

LABORATORIO 2: FILTROS FIR EN SEÑALES ANALÓGICAS
REDES DE COMPUTADORES

DIEGO MELLIS Y ANDRÉS MUÑOZ

Profesor:

Carlos Gonzalez Cortes

Ayudantes:

Dany Rubiano

Fernanda Muñoz

Santiago - Chile

11 de mayo de 2018

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En la experiencia pasada se realizó un estudio sobre un tipo de filtro, en el cual para eliminar el ruido se buscó la frecuencia mas alta, para posteriormente generar un rango del 15 por ciento para ambos lados y eliminar el resto de las frecuencias. Pues bien, esto fue el primer acercamiento a los filtros.

En esta experiencia se ahondará mas sobre el tema de los filtros, específicamente, se presenta y desarrollan tres tipos de filtros FIR:

- Filtro Paso Bajo.
- Filtro Paso Alto.
- Filtro Paso Banda.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo de este trabajo, es entender de una mejor forma estos filtros mencionados anteriormente [Cor]. Para ello, se programan estos, en el lenguaje de programación Python. Cabe recalcar que Python tiene muchas librerías con las cuales es posible realizar los diferentes filtros de una manera más sencilla. Además, dispone de librerías para graficar, lo cual servirá mas adelante para realizar los distintos análisis sobre estos gráficos.

1.2 ESTRUCTURA DEL INFORME

Este informe consta primeramente, de un marco teórico, en donde se explican los diferentes conceptos para el correcto entendimiento de este. Luego se muestra el desarrollo de la experiencia en la cual se explica todo lo realizado para obtener los diferentes resultados que se muestran en este capítulo. Posteriormente se realiza un análisis sobre los resultados obtenidos. Finalmente se presenta las conclusiones sobre todo el trabajo realizado.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 FILTROS DIGITALES

Los filtros digitales procesan señales, de tal modo que pueden variar la amplitud, frecuencia o fase (dependiendo del filtro usado) realizando operaciones matemáticas. En palabras simples, se tiene una señal de entrada que se procesa con el filtro para obtener una señal de salida. Cabe destacar que se le llama filtro “digital” debido a su procesamiento interno, y no tiene que ver con el tipo de señal que procesa, de tal forma que se pueden aplicar filtros para señales analógicas o digitales. Aun así el procesamiento interno es digital, por lo que puede ser necesario realizar conversiones de señales analógicas a digitales y posteriormente de digitales a analógicas [Gom10].

2.1.1 Filtro FIR

Estos filtros son los que tienen Respuesta Finita al Impulso (Finite Impulse Response, en ingles), en donde una muestra de salida puede definirse como una combinación lineal de las muestras de entradas actuales y pasadas. Es posible representar la relación lineal con la siguiente ecuación:

$$Y[n] = a_0x[n] + a_1x[n - 1] + a_2x[n - 2] + \dots + a_Nx[n - N] \quad (2.1)$$

Aquella ecuación representa que la muestra actual de la salida $Y[n]$ es igual a la suma de las muestras de entrada actual ($x[n - N]$) multiplicado por sus factores (a_i). Los factores son los coeficientes del filtro.

A continuación se presentan tres tipos de filtros FIR:

2.1.1.1 Filtro Paso Bajo:

Pasarán las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte.

2.1.1.2 Filtro Paso Alto

Pasarán las frecuencias por encima de la frecuencia de corte.

2.1.1.3 Filtro Paso Banda

Pasarán las frecuencias entre dos frecuencias de corte.

2.2 ESPECTROGRAMA

El espectrograma o fonograma corresponde a un gráfico que representa visualmente las variaciones de la frecuencia (eje de las ordenadas), la intensidad de estas frecuencias (con el color) y todo esto en función del tiempo (eje de las abscisas).

