

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



Laboratorio 1

Integrantes: Cristhofer Parada Salazar

Jose Toro Bustos

Curso: Redes de computadores

Profesor: Alejandro Catalan Monsalve

Ayudante: Miguel Salinas González

11 de Octubre de 2022

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
2. Marco Teórico	2
3. Desarrollo de la experiencia	3
3.1. Obtención de las señales de audio	3
3.2. Lectura de las señales de audio	3
3.3. Gráfico de las señales de audio en el tiempo	3
3.4. Cálculo de la transformada de Fourier de las señales de audio	4
3.4.1. Gráfico de la señal en el dominio de la frecuencia	4
3.4.2. Cálculo de la transformada de Fourier inversa	4
3.4.3. Comparación con la gráfica en el punto 1	4
3.5. Espectrograma de cada una de los señales	4
3.6. Aplicación de ruido	5
3.7. Filtrar el ruido de la señal ruidosa	5
4. Análisis de resultados	7
4.1. Preguntas actividad 6	7
4.2. Preguntas actividad 7	7
4.3. Preguntas actividad 8	7
4.4. Preguntas actividad 9	8
5. Conclusión	9
Bibliografía	10
6. Anexo	11

1. Introducción

La importancia de las redes de computadores en nuestra actualidad se ha vuelto algo de suma importancia, casi indispensable, la transmisión de información es algo que se viene dando desde siempre, actualmente las formas de transmitir dicha información es casi en su totalidad utilizando señales eléctricas, debido a su facilidad con la que se pueden controlar, amplificar y digitalizar para posteriormente ser manipulada. Con lo expuesto anteriormente nace la finalidad de esta experiencia n°1 de laboratorio de la asignatura Redes de Computadores, que tiene como principal objetivo el estudio de las señales de audio utilizando herramientas de programación, en este caso Python 3, y la transformada de Fourier que en su conjunto permitirán el estudio de señales de audio grabadas, las cuales serán analizadas a través de gráficos y espectrogramas.

Adicionalmente, se agregará un ruido rosa a una de las señales de audio grabadas para luego diseñar un filtro IIR y filtrar la señal de audio introducida.

2. Marco Teórico

En esta sección se definirán diversos conceptos que se presentan a lo largo del presente informe, debido a esto se considera relevante la comprensión de estos mismos para facilitar el correcto entendimiento del trabajo realizado.

Señal: Variación de una corriente eléctrica u otra magnitud que se utiliza para transmitir información. (RAE (2021))

Señal análoga: Señales en las cuales la intensidad varia suavemente en el tiempo, pudiendo tomar cualquier valor en el tiempo. (Barcell (2014))

Señal digital: Señales en las cuales la intensidad se mantiene durante intervalos de tiempo, pudiendo tomar solo valores discretos. (Barcell (2014))

Frecuencia: Razón en la cual la señal se repite, numero de periodos por segundo, medida en ciclos por segundo o Herzios. (Barcell (2014))

Transformada de Fourier: Transformación matemática usada para transformar señales entre un dominio de tiempo o espacio, al dominio de la frecuencia, permitiendo poder trabajar y analizar señales

Espectrograma: Gráfica en tres dimensiones utilizada para visualizar información en los dominios de tiempo y frecuencia

Ruido: se define como toda componente de tensión o intensidad no deseada que pueda superponerse con alguna componente de la señal que se procesa.

Filtro: Operación matemática que toma en este caso, una señal de entrada y la modifica generando a si otra secuencia, atenuando o intensificando ciertas características

Filtro IIR: Respuesta infinita a un impulso, la respuesta nunca vuelve a reposo

3. Desarrollo de la experiencia

3.1. Obtención de las señales de audio

Para el desarrollo de la actividad, se crearon dos señales de audio, una por estudiante, donde cada uno debe decir su nombre y apellido seguido de su rutificador. Estas señales de audio fueron creadas utilizando una aplicación de grabadora de voz de Windows para posteriormente ser convertidas de formato m4a a wav, también se utilizó una grabadora de voz por defecto de un dispositivo móvil la cual graba directamente en formato wav.

3.2. Lectura de las señales de audio

Para realizar la lectura de las señales de audio grabadas se utilizó la función **read()** de la librería **SciPy** la cual recibe como parámetro el nombre del archivo a leer con su extensión y retorna dos resultados.

1. La frecuencia de muestreo de la señal.
2. El arreglo de amplitudes del archivo leído.

3.3. Gráfico de las señales de audio en el tiempo

Para poder realizar el gráfico de una señal, se debe tener una lista que corresponda al eje del tiempo donde cada posición de esta lista, corresponde con un segundo específico de la señal, para construir esta lista en cuestión, se utiliza la librería **Numpy** de Python, la cual ofrece la función **linspace()**, donde los parámetros de entrada de dicha función son el tiempo inicial (0), la dirección de la señal y la cantidad de elementos de la lista que representa la señal. La duración de la señal ingresada en la función es calculada mediante la división de la cantidad de elementos presentes en la lista, sobre la frecuencia de muestreo de la señal, todo esto con el fin de realizar una nueva lista donde cada elemento de tiempo este asociado a una determinada amplitud, luego para realizar el gráfico en cuestión se utiliza la librería **matplotlib** también presente en Python, donde el eje X corresponde al tiempo, el eje Y a la amplitud.

