

Maestría en Explotación de Datos y Descubrimiento de
Conocimiento

Trabajo Práctico de Séries Temporales

Reducción de Ruido en Audios

Maicon Araújo Fialho

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Buenos Aires, Argentina
2025

Resumen

Este trabajo aborda la problemática de la reducción de ruido en grabaciones de audio, específicamente en una entrevista televisiva de un minuto grabada con un teléfono móvil en un entorno doméstico. El ruido presente incluye conversaciones de fondo, eco y artefactos de grabación. Se implementaron y evaluaron múltiples técnicas de procesamiento de señales, incluyendo métodos tradicionales y enfoques modernos, como el gating espectral.

Entre las técnicas tradicionales se emplearon filtros en el dominio del tiempo y frecuencia, como el filtrado por media móvil y un filtro pasa-banda diseñado específicamente para preservar el rango de frecuencias de la voz humana (50 Hz a 3400 Hz). La Transformada de Fourier se utilizó para analizar las características del ruido y la señal, facilitando el diseño de filtros adecuados.

El filtro por media móvil con una ventana de tamaño 5 resultó ser efectivo para atenuar la mayoría del ruido sin distorsionar significativamente la voz. Por otro lado, el filtro pasa-banda permitió aislar la voz del ruido de fondo. El mejor resultado se obtuvo mediante el uso del ‘noisereduce’, que logró minimizar el ruido sin alterar la calidad de la voz de manera significativa.

Este estudio demuestra que la combinación de técnicas tradicionales y modernas puede ofrecer una solución robusta para la mejora de calidad en grabaciones de audio. Los gráficos y métricas objetivas presentados confirman la eficacia de los métodos empleados, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en el campo del procesamiento de audio.

1. Introducción

La contaminación acústica en grabaciones es un desafío común, especialmente en entornos no controlados como grabaciones con dispositivos móviles. La calidad del audio grabado puede ser afectada por diversos tipos de ruido, como ruido ambiental, eco y artefactos introducidos por los dispositivos de grabación. Este trabajo tiene como objetivo aplicar y comparar diferentes técnicas de reducción de ruido, evaluando su eficacia en un caso práctico.

El procesamiento de señales de audio ha evolucionado significativamente, permitiendo la aplicación de técnicas avanzadas para mejorar la calidad del sonido en aplicaciones como grabaciones de entrevistas, música y llamadas telefónicas. Además, la creciente disponibilidad de herramientas de código abierto facilita la implementación de soluciones accesibles y personalizables.

2. Hipótesis y Objetivos

Hipótesis: Es posible mejorar la calidad del audio mediante técnicas de filtrado y gating espectral, minimizando la presencia de ruido sin afectar significativamente la señal original.

Objetivos:

- Analizar las características del ruido presente en el audio.
- Implementar técnicas de reducción de ruido basadas en filtrado y gating espectral.
- Comparar los resultados obtenidos entre métodos tradicionales y modernos.
- Evaluar los resultados mediante visualizaciones y métricas objetivas.

3. Material y Métodos

El audio utilizado corresponde a una grabación de un minuto obtenida con un teléfono móvil en condiciones típicas de un hogar, donde se reproduce una entrevista televisiva. Este entorno introduce múltiples fuentes de ruido, como conversaciones de fondo, eco y ruido del dispositivo de grabación.

Los métodos empleados incluyen:

- **Filtraje por media móvil:** Se utilizó una ventana de tamaño 5 para atenuar variaciones rápidas en la señal, lo que permitió destacar la voz sin introducir distorsiones significativas basándose en las técnicas exploradas en el recurso digital sobre filtros digitales.
- **Filtro pasa-banda:** Diseñado para preservar las frecuencias relevantes de la voz humana (50 Hz a 3400 Hz), eliminando componentes fuera de este rango.
- **Transformada de Fourier:** Utilizada para analizar la distribución de frecuencias en el audio, permitiendo identificar componentes de ruido y diseñar filtros personalizados.
- **Reducción de ruido con ‘noisereduce’:** Se utilizó el algoritmo de gating espectral del ‘noisereduce’ para minimizar el ruido. Este método permitió capturar el ruido ambiente utilizando una grabación del mismo entorno sin el audio de la entrevista, lo que ayudó a reducir eficazmente el ruido sin comprometer la calidad de la voz.