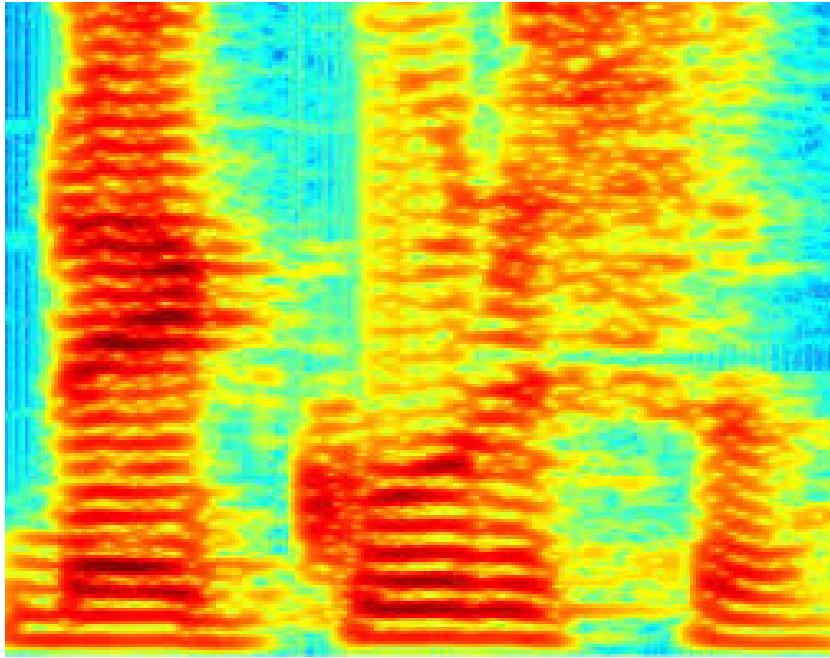


Figura 2-1: Ejemplo de espectrograma

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

3.1 IMPORTAR AUDIO ORIGINAL

La tarea inicial de este laboratorio era importar la señal de audio, que se encontraba en formato *.wav*, y se encontraba disponible en la plataforma de *Usach Virtual*. Una vez obtenidos los datos de esta señal, se procede a generar los gráficos necesarios para una futura comparación con los filtros realizados en el desarrollo de esta experiencia. A continuación se muestra cada uno de los gráficos obtenidos, en base a lo que se desarrolló con el lenguaje de programación *Python3*, usando las librerías *Scipy*, *Matplotlib* y *Numpy*. Cabe destacar, que las funciones utilizadas para los tres gráficos que vienen a continuación, también fueron utilizadas en el laboratorio anterior.