Véase las imágenes **1** y **2** con los gráficos de los audios.

3.4. Cálculo de la transformada de Fourier de las señales de audio

Para calcular la transformada de Fourier se utiliza la función `fft()`, por otra parte, para obtener el dominio de la frecuencia se utiliza `fftfreq()`, ambas funciones se encuentran en la librería SciPy de Python.

3.4.1. Gráfico de la señal en el dominio de la frecuencia

Teniendo calculada la transformada de Fourier y su dominio, es posible realizar el gráfico de esta misma.

Véase las imágenes **3** y **4** con los gráficos de las transformadas de Fourier de los audios.

3.4.2. Cálculo de la transformada de Fourier inversa

Para realizar el cálculo de la transformada de Fourier inversa, se utiliza la función `ifft`, también presente en SciPy, debido a que se pasa del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo, el gráfico tiene como eje X el tiempo, y como eje Y los valores obtenidos por la transformada inversa de Fourier.

Véase las imágenes **5** y **6** con los gráficos de las inversas de las transformadas de Fourier de los audios.

3.4.3. Comparación con la gráfica en el punto 1

Teóricamente al aplicar la transformada de Fourier inversa sobre una transformada de Fourier se obtiene la señal original en el dominio del tiempo, sin embargo, este no fue el caso, esto puede deberse a diversos factores entre los cuales se encuentran el origen de la señal de entrada, ya que, al realizar este mismo proceso con uno de los audios proporcionados, la transformada inversa si es igual a la señal inicial.

3.5. Espectrograma de cada una de las señales

Un espectrograma permite visualizar la señal en el dominio de la frecuencia y el tiempo a la vez, para ello el gráfico tiene como eje x el tiempo, como eje y la frecuencia,

mostrando los valores de la transformada de Fourier mediante colores.

En la sección de Anexos, las imágenes **7** y **8** corresponden a los espectrogramas de las señales de Cristhofer y José respectivamente.

3.6. Aplicación de ruido

Se solicita elegir una señal entre las diferentes entregadas, siendo estas señales diversos tipos de ruido: azul, marrón, rosa y violeta, siendo seleccionada la señal de ruido rosa, posteriormente también se solicita sumarle este ruido a una de las señales de entrada, siendo esta señal de entrada el audio de Cristhofer Parada, para realizar este procedimiento se debió igualar la frecuencia de la señal de ruido mediante la función **resample()** de SciPy, luego ambas señales fueron sumadas, generando de esta forma una nueva señal, luego a esta nueva señal ruidosa, se le realiza el mismo proceso de que a las señales anteriores.

En la sección de Anexo, en las imágenes **9**, **10**, **11** y **12** se encuentran los gráficos correspondientes a la señal, su transformada, su inversa y el espectrograma de la señal.

3.7. Filtrar el ruido de la señal ruidosa

Mediante la función **butter()** se implementan tres filtros IIR, los cuales corresponden a un filtro bandpass el cual se encuentra entre las frecuencias de corte 500[Hz] y 4900[Hz], atenuando de esta forma las frecuencias que no estén dentro del rango, otro los otros dos filtros son lowpass, uno tiene una frecuencia de corte de 8000[Hz] y el otro de 5000[Hz], ambos filtros atenúan todas las frecuencias que se encuentren por sobre su corte, por ultimo, se escoge el filtro lowpass con una frecuencia de corte de 8000[Hz] para continuar con la actividad, las frecuencias de corte seleccionadas se deben al resultado de la observación de los espectrogramas de la señal de entrada utilizada y la señal del ruido seleccionado, los rangos fueron normalizados para poder utilizarlos junto con la función **butter()** y así aplicar los filtros con el uso de la función **filtfilt()** la cual recibe un filtro y lo aplica a una señal dada.

Las imágenes **13**, **14**, **15** y **16** corresponden a los gráficos del audio de Cristhofer agregado al ruido rosa, su transformada, su inversa y su espectrograma respectivamente. Finalmente

en las imágenes **17** y **18** se encuentra el gráfico de la transformada del audio filtrado y su espectrograma respectivamente.

4. Análisis de resultados

En esta sección se busca responder y explicar las diversas preguntas propuestas en la experiencia en base a los resultados obtenidos.

4.1. Preguntas actividad 6

Dependiendo del gráfico en cuestión podremos obtener diversa información. con el gráfico en el dominio del tiempo podemos observar la variación de la amplitud en función del tiempo, para el gráfico en el dominio de la frecuencia podemos nuevamente observar la variación de la amplitud pero ahora en función de la frecuencia, con el espectrograma podemos obtener información respecto al tiempo, frecuencia y amplitud. Las frecuencias mas importantes del espectrograma correspondiente al audio de entrada de Cristhofer Parada, esta entre los rangos de 0[Hz] a 6000[Hz] aproximadamente, que es la zona donde se observa una mayor amplitud a través del tiempo.

