

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FÍSICA CALOR Y ONDAS

Avance del proyecto No. II

Mauro González, T00067622

German De Armas Castaño, T00068765

Angel Vega Rodriguez, T00068186

Juan Jose Osorio Ariza, T00067316

Jorge Rueda Salgado, T00068722

Revisado Por

Yady Tatiana Solano Correa

29 de septiembre de 2023

Resumen

En el vasto universo de la física, pocas cosas son tan omnipresentes como las ondas. En el caso de nuestro proyecto, nos enfocamos en la lectura de ondas sonoras y su presencia en el mundo cotidiano. Para este segundo informe de avance, mostraremos los logros alcanzados hasta el momento, plasmando nuestra idea primigenia del proyecto en un programa básico. En este programa, se recopilan estas ondas sonoras (ya sea a través de canciones, grabaciones, etc.) para luego enviarlas a un servidor y ser representadas mediante gráficas, mostrando sus propiedades básicas.

Hemos implementado un tipo de filtro que nos permite mostrar únicamente la información que es de nuestro interés, desentrañando sus características y propiedades fundamentales, tales como el espectro de la onda, el tempo, el ritmo y sus coeficientes centrales en las frecuencias Mel (MFCC). Todo esto con la idea de que sea aplicable en diversos campos, como la música, la medicina o la ciencia de datos.

Palabras claves: *Ondas sonoras, ondas electromiográficas, ingeniería del sonido, síntesis de sonido, espectro de onda.*

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una herramienta de lectura de ondas con el propósito de adquirir, analizar y visualizar los datos generados por ondas provenientes de distintas fuentes o fenómenos, contribuyendo así a la comprensión y estudio de sus características y patrones, que tenga el potencial de evolucionar hacia una plataforma avanzada en el futuro.

Objetivos específicos

- ▷ Realizar varias pruebas para garantizar que el programa funcione de manera óptima y sea capaz de manejar una variedad de formatos de audio.
- ▷ Representar gráficamente las propiedades fundamentales de una onda sonora y su espectrograma.

Marco Teorico

Ondas [1]

Se conoce como onda a la propagación de energía (y no de masa) en el espacio debido a la perturbación de alguna de sus propiedades físicas, como son la densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético. Este fenómeno puede darse en un espacio vacío o en uno que contenga materia, ya sea agua, aire, tierra, etc.

Ondas sonoras [2]

Una onda sonora es una onda expansiva que puede ser percibida por el oído humano. La onda sonora se puede generar a partir del aparato fonador humano, mediante máquinas, por animales, etc. Además se puede propagar en distintos medios.

- ▷ Amplitud [A]: Es la magnitud máxima del desplazamiento con respecto al equilibrio, es decir, es la distancia existente entre la posición de equilibrio y cualquiera de las posiciones extremas. Su unidad de medidas en el Sistema Internacional es el metro (*m*).

$$A = \sqrt{X_0^2 + \frac{V_{0x}^2}{\omega^2}}$$

- ▷ Periodo [T]: Es el tiempo que tarda una oscilación completa (ciclo), y siempre es positivo. La unidad del periodo en el SI es el segundo (s), aunque a veces se expresa como “segundos por ciclo”.
- ▷ Frecuencia [f]: Es el número de ciclos en la unidad de tiempo, y siempre es positiva. La unidad de la frecuencia en el SI es el Hertz (Hz).

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ oscilación/segundo} = 1s^{-1}$$

Espectrómetro de sonido [3]

Es un dispositivo o programa informático que se utiliza para visualizar y analizar las características espectrales de una señal de audio. Básicamente, descompone una señal de audio en sus componentes de frecuencia para proporcionar información detallada sobre la distribución de energía en diferentes bandas de frecuencia. Un espectrómetro de sonido puede proporcionar información detallada sobre la amplitud y frecuencia de los componentes

de una señal de audio. Es importante destacar que tanto hardware como software pueden desempeñar el papel de un espectrómetro de sonido. En el caso de software, librerías como “libros” en Python pueden ser utilizadas para implementar funcionalidades de espectro de sonido en aplicaciones de procesamiento de audio.