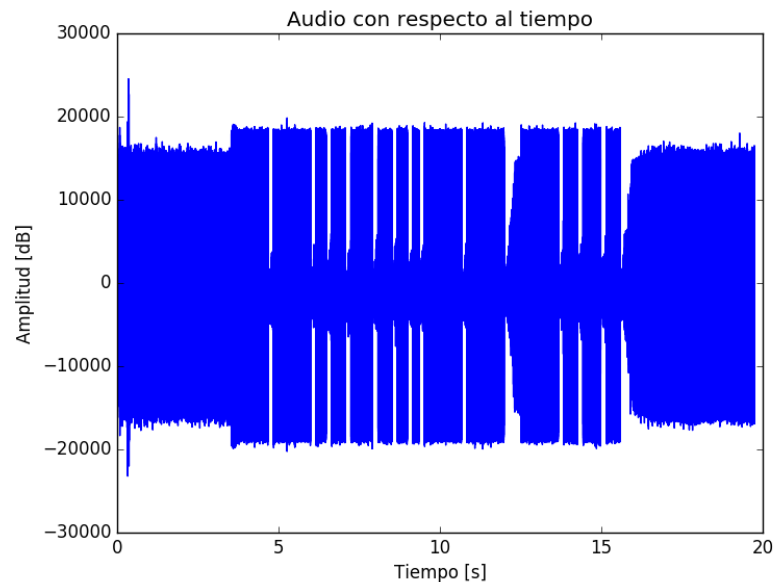


Figura 3-1: Gráfico de Audio Original, Amplitud vs Tiempo

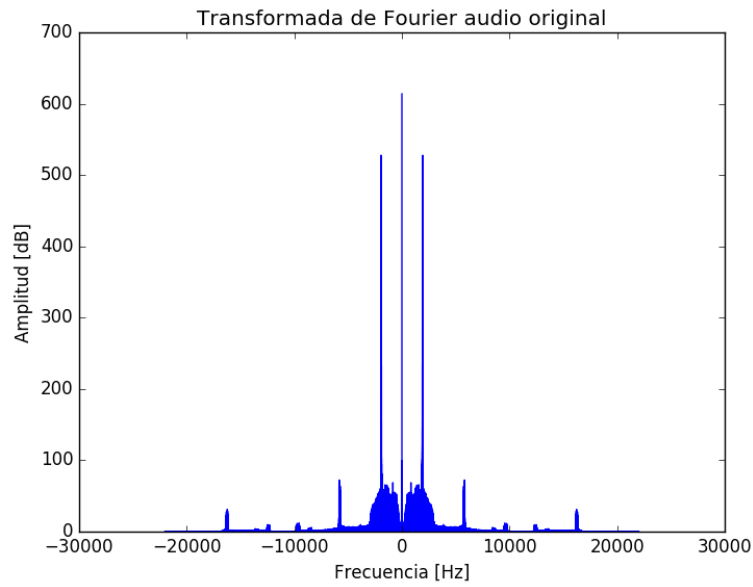


Figura 3-2: Gráfico de Transformada Original, Amplitud vs Frecuencia

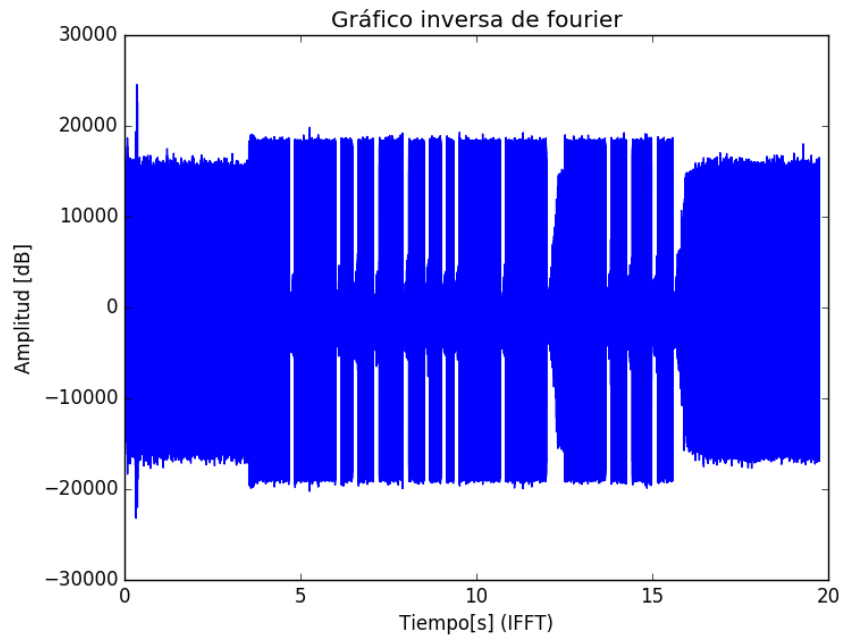


Figura 3-3: Gráfico de Transformada Inversa Original, Amplitud vs Tiempo

3.2 MOSTRAR EL ESPECTROGRAMA DEL AUDIO ORIGINAL

Una de las exigencias de este laboratorio, era mostrar el espectrograma del audio original. La finalidad de esto, es poder estudiar en qué frecuencias hacer el corte para los filtros que vienen a continuación. El espectrograma del audio original es el siguiente:

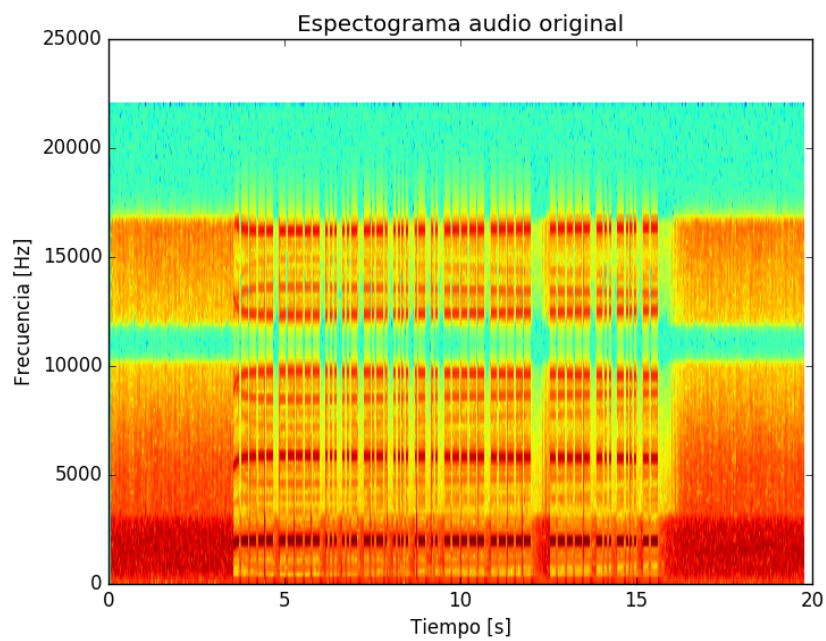


Figura 3-4: Gráfico de Espectrograma Original, Frecuencia vs Tiempo

3.3 FILTRO FIR PASO BAJO

Con motivos de tener un mejor análisis y así, poder comparar los distintos filtros se ha separado bajo estos puntos, presentándose en primera instancia, el filtro FIR paso bajo. A continuación, se presentan los gráficos obtenidos, después de haber aplicado el filtro. Las funciones utilizadas se pueden revisar en el código que se encuentra debidamente comentado.

Para el filtro FIR paso bajo, se utiliza una frecuencia de corte de 1200 [Hz].