4.2. Preguntas actividad 7

El nombre del ruido si tiene relación con sus características ya que proviene de la apariencia de la luz visible de su espectro, el ruido en cuestión abarca frecuencias entre los 20[Hz]y los 20[kHz] aproximadamente. si bien no es posible diferenciar el audio original en la señal ruidosa, al momento de analizar los espectrogramas en cuestión(de la señal original, del ruido rosa y de la señal ruidosa) se logra ver a simple vista que la señal original se ve muy afectada por el ruido rosa, siendo de esta forma casi imposible el lograr filtrarlo, al menos con las herramientas de las que disponemos actualmente. (Downy (2012))

4.3. Preguntas actividad 8

La elección de las frecuencias de corte escogidas como se mencionó con anterioridad corresponden a los valores que se pueden diferenciar de los espectrogramas de la señal de audio de Cristhofer Parada y del ruido rosa.

4.4. Preguntas actividad 9

No es posible recuperar la señal original utilizando filtros, debido a que el ruido y la señal original comparten amplitudes para una misma frecuencia, siendo de esta forma posible disminuir en parte el ruido para frecuencias que no nos interesen, sin embargo, sería imposible recuperar el audio original a partir de la señal ruidosa. Por otra parte es posible observar que en el dominio del tiempo la amplitud cambia, aumentando en comparación con la señal original además de cambiar su frecuencia.

5. Conclusión

A lo largo del laboratorio se presentaron diversos problemas menores, que fueron rápidamente solucionados revisando la documentación de las diversas librerías empleadas, sin embargo, no todos los problemas fueron menores, durante el desarrollo de la experiencia se presento un error el cual tomo bastante tiempo encontrar la solución, este problema era que al momento de utilizar la función **read()** para leer nuestra señal de entrada, estas no se almacenaban de la manera esperada, la cual era una lista de una dimensión, debido a esto no se podía graficar el espectrograma, este error fue solucionado de forma temporal transformando la señal que venia en forma de matriz de $2 \times N$ que nos entregaba la lectura a una lista de una dimensión, luego esta solución fue implementada en una función que revisa si al momento de leer una señal de entrada esta se almacena o no en una dimensión, realizando la transformación correspondiente para poder trabajar sin problemas futuros.

Bibliografía

Barcell, F. (2014). Concepto sobre señales.

Downy, A. (2012). Think complexity. o'reilly media. p. 79. isbn 978-1-4493-1463-7. visible light with this power spectrum looks pink, hence the name.

RAE, R. A. E. (2021). Diccionario de la lengua española. <https://www.rae.es/>.

