

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

## FÍSICA CALOR Y ONDAS

### ***Informe Final***

*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*

*27 de octubre de 2023*

# *Resumen*

A lo largo de la historia, las ondas sonoras han sido objeto de asombro y estudio. En nuestro proyecto “Lectura de Ondas”, presentamos los resultados finales en los que hemos perfeccionado un programa capaz de recopilar y representar datos de audio en forma de ondas sonoras, resaltando sus propiedades clave. Nuestro enfoque en la tecnología del sonido se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (*ODS*) de las Naciones Unidas, particularmente en los campos de salud, educación e innovación. Este proyecto demuestra cómo la ciencia y la tecnología pueden contribuir al logro de un mundo más sostenible.

---

***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

- ▷ Perfeccionar la interfaz de usuario de nuestro programa, siendo más intuitiva y permitiendo ofrecer una mejor experiencia.
- ▷ Evaluar la estabilidad y funcionamiento del programa por medio de extensas pruebas con distintos formatos de audio.

## ODS Escogidas

- ▷ (3) Salud y bienestar
- ▷ (4) Educación de calidad
- ▷ (9) Industria, innovación e infraestructura

### ¿POR QUÉ?

Nuestro proyecto “Lectura de Ondas” se adecúa a las ODS 3, 4 y 9 debido a su naturaleza multidisciplinaria y su capacidad para abordar múltiples objetivos de desarrollo sostenible.

La ODS 3 (Salud y Bienestar) encuentra relación en la capacidad de nuestra herramienta para analizar ondas sonoras al momento de aplicarse en un contexto urbano, donde puede contribuir al monitoreo de frecuencias y establecimiento de espacios neutros donde no se exponga la integridad del oído humano.

La ODS 4 (Educación de Calidad) se ve respaldada por nuestra herramienta al proporcionar recursos educativos interactivos que mejoran la calidad de la educación al permitir a estudiantes y docentes explorar conceptos de física del sonido de manera práctica por medio de gráficas, haciendo más fácil su comprensión y análisis.

La ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) debido a que para analizar y comprender las ondas, el programa utiliza tecnología avanzada (principalmente librerías para el análisis de los MFCC o Mel Frequency Cepstral Coefficients) que puede ser utilizada para diseñar aplicaciones de reconocimiento de voz y hasta control por voz (varias empresas han usado ecuaciones como la transformada de Fourier para el reconocimiento de tonalidades en la voz), lo cual es un claro ejemplo de promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico.

## **Marco Teorico**

### **Ondas [3]**

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 [4]**

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, entre otras y 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 ( $m$ ).

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_{0x}^2}{\omega^2}} \quad (1)$$

## 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 [5]

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

## Espectrograma [6]

El análisis espectral consiste en analizar una onda no respecto a su forma de onda, sino respecto a las ondas senoidales que se deberían sumar para crear esa onda. Este conjunto de ondas senoidales que es particular para cada forma de onda específica es lo que llamamos espectro de frecuencia.

Un espectrograma es una representación visual de cómo varía la energía de una señal de audio en función del tiempo y la frecuencia. El espectro de una onda se obtiene a través de la ecuación llamada “La transformada de Fourier”

$$G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{-j2\pi ft} dx \quad (2)$$

La lectura o comprensión del espectrómetro es la siguiente:

Eje horizontal (eje del tiempo): 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): En esta parte de la gráfica los componentes no se ven

como líneas completamente rectas, sino más bien como picos que sobresalen (por errores de precisión del software). La proporción esta demostrada en sus valores en decibels, donde la onda de menor frecuencia se le llama “fundamental” y el resto de los múltiplos se les llaman “armónicos”. La fundamental es la frecuencia de la onda entera y determina la nota musical que predomina, mientras que los armónicos proporcionan la forma de la onda y el timbre de esta. 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

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 ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) y puede variar ampliamente en diferentes situaciones.

$$I = \frac{\frac{E}{t}}{A} = \frac{P}{A} \quad (3)$$

## Decibeleles

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.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (4)$$

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

## MFCC [7]

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.

Para ser mas detallado los MFCC involucran:

1. Mel Escala: La escala de Mel es una escala de frecuencia no lineal que se basa en cómo percibimos las diferencias entre tonos en diferentes partes del espectro de frecuencias. La escala de Mel es más adecuada para representar la percepción auditiva humana que la escala lineal de Hertz.
2. Cepstrum: El cepstrum es la transformada inversa de la transformada de Fourier de un logaritmo del espectro de potencia. En términos sencillos, representa cómo cambian las características en el dominio de la frecuencia en el dominio cepstral (que es el logaritmo de la frecuencia). Esto es útil para separar las características relevantes del espectro



de potencia.