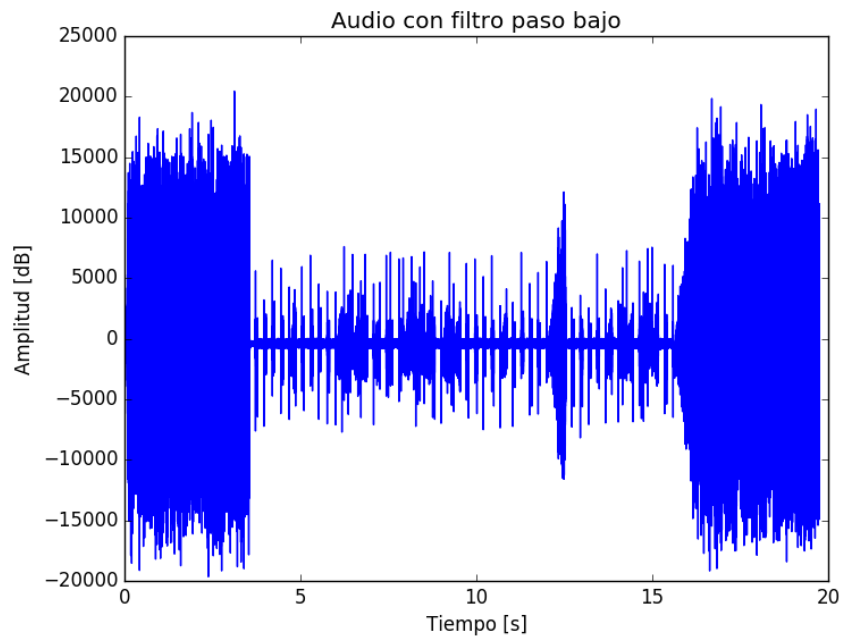


Figura 3-5: Gráfico de Audio Paso Bajo, Amplitud vs Tiempo

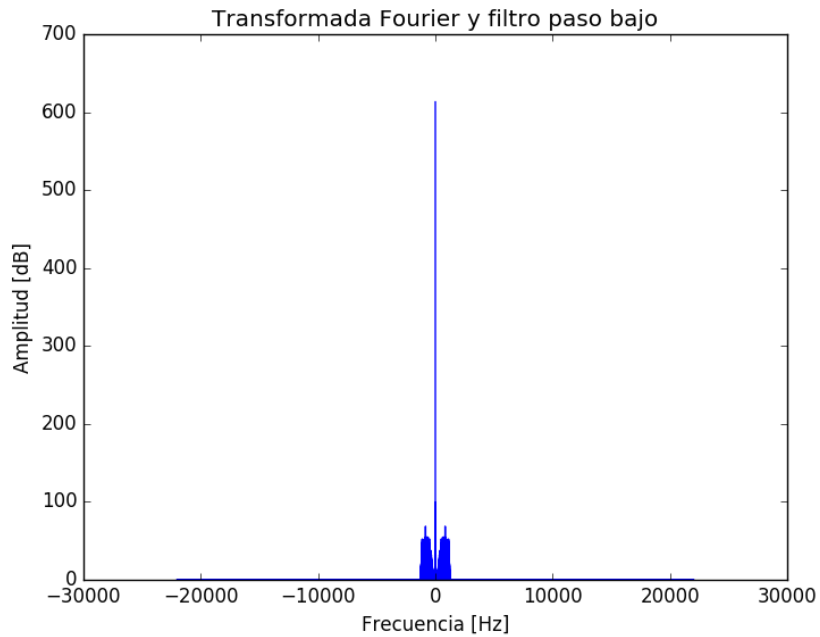


Figura 3-6: Gráfico de Transformada Paso Bajo, Amplitud vs Frecuencia

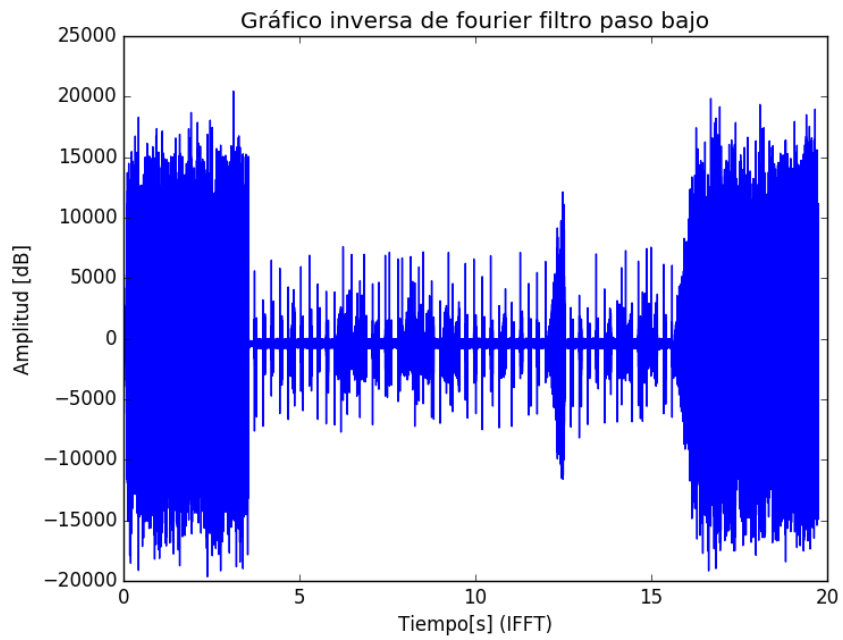


Figura 3-7: Gráfico de Transformada Inversa Paso Bajo, Amplitud vs Tiempo