6. Anexo

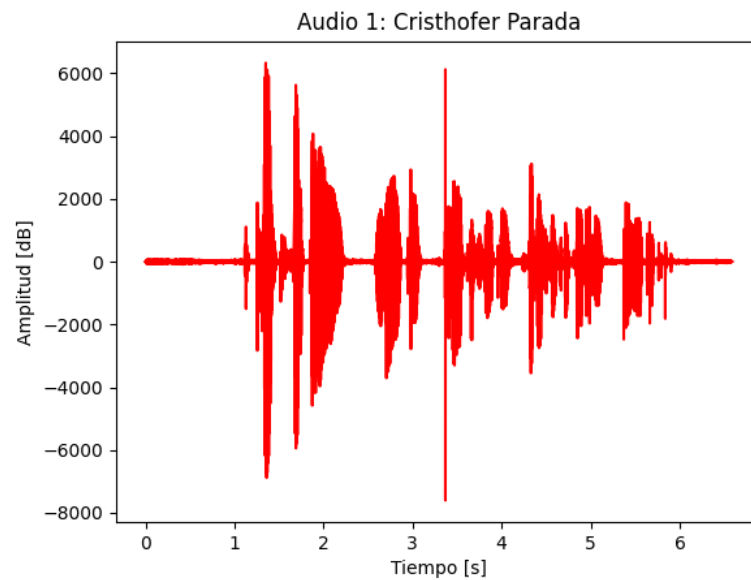


Figura 1: Gráfico de la señal de audio de Cristhofer Parada

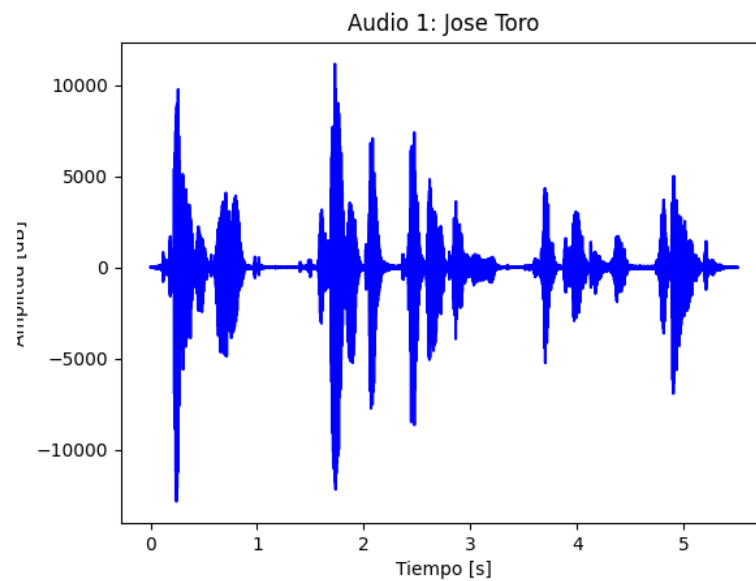


Figura 2: Gráfico de la señal de audio de José Toro

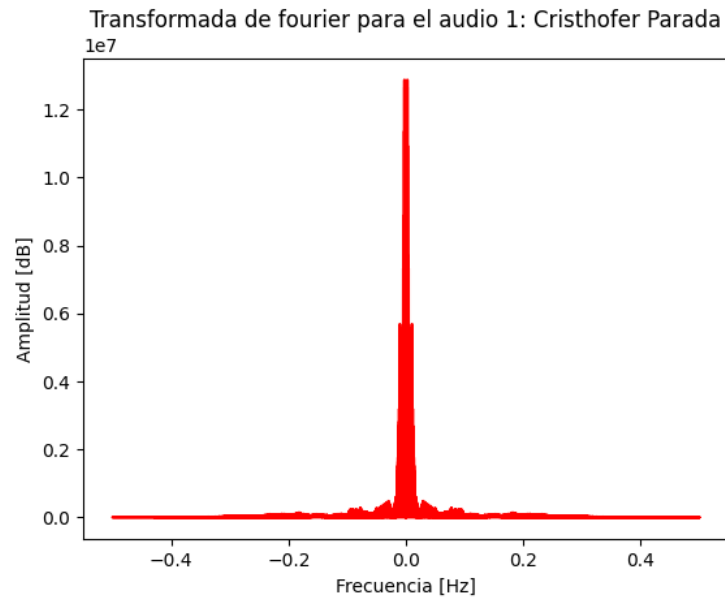


Figura 3: Gráfico de la transformada de la señal de audio de Cristhofer Parada

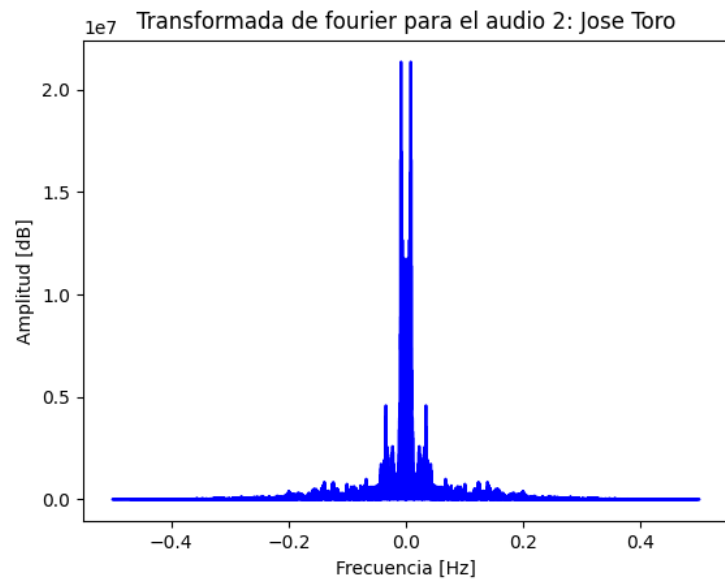