3. Coeficientes Cepstrales: Una vez que se ha calculado el cepstrum, se selecciona un conjunto de coeficientes que capturan las características más importantes de la señal. Estos coeficientes representan cómo varía la energía en diferentes bandas de frecuencia en la escala de Mel.

Los MFCC se utilizan comúnmente en aplicaciones de procesamiento de voz y audio, como el reconocimiento automático del habla, la síntesis de voz, la clasificación de género, entre otras.

## **Tonalidad en el sonido [8]**

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.)

# Procedimiento experimental

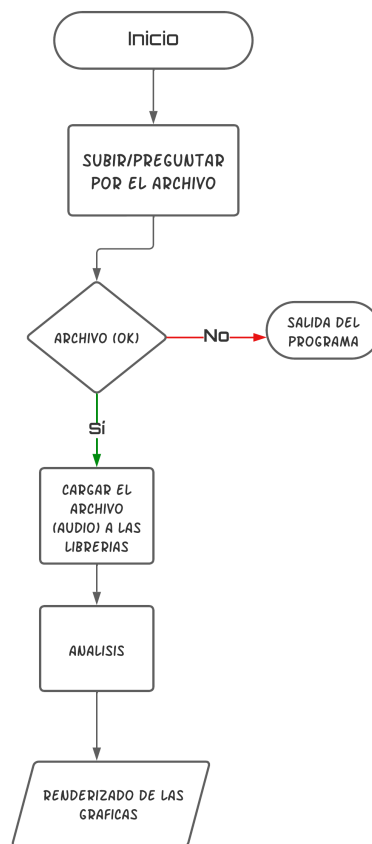


Figura 1

Basado en el diagrama de flujo, asimismo son los pasos que se llevaron a cabo en el programa. Cabe mencionar que la aplicación esta escrita en *React*

1. Detección del audio y envió al servidor

```

1  useEffect(() => {
2      if (audioFile) setLoading(true);
3
4      const formData = new FormData();
5      formData.append("audio", audioFile);
6
7      const abortController = new AbortController();
8
9      const timeoutID = setTimeout(() => {
10         abortController.abort();
11     }, 120000);
12
13     setImageUrls([]);
14
15     fetch(`${NGROK_URL}/analyze`, {
16         method: "POST",
17         body: formData,
18         signal: abortController.signal,
19     })
20     .then((response) => {
21         clearTimeout(timeoutID);
22         if (!response.ok) throw new Error(response.message);
23         return response.blob();
24     })
25     .then((response) => setZipFile(response))
26     .catch((error) => console.error(error));
27 }, [audioFile]);

```

codesnap.dev

En este *snippet* haciendo uso del *useEffect*, por parte de *React* que se encarga de detectar en cuanto haya un cambio en *audioFile* que seria el archivo de audio que cargará el usuario.

Luego se agrega este mismo archivo de audio a un objeto *formData* para que pueda ser enviado en el *body* de una solicitud *http*, ademas de declarar un *AbortController* para cancelar la misma solicitud en caso de un *timeout*.

Después de esto, se procede a realizar la solicitud haciendo uso de la instrucción *fetch*, agregando el *body* de la solicitud.

Por ultimo, dependiendo de la respuesta del servidor se toman acciones, en caso de

un *success*, se procede a renderizar las imágenes, mientras que en caso de un *error* se muestra por consola y se interrumpe la ejecución.

## 2. Recibir el análisis completo

```
1  useEffect(() => {
2    if (zipFile) {
3      const validateZipFile = () => {
4        return new Promise((resolve, reject) => {
5          const reader = new FileReader();
6          reader.addEventListener("load", () => {
7            JSZip.loadAsync(reader.result)
8              .then((zip) => {
9                console.log("[ ZIP ] Valid");
10
11                const imageFiles = Object.values(
12                  zip.files
13                ).filter((file) => file.name.endsWith(".png"));
14
15                const urls = [];
16
17                Promise.all(
18                  imageFiles.map((file) =>
19                    file.async("blob").then((imageBlob) => {
20                      const imageURL =
21                        URL.createObjectURL(imageBlob);
22                      urls.push(imageURL);
23                    })
24                )
25              )
26              .then(() => {
27                setImageUrls(urls);
28                setLoading(false);
29                resolve();
30              })
31              .catch(() => {
32                setZipFile(null);
33                reject();
34              });
35            })
36            .catch(() => {
37              setZipFile(null);
38              reject();
39            });
40          });
41          reader.readAsArrayBuffer(zipFile);
42        });
43      };
44
45      validateZipFile().catch((error) => {
46        console.log(error);
47        setLoading(false);
48      });
49    }
50  }, [zipFile]);
```

codesnap.dev

Similarmente, luego de detectar un cambio en el archivo *zipFile*, se procede a descomprimirlo haciendo uso de *JSzip* (modulo), para ademas verificar en caso de que tenga

un error el archivo.