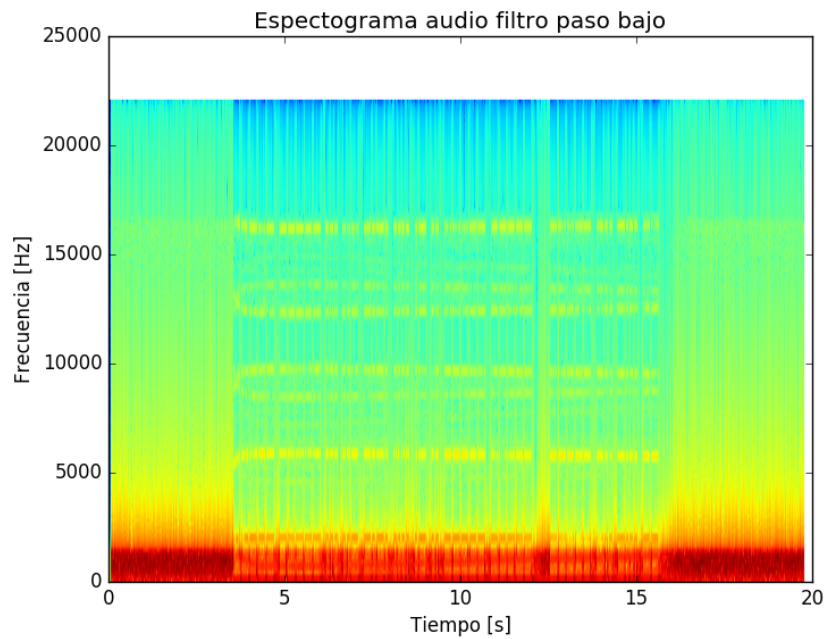


Figura 3-8: Gráfico de Espectrograma Paso Bajo, Frecuencia vs Tiempo

3.4 FILTRO FIR PASO ALTO

En esta sección se muestran los gráficos obtenidos después de aplicar un filtro paso alto. La frecuencia de corte que se utiliza en este filtro es de 8000[Hz]. A continuación, se presentan todos los gráficos:

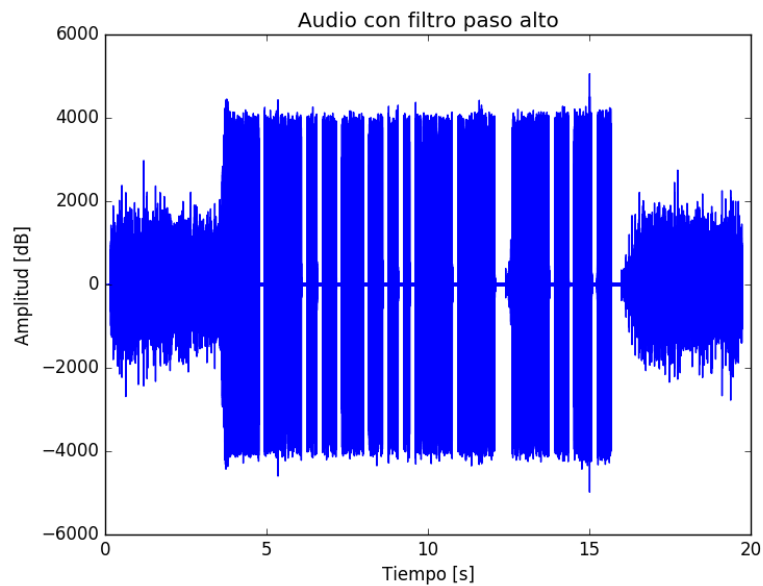


Figura 3-9: Gráfico de Audio Paso Alto, Amplitud vs Tiempo

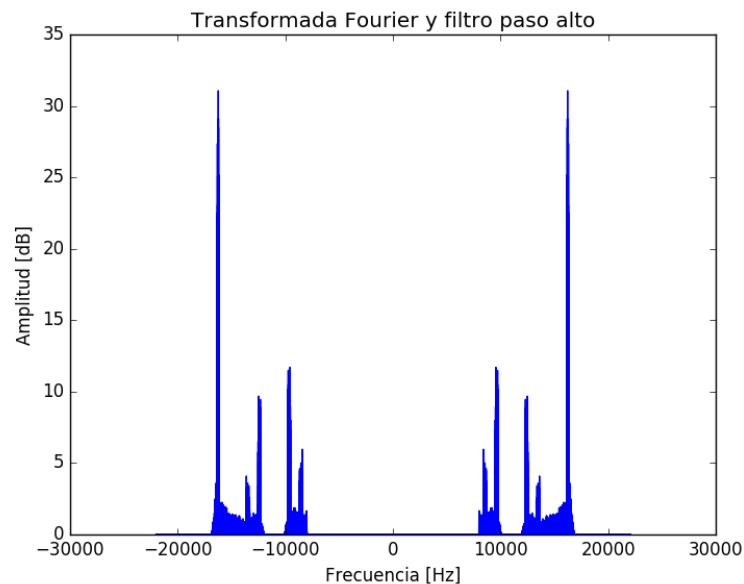
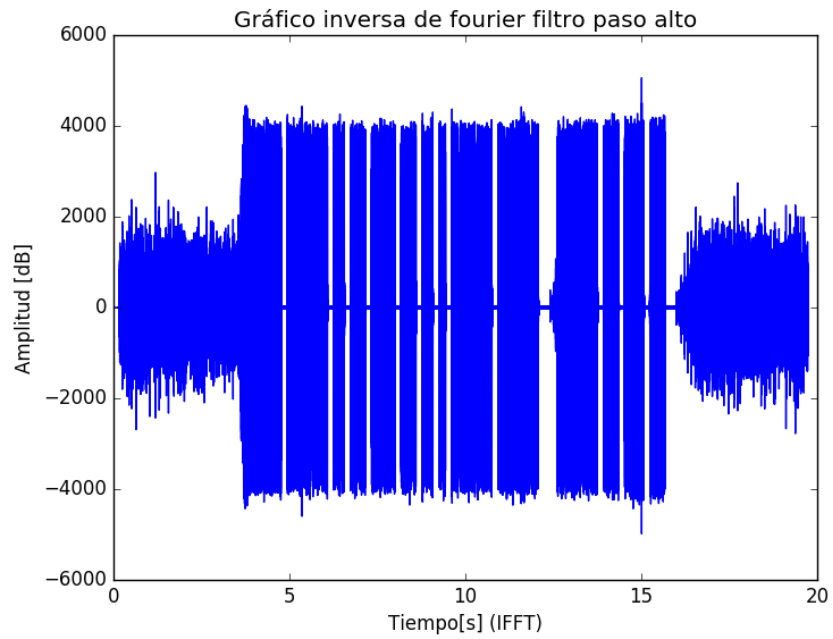
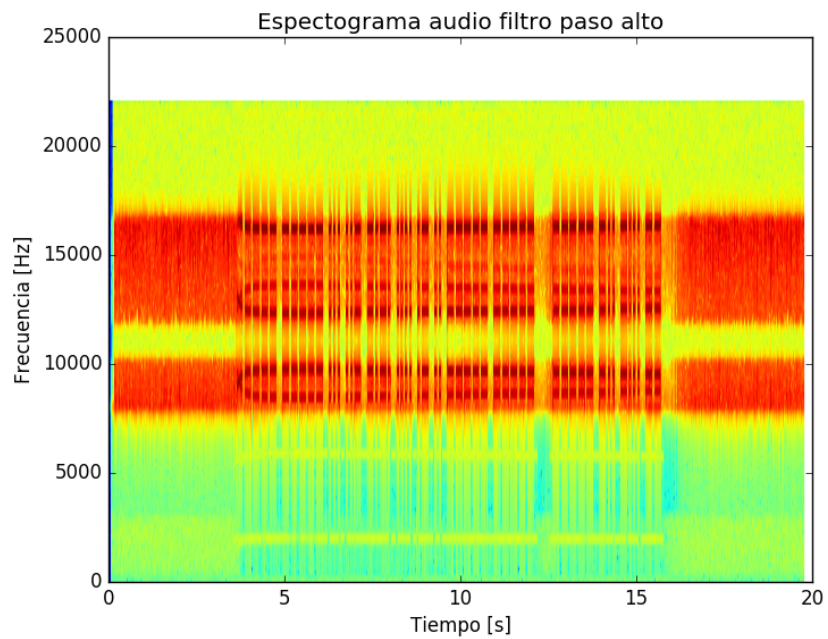


Figura 3-10: Gráfico de Transformada Paso Alto, Amplitud vs Frecuencia*Figura 3-11: Gráfico de Transformada Inversa Paso Alto, Amplitud vs Tiempo**Figura 3-12: Gráfico de Espectrograma Paso Alto, Frecuencia vs Tiempo*

3.5 FILTRO FIR PASO BANDA

Esta sección corresponde a los gráficos obtenidos con el filtro FIR paso banda. Las frecuencias utilizadas para este filtro, dado que es un rango, son de 3000 [Hz] y 8000 [Hz] respectivamente. A continuación, se muestran los gráficos.