Figura 4: Gráfico de la transformada de la señal de audio de José Toro

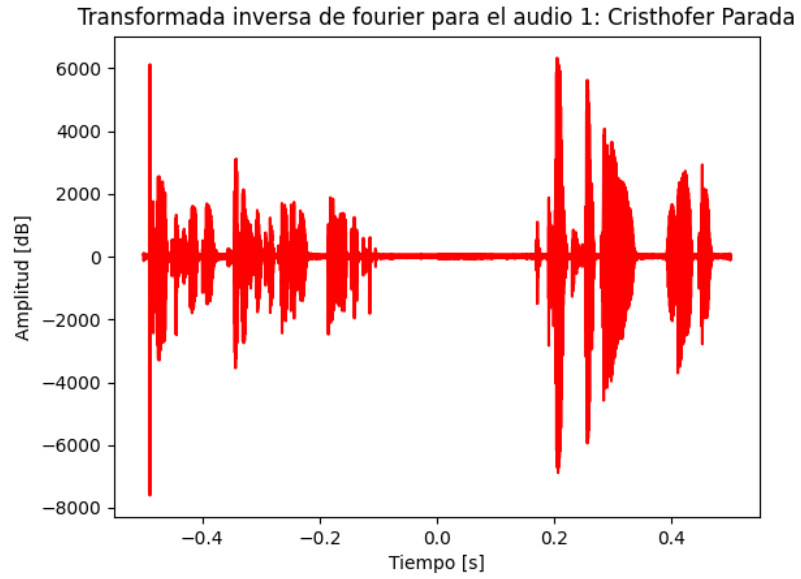


Figura 5: Gráfico de la inversa de la señal de audio de Cristhofer Parada

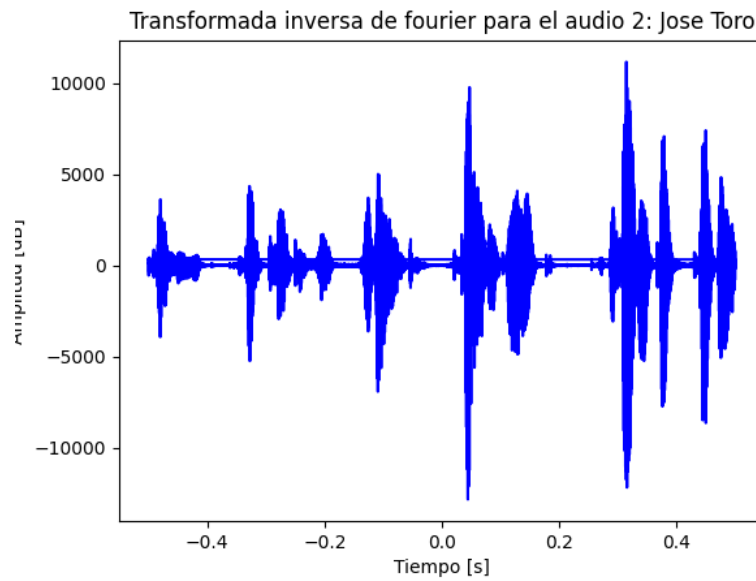


Figura 6: Gráfico de la inversa de la señal de audio de José Toro

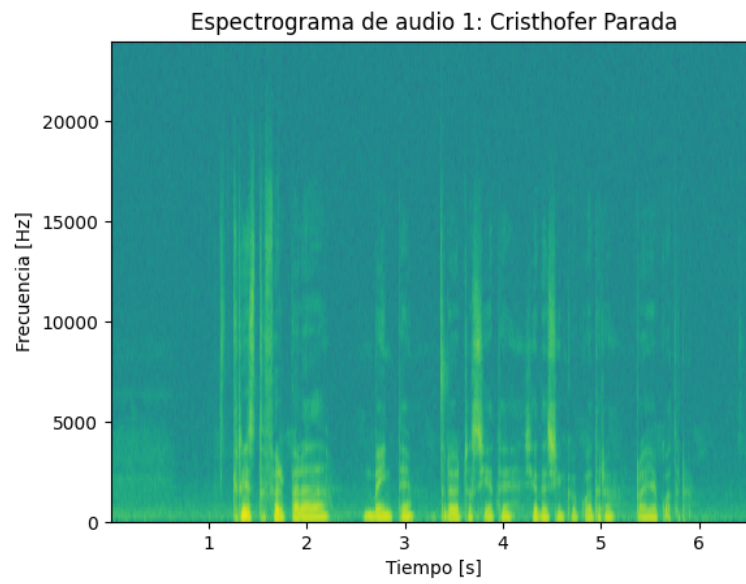


Figura 7: Espectrograma del audio de Cristhofer Parada

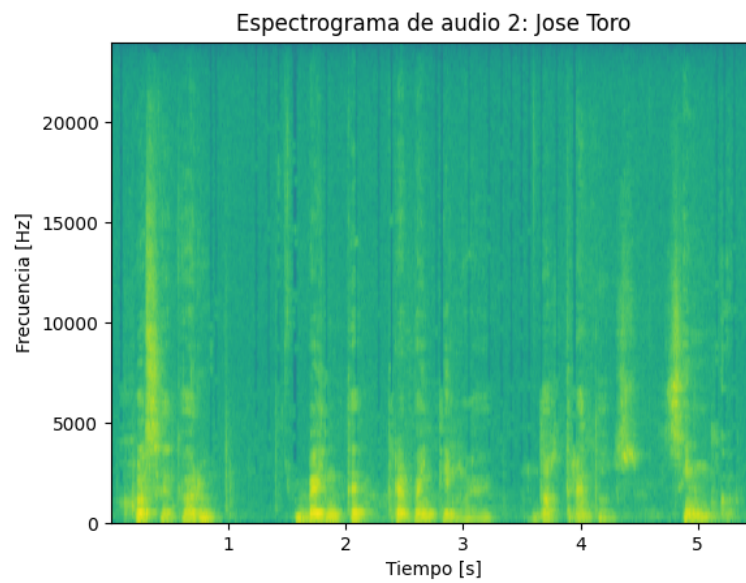