Espectrograma [4]

Un espectrograma es una representación visual de cómo varía la energía de una señal de audio en función del tiempo y la frecuencia. La lectura o comprensión del espectrómetro es la siguiente: Eje horizontal (eje del tiempo): Representa el tiempo en el eje horizontal, generalmente de izquierda a derecha. Cada punto en este eje corresponde a un momento específico en la grabación de audio.

Eje vertical (eje de frecuencia): Las frecuencias más bajas suelen estar en la parte inferior, mientras que las frecuencias más altas están en la parte superior.

Intensidad del color o brillo: Indica la amplitud o energía de cada frecuencia en un momento específico. Los colores más oscuros o brillantes indican una mayor energía en esa frecuencia en ese momento particular.

Intensidad de sonido [5]

La intensidad de sonido se refiere a la cantidad de energía que transporta una onda de sonido por unidad de área en una dirección perpendicular al flujo de la onda. En términos más simples, la intensidad de sonido representa cuán fuerte o débil es una onda sonora en un punto específico del espacio. La intensidad de sonido se mide en vatios por metro cuadrado

(W/m²) y puede variar ampliamente en diferentes situaciones.

$$I = \frac{\frac{E}{t}}{A} = \frac{P}{A}$$

Decibeles [5]

Son una unidad de medida que se utiliza para expresar la relación entre dos cantidades, generalmente en términos de potencia, intensidad o nivel de presión.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Donde I_0 es $10^{-12} \frac{W}{m^2}$

MFCC [6]

Los Coeficientes Ceptrales en las Frecuencias de Mel (MFCC, por sus siglas en inglés: Mel Frequency Cepstral Coefficients) son una representación de las características espectrales de una señal de audio, diseñada para imitar ciertas características del sistema auditivo humano. El proceso para obtener MFCC generalmente involucra los siguientes pasos:

1. División en tramas (frames): La señal de audio se divide en pequeñas tramas, típicamente de 20 a 30 milisegundos de duración. Cada trama se superpone ligeramente con la siguiente para asegurar la continuidad de la información.

2. Transformada de Fourier: Para cada trama, se aplica una transformada de Fourier para convertir la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Esto da como resultado un espectrograma, que muestra cómo la energía está distribuida en diferentes frecuencias en esa trama.
3. Filtro de Frecuencias Mel: Se aplica un conjunto de filtros de frecuencias Mel para el espectrograma. Los filtros de frecuencias Mel están diseñados para imitar la respuesta del oído humano, que no percibe las frecuencias de manera lineal, sino de una forma más logarítmica. Esto significa que somos más sensibles a las diferencias en frecuencias bajas que en frecuencias altas.
4. Aplicación del Logaritmo: Se toma el logaritmo de la energía en cada uno de los filtros Mel. Esto hace que la representación sea más parecida a cómo percibimos el sonido.
5. Transformada Cepstral Discreta (DCT): Finalmente, se aplica una transformada cepstral discreta para obtener los coeficientes ceptrales. Esta transformación se realiza para reducir la redundancia en la representación de las características y obtener un conjunto compacto de características que sea eficaz para el reconocimiento del habla y otras aplicaciones de procesamiento de audio.

Tonalidad en el sonido [7]

La tonalidad en el contexto del sonido se refiere a la percepción subjetiva de la altura o agudeza de un tono musical. En otras palabras, la tonalidad nos dice si un sonido se percibe como agudo o grave. La tonalidad está directamente relacionada con la frecuencia de una onda sonora. Frecuencias más altas corresponden a tonos más agudos, mientras que frecuencias más bajas corresponden a tonos más graves. En el sistema musical occidental, la tonalidad se organiza en una escala cromática compuesta por 12 tonos, cada uno separado por un semitono. Cada tono tiene una frecuencia específica asociada y está etiquetado con

una nota musical (por ejemplo, Do, Re, Mi, etc.). La repetición de estas 12 notas a lo largo del teclado de un piano, por ejemplo, constituye lo que se conoce como una octava.

Procedimiento experimental

1. Inicio del programa
2. Pedir al usuario que seleccione un archivo



Figura 1

Debido a la naturaleza de la herramienta en la que se desarrollo el programa, se abrirá un *Botón* en el que el usuario puede dar click para seleccionar un archivo.