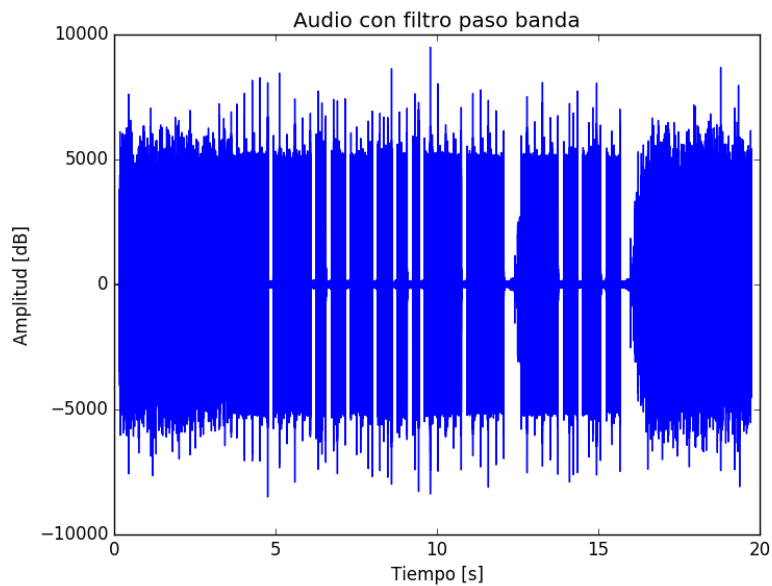


Figura 3-13: Gráfico de Audio Paso Banda, Amplitud vs Tiempo

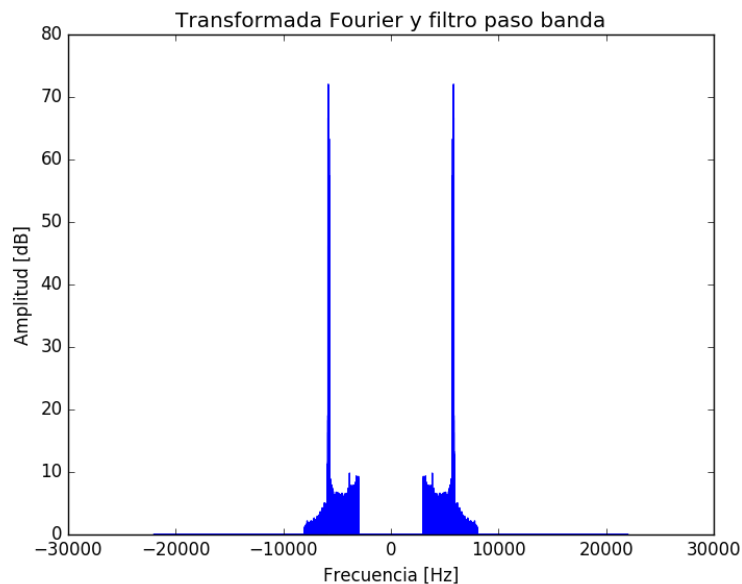


Figura 3-14: Gráfico de Transformada Paso Banda, Amplitud vs Frecuencia

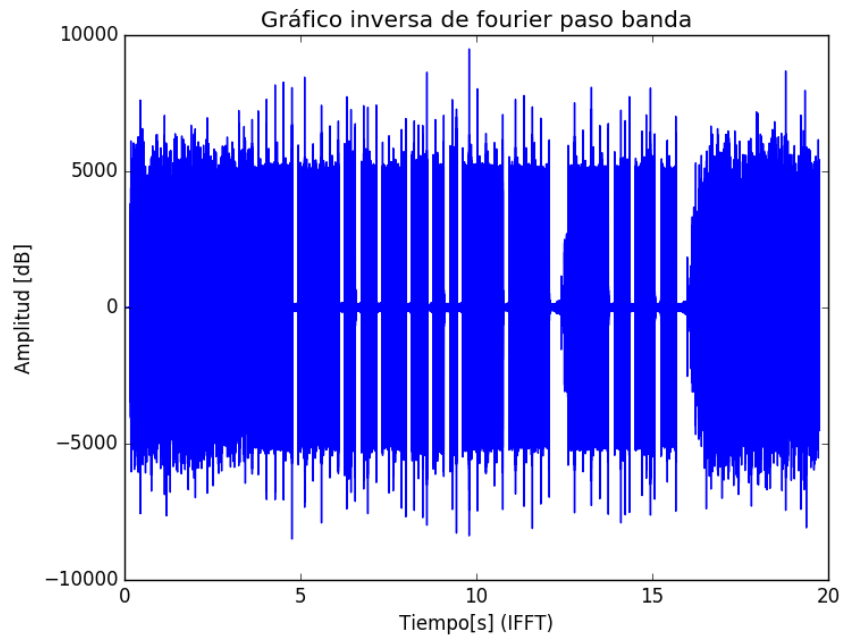


Figura 3-15: Gráfico de Transformada Inversa Paso Banda, Amplitud vs Tiempo

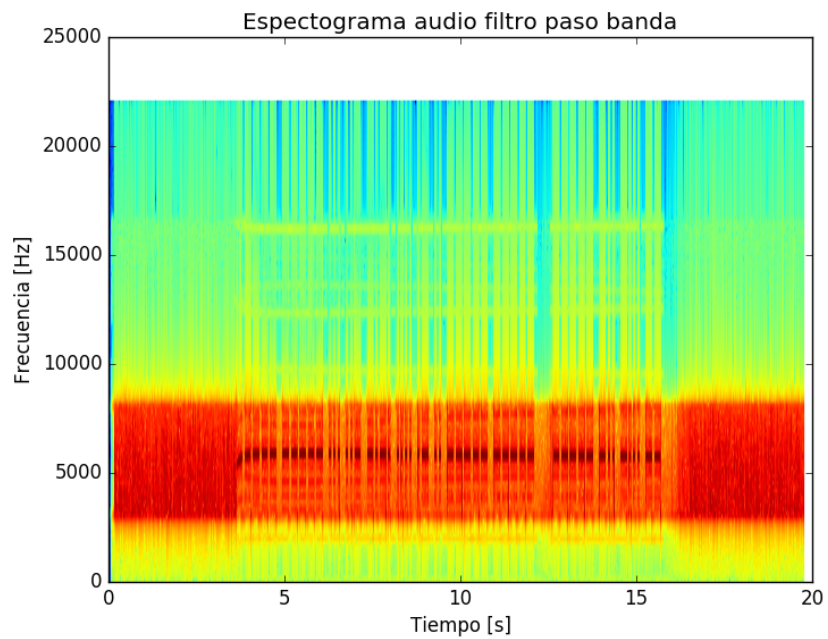


Figura 3-16: Gráfico de Espectrograma Paso Banda, Frecuencia vs Tiempo

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ESPECTROGRAMA DEL AUDIO ORIGINAL

