha originado al primero:



Como vemos, son muy parecidas ambas PSD ya que el comportamiento del filtro no es la correcta.

g) Mezcla de señales

Generamos una señal que va a ser la mezcla resultante de la suma de un tono puro de 500 Hz con sus primeros 10 armónicos y ruido blanco de amplitud menor que la del tono puro. La señal resultante y su espectro se ven reflejados en la siguiente gráfica:



Se aprecia claramente que la señal resultante dista mucho de la de un tono puro con sus primeros diez armónicos pero, si nos fijamos en el espectro, podemos ver que tiene 10 componentes en frecuencia con una energía mayor que además están equiespaciadas y el resto tienen ruido. Por tanto, podríamos deducir que se trata de una señal con sus 10 primeros armónicos que se ha mezclado con ruido.