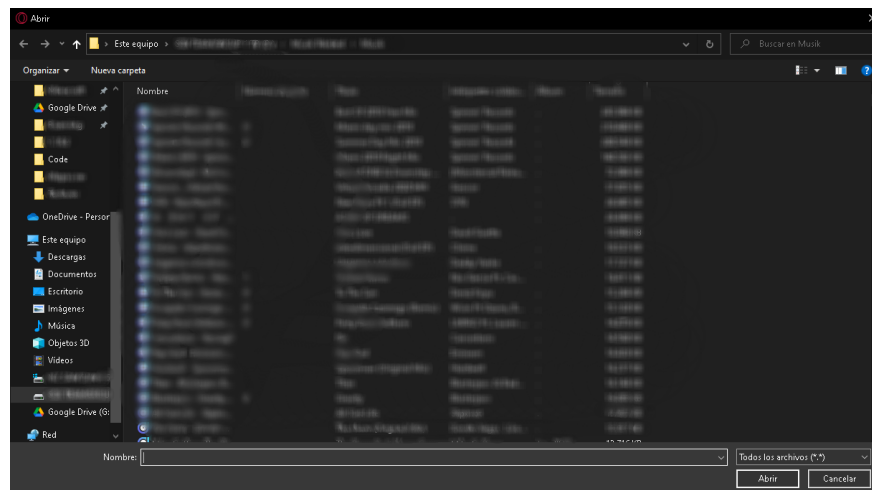


Figura 2

Luego, se utiliza el explorador de archivos, para luego proceder con la carga.


```
# * Visualize the shape of the wave
plt.figure(figsize=(12,4))
librosa.display.waveshow(y, sr=sr)
plt.title("Forma de Onda")
plt.xlabel("Tiempo (s)")
plt.ylabel("Amplitud")
plt.show()
```

Figura 4: Bloque de muestra

3. Proceder con la carga del archivo a las librerías

```
# * Load the audio file
y, sr = librosa.load(selected_file)
```

Figura 3

En caso de que el archivo contenga algún error, o directamente no se pueda acceder a él, en ese caso el programa lanzaría una *Exception*, procediendo con la terminación de la ejecución. Caso contrario, se procede con el resto de la ejecución.

4. Realizar el análisis de audio

Luego de verificar que no haya errores en el archivo de audio, se procede a extraer las características que consideremos pertinentes.

La extracción de características consiste en pequeños bloques, en los que cada uno de estos renderiza la información para ser vista por el usuario.

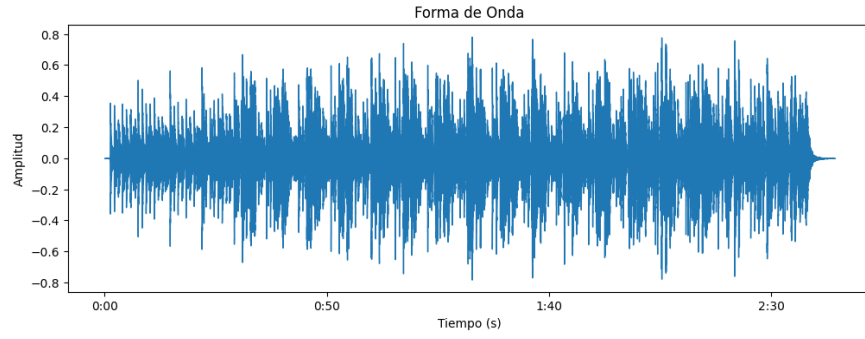


Figura 5

La anterior imagen (5), da un pequeño ejemplo de como seria el *Output final* del programa.