Figura 8: Espectrograma del audio de José Toro

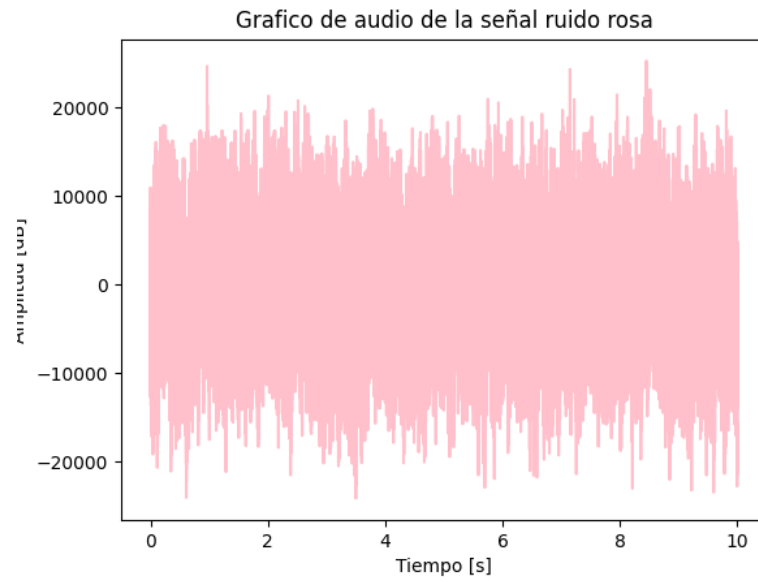


Figura 9: Gráfico de la señal de audio Ruido Rosa

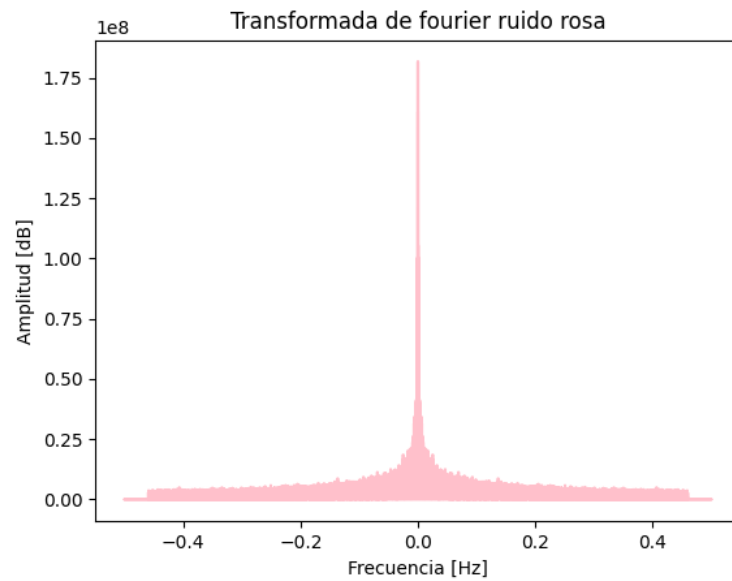


Figura 10: Gráfico de la transformada de la señal de audio Ruido Rosa

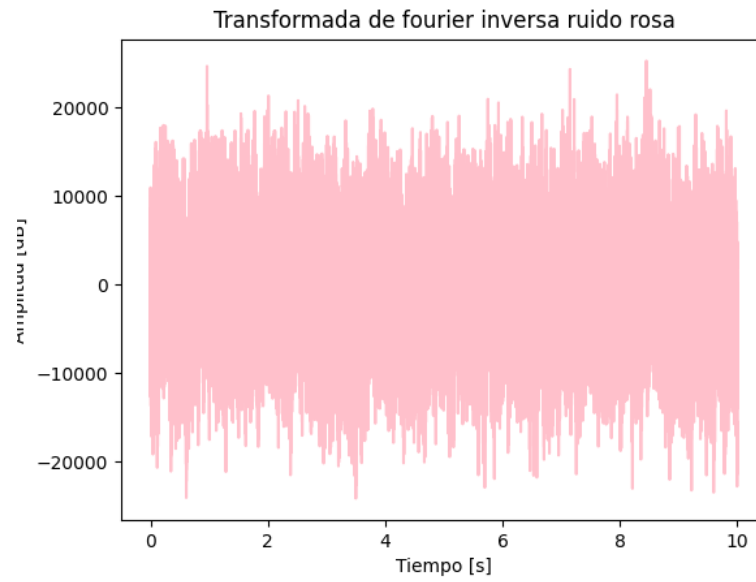


Figura 11: Gráfico de la inversa de la transformada de la señal de audio Ruido Rosa