La información en la figura 3-4 muestra que aquellos puntos en donde el color es rojizo, anaranjado o amarillo, es en donde se encuentra la mayor intensidad de frecuencias en el audio. Por lo tanto, al observar la figura mencionada anteriormente, existen dos rangos significativos: de 0[Hz] a 10000[Hz] y 12000[Hz] a 17000 [Hz] aproximadamente. Otra cosa que se puede destacar, es que en el rango que separa a estos dos intervalos existe una intensidad menor. Este audio inicialmente presenta mucho ruido, siendo esto, la principal causa de que el espectrograma presente alta intensidad de colores rojizos. Todo lo mencionado anteriormente, ha sido fundamental para definir bajo que valores realizar los filtros.

4.2 FILTRO FIR PASO BAJO

Este filtro busca que las frecuencias que estén sobre la frecuencia de corte elegida, sean atenuadas con la finalidad de obtener menor ruido y esto se puede notar en la figura 3-6 en donde las frecuencias se concentran principalmente entre 0[Hz] y 2500 [Hz] aproximadamente, es decir, las frecuencias bajas. Además al observar el espectrograma de la figura 3-8, se aprecia que la intensidad de las frecuencias bajas es mayor que el resto de las frecuencias, a lo largo de todo el tiempo que dura la señal. Esto, si bien es cierto, reduce el ruido, sigue siendo un filtro poco efectivo, ya que al ser frecuencias bajas, el audio resultante se escuchará grave.

4.3 FILTRO FIR PASO ALTO

El filtro paso alto, busca que pasen solo las frecuencias altas desde la frecuencia de corte elegida. Como se aprecia en la figura 3-10, las frecuencias que se encuentra bajo los 8000[Hz] aproximadamente, tienen valor cero, esto quiere decir, como se mencionaba

anteriormente, que el filtro no las hizo pasar, quedando solamente las frecuencias que están sobre los 8000[Hz]. Con la ayuda del espectrograma de la figura 3-12 se observa que se mantuvo la intensidad de las frecuencias sobre la frecuencia mencionada anteriormente, siendo estas, las únicas con una intensidad mayor, reduciendo así el ruido, pero esta vez, el audio resulta escucharse más agudo, ya que las frecuencias bajas no son significativas por consecuencia de este filtro.

4.4 FILTRO FIR PASO BANDA

Este filtro necesitas dos frecuencias de corte, ya que consiste en filtrar las frecuencias en un rango, es decir, que se atenúan todas las frecuencias que no se encuentran dentro de este rango. El rango escogido, de manera visual, fue de 3000[Hz] a 8000[Hz]. Ahora, si se observa la figura 3-14, es donde más se concentran las frecuencias, siendo las otras nulas. El espectrograma de la figura 3-16, muestra que entre los 3000[Hz] y 8000[Hz], es en donde hay una mayor intensidad de frecuencias, atenuando las que no se encuentran en este rango. Este filtro ha eliminado de manera más efectiva el ruido en comparación a los filtros anteriores.

4.5 AUDIOS RESULTANTES

A medida que se fueron aplicando los filtros, el filtro paso bajo en comparación al audio original, ha originado un audio que no tiene frecuencias altas que si bien está filtrado no resulta ser el mejor. Por otro lado, se tiene el filtro paso alto y paso banda, que dan como resultado audios de frecuencias altas, por lo tanto, agudas. Estos filtros, reducen el ruido de manera significativa pero quien lleva la delantera es el filtro paso banda, ya que al acotar las frecuencias en un rango elegido, permite moldear el audio a conveniencia para reducir mejor el ruido.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIÓN

En este laboratorio, ha sido posible desarrollar los objetivos planteados, ya que, se ha realizado a completitud la implementación de los filtros FIR que se mencionaron durante todo este trabajo, es decir, filtro paso bajo, paso alto y paso banda respectivamente.

Por medio del estudio y el análisis de los resultados obtenidos en este laboratorio, se puede decir que la efectividad del filtro depende de la señal y las frecuencias que esta tenga, ya que, gracias al espectrograma que se obtiene de una señal, es posible visualizar que rango de frecuencias presenta mayor intensidad, permitiendo así, escoger las frecuencias de corte que mejor se adecúen a la señal estudiada, esto quiere decir, que no para todas las señales es efectivo el mismo filtro aplicado en esta experiencia.

Finalmente, gracias al análisis respectivo que se desarrolló anteriormente, se puede concluir que el mejor filtro FIR para esta experiencia, ha resultado ser el filtro paso banda y que las frecuencias de corte elegidas (3000 [Hz] y 8000[Hz]) dan como resultado, prácticamente un audio sin ruido.

CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

[Gom10] Eduardo Gomez. *Introducción al filtrado digital*. 2009-2010.

[Cor] Carlos González Cortés. *Laboratorio 2: Filtros digitales FIR*.