Todo esto se vería resumido en el siguiente flujograma:

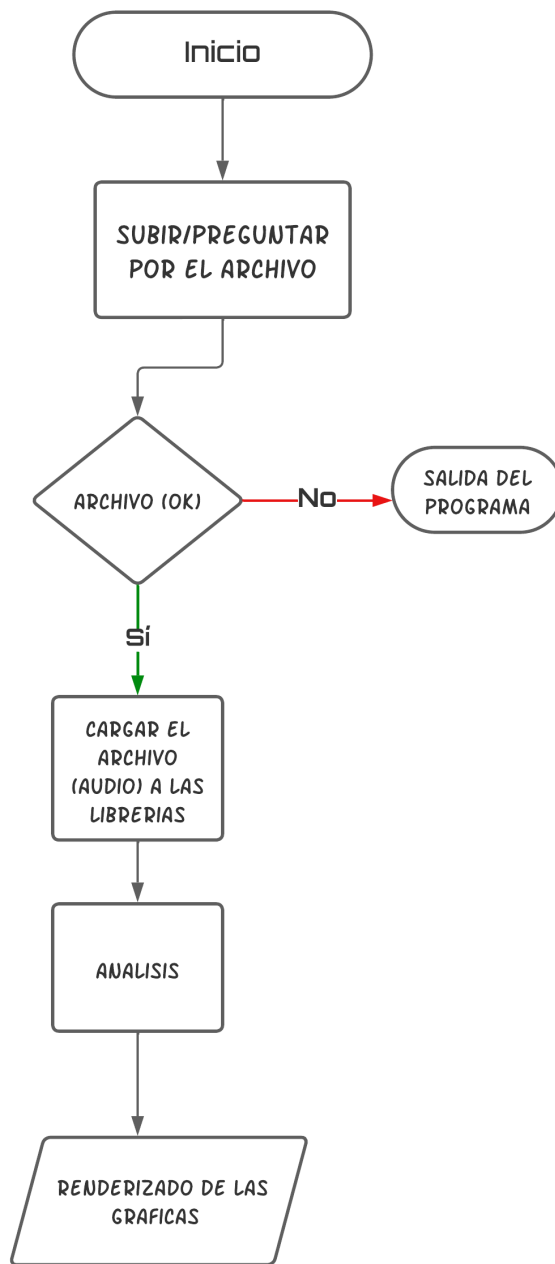


Figura 6

Datos experimentales

Para evaluar el desempeño de nuestro programa, hemos empleado la canción “Rap God” de *Eminem*. A continuación, presentaremos los resultados obtenidos.