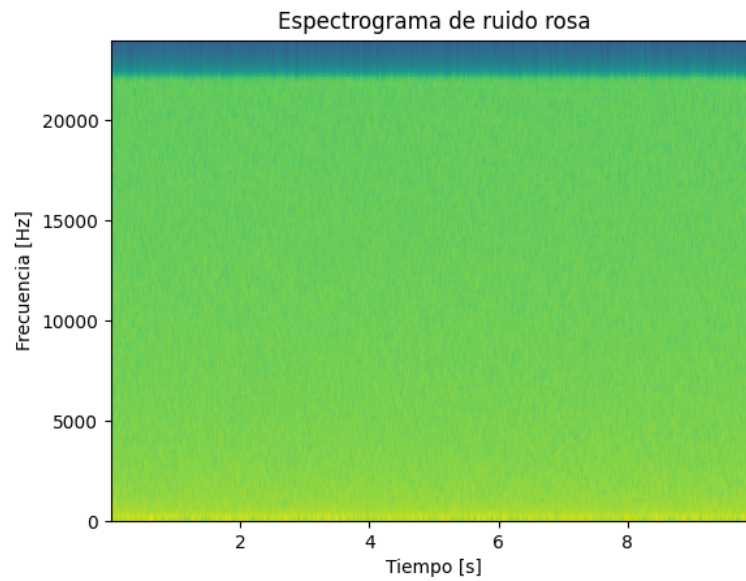


Figura 12: Espectrograma señal de audio Ruido Rosa

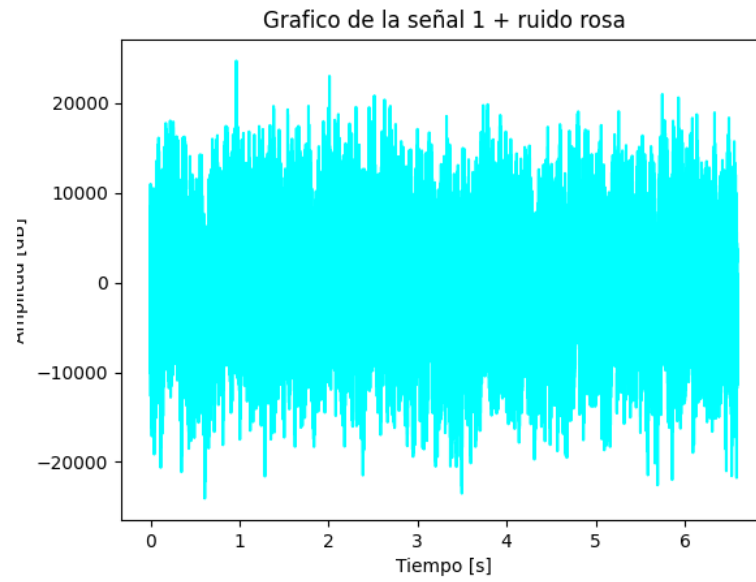


Figura 13: Gráfico de la señal de cristofer + señal de audio Ruido Rosa

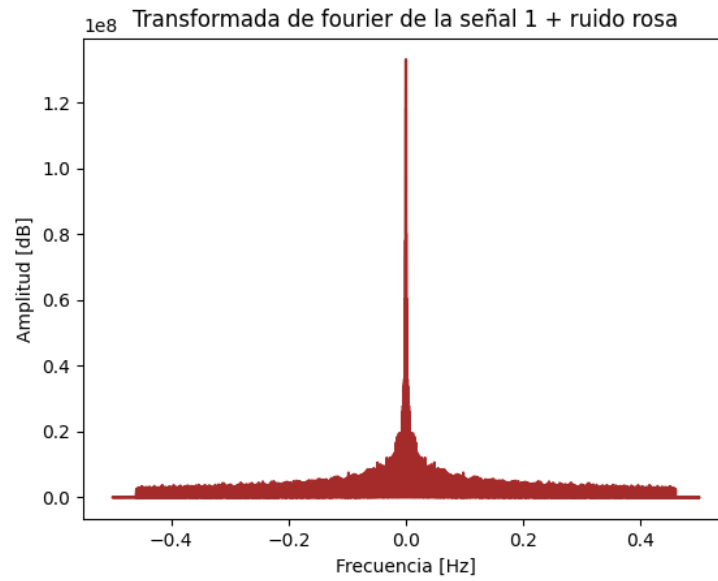


Figura 14: Gráfico de la transformada señal de cristofer + señal de audio Ruido Rosa

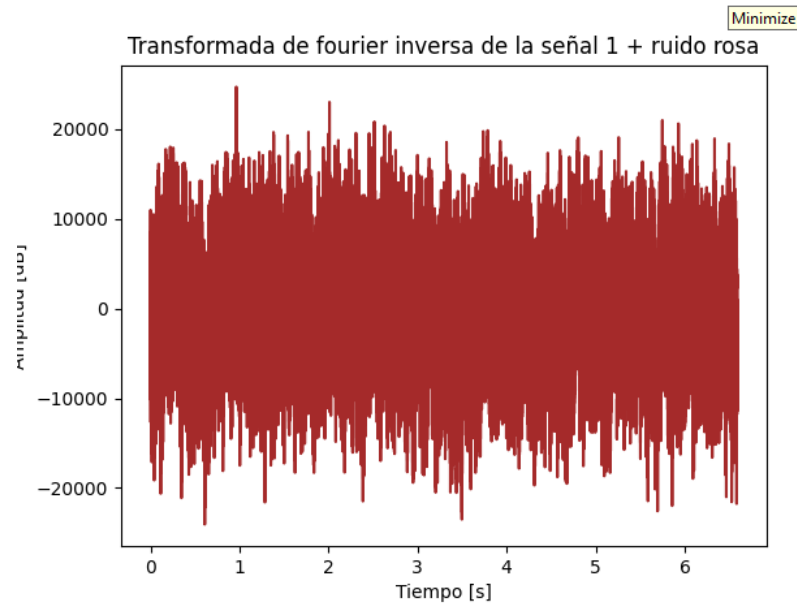


Figura 15: Gráfico de la inversa de la transformada señal de cristofer + señal de audio Ruido Rosa