### 3. Renderizado de las imágenes

```
1  return (  
2    <div className="flex justify-center items-center flex-col m-12 gap-6">  
3      {isLoading && (  
4        <AnimatePresence>  
5          <motion.div  
6            initial={{ opacity: 0, scale: 0.5 }}  
7            animate={{ opacity: 1, scale: 1 }}  
8            exit={{ opacity: 0 }}  
9            transition={{ duration: 0.5 }}  
10         >  
11           <Hourglass  
12             visible={true}  
13             height="60"  
14             width="60"  
15             ariaLabel="hourglass-loading"  
16             wrapperStyle={{}}  
17             wrapperClass=""  
18             colors={['#214cc2', '#72a1ed']}  
19           />  
20         </motion.div>  
21       </AnimatePresence>  
22     )}  
23     <UploadFiles handleChange={handleChange} />  
24     {audioFile && (  
25       <motion.div  
26         initial={{ opacity: 0, scale: 0.8 }}  
27         animate={{ opacity: 1, scale: 1 }}  
28         transition={{ duration: 0.5 }}  
29         className="italic text-red-500 text-base"  
30       >  
31         Selected File: {audioFile.name}  
32       </motion.div>  
33     )}  
34     {imageUrls && <Images imageUrls={imageUrls} />  
35   </div>  
36 );
```

codesnap.dev

Por ultimo, cuando se detecta un cambio de estado en el *array* que guarda las imágenes, proceden a ser renderizadas en el *UI*.

## Datos experimentales

Para probar la app, se utilizo la canción “Song” de *ClownCore* y estas fueron los resultados:

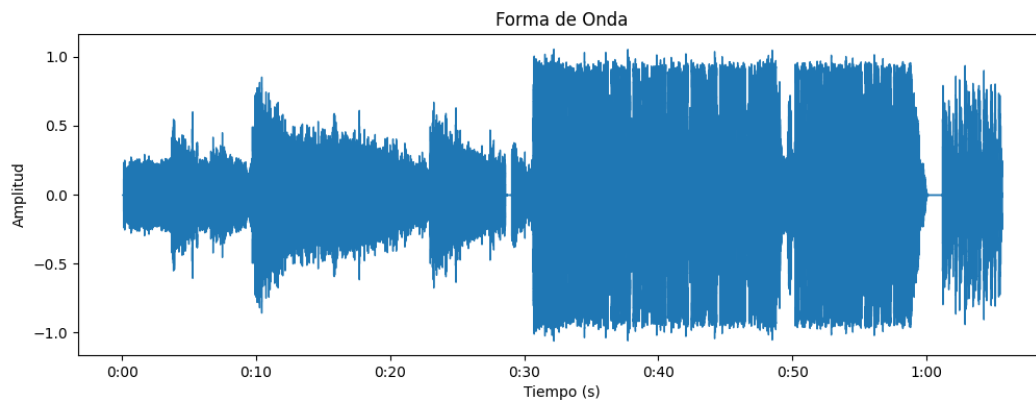


Figura 2

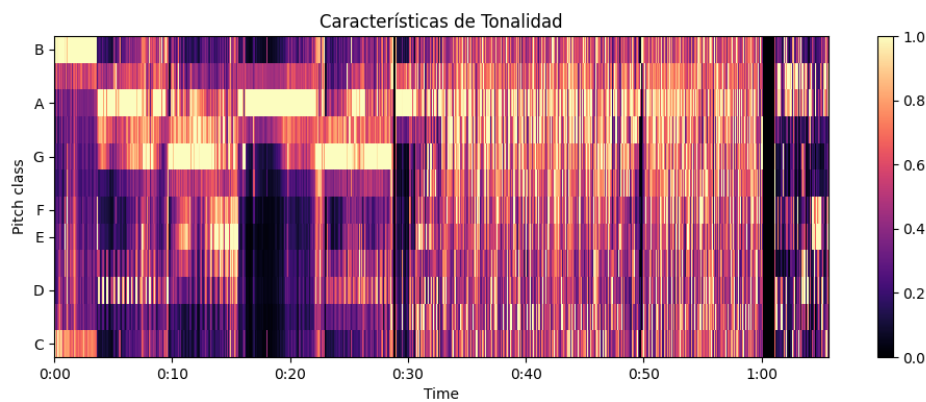


Figura 3

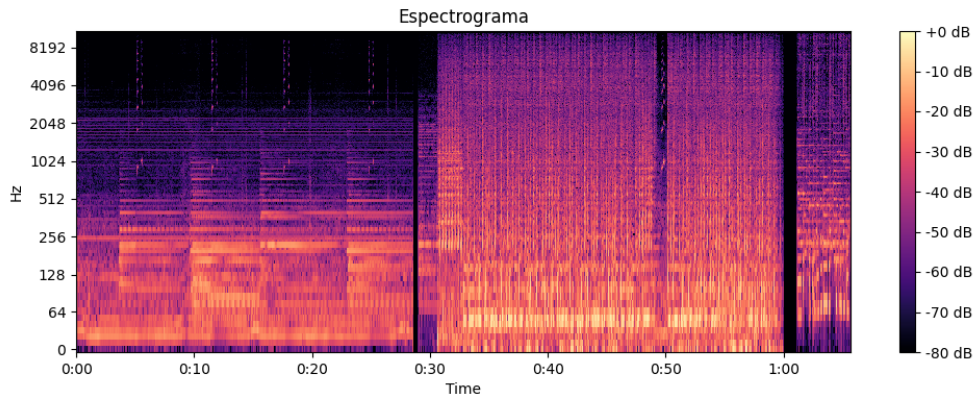


Figura 4

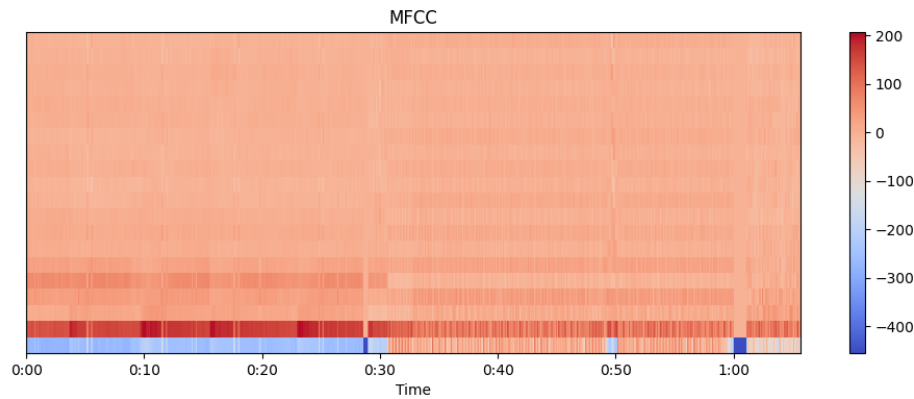


Figura 5

## Conclusiones

Esta entrega muestra nuestro proyecto final, en el que los logros conseguidos nos han permitido perfeccionar nuestra herramienta, estableciendo finalmente de manera óptima el filtrado de los datos mediante el programa, logrando ofrecer una experiencia más intuitiva y llamativa visualmente al usuario. Con esto en mente, abordamos la salud y el bienestar

a través del análisis de sonido, mejorar la calidad de la educación al proporcionar recursos educativos y promover la industria, la innovación y la infraestructura a través de tecnología en el procesamiento de ondas sonoras, logrando un enfoque multidisciplinario lo que demuestra una gran capacidad y relevancia para cumplir objetivos de desarrollo sostenible.

## Referencias

- [1] Mauro González. *Source code*. URL: <https://github.com/MauroGonzalez51/WaveAnalysis-in-React>.
- [2] AwesomeAcoustics En Español. *09 Análisis espectral, espectro de frecuencias*. es-419. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=mF8jf0JibcE>.
- [3] *Concepto de onda*. es. URL: <https://concepto.de/onda-2/>.
- [4] *Ondas sonoras*. es. URL: <https://www.nfon.com/es/get-started/cloud-telephony/lexicon/base-de-conocimiento-destacar/ondas-sonoras>.
- [5] Steinberg Media Technologies GmbH. *Espectrómetro*. es-es. URL: [https://steinberg.help/wavelab\\_pro/v9.5/es/wavelab/topics/metering/meters\\_spectrometer\\_r.html](https://steinberg.help/wavelab_pro/v9.5/es/wavelab/topics/metering/meters_spectrometer_r.html).
- [6] 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/>.
- [7] H. Sahai. «MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients) for Audio format». en. En: (). URL: <https://iq.opengenus.org/mfcc-audio/>.
- [8] Svantek. *Tonalidad I Acústica y música I Ruido tonal I Svantek Academy*. es. Sep. de 2023. URL: <https://svantek.com/es/academia/tonalidad/>.
- [9] ClownC0re. *song - clown core*. es-419. Video. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=G9Qm7P\\_9DBs](https://www.youtube.com/watch?v=G9Qm7P_9DBs).