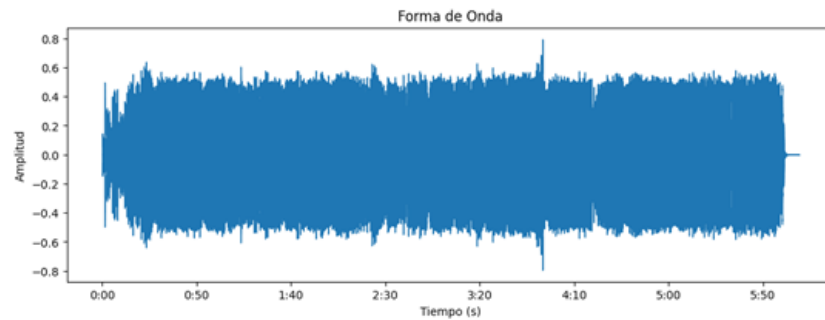


Figura 7

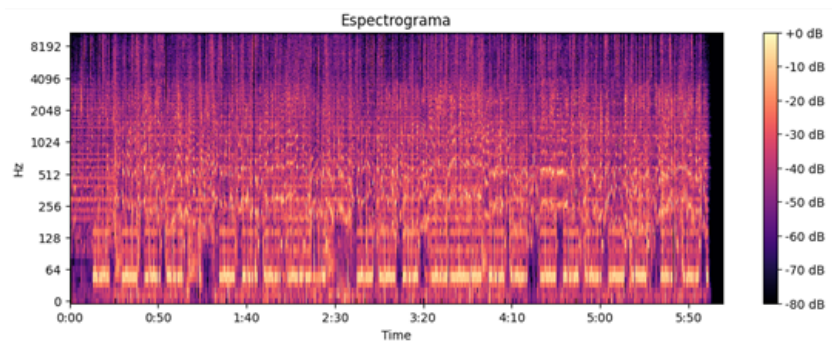


Figura 8

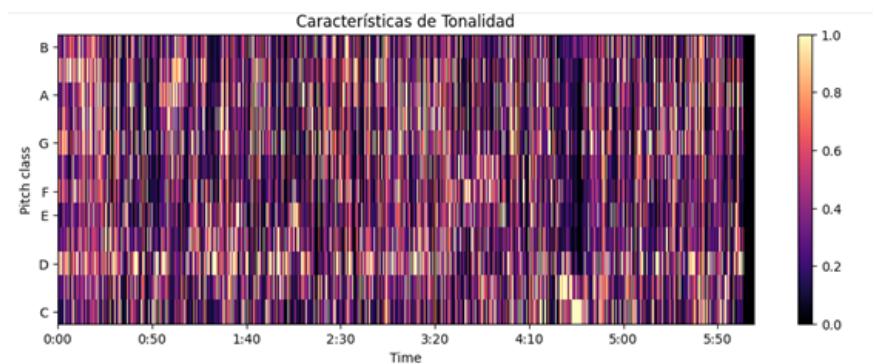


Figura 9

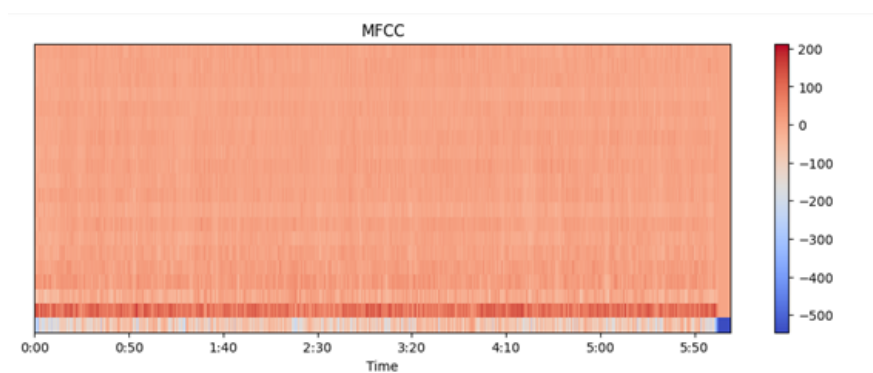


Figura 10

Conclusiones

En resumen, nuestro proyecto “Lectura de Ondas” ha alcanzado logros significativos desarrollando un programa capaz de leer y representar de manera óptima el espectrograma y las propiedades fundamentales de las ondas sonoras y a la vez abordamos uno de los desafíos fundamentales: el filtrado de ondas sonoras para extraer datos relevantes, lo que facilita el análisis preciso de estas ondas. Estos avances establecen las bases de nuestro proyecto y nos permite desarrollar y perfeccionar este.

Referencias

- [1] *Onda*. es. URL: <https://concepto.de/onda-2/>.
- [2] *Ondas sonoras*. es. URL: <https://www.nfon.com/es/get-started/cloud-telephony/lexicon/base-de-conocimiento-destacar/ondas-sonoras>.
- [3] Steinberg Media Technologies GmbH. *Espectrómetro*. es-es. URL: https://steinberg.help/wavelab_pro/v9.5/es/wavelab/topics/metering/meters_spectrometer_r.html.
- [4] Vive Unir. «¿Qué es el espectrograma y cuáles son sus usos en el análisis musical?» es. En: *Universidad Virtual. — UNIR Ecuador - Maestrías Y Grados Virtuales* (ago. de 2022). URL: <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/espectrograma/>.
- [5] Y. Solano. *Sonido*. URL: https://savio.utb.edu.co/pluginfile.php/3394567/mod_resource/content/3/20230818_SEMANA3-Sonido_Parte1.pdf.
- [6] H. Sahai. «MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients) for Audio format». en. En: (). URL: <https://iq.opengenus.org/mfcc-audio/>.
- [7] Svantek. *Tonalidad I Acústica y música I Ruido tonal I Svantek Academy*. es. Sep. de 2023. URL: <https://svantek.com/es/academia/tonalidad/>.
- [8] *Source code*. URL: <https://github.com/MauroGonzalez51/WaveAnalysisJS>.