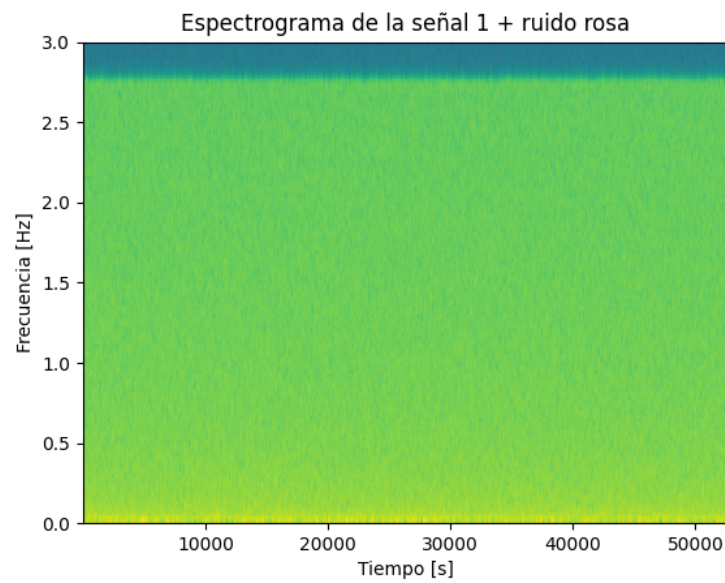


Figura 16: Espectrograma señal de cristofer + señal de audio Ruido Rosa

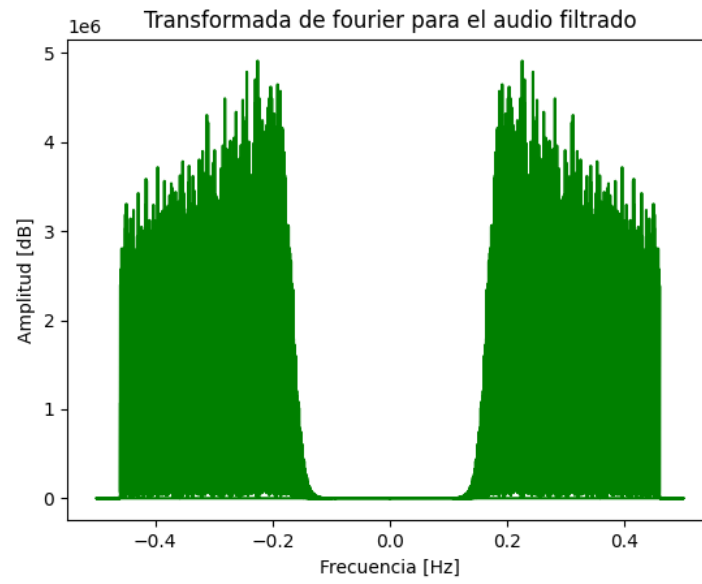


Figura 17: Gráfico de la transformada del audio filtrado

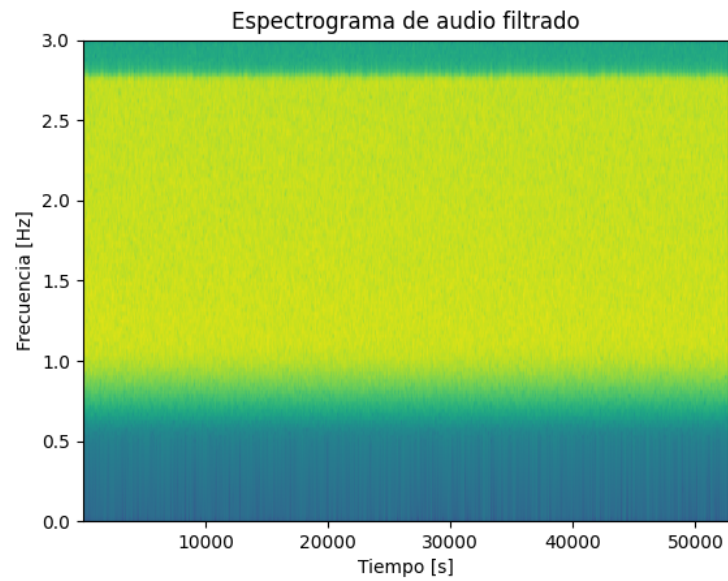


Figura 18: Espectrograma del audio filtrado