El procesamiento se realizó utilizando Python y bibliotecas como `librosa`, `numpy`, `matplotlib` y `pytorch`. Las etapas de análisis incluyeron la representación temporal y frecuencial de las señales, así como el cálculo de métricas de calidad.

4. Resultados

Forma de onda del audio original. La figura 1 muestra la forma de onda del audio original, que destaca los niveles de ruido presentes y la naturaleza del contenido grabado.

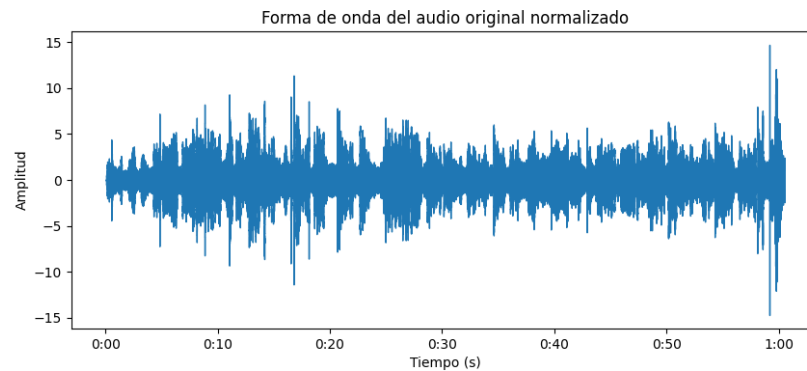


Figura 1: Forma de onda del audio original.

Comparación de formas de onda: original y filtrado (media-móvil). Esta figura 2 ilustra cómo el filtrado por media móvil atenúa las variaciones rápidas en el ruido, preservando los componentes de voz.

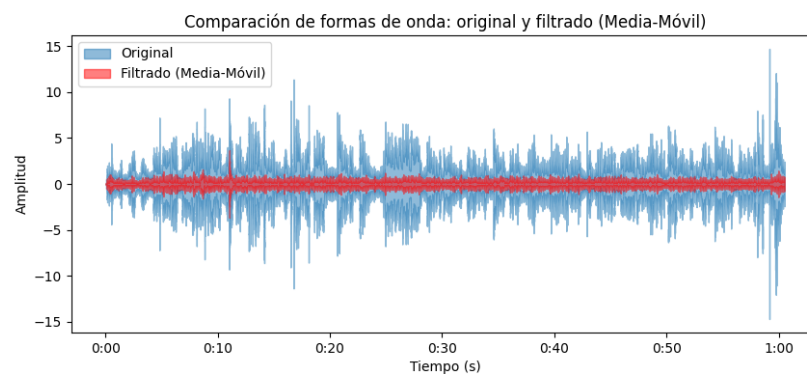


Figura 2: Comparación de formas de onda: original y filtrado (media-móvil).

Comparación de formas de onda: original y filtrado (pasa-banda). Como se ve en la figura 3, el filtro pasa-banda elimina efectivamente el ruido fuera del espectro de la voz humana, mejorando la inteligibilidad.

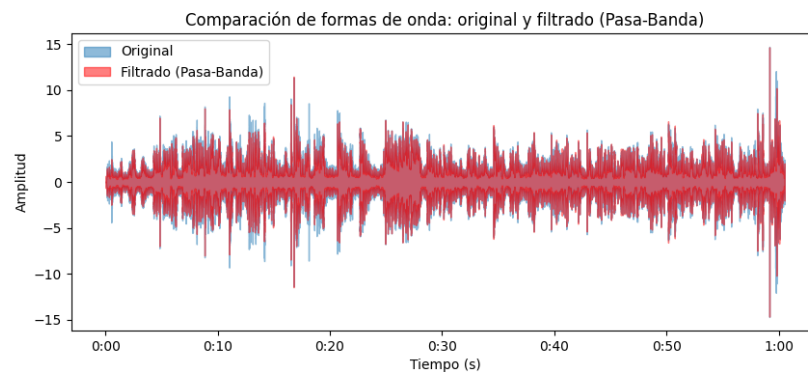


Figura 3: Comparación de formas de onda: original y filtrado (pasa-banda).

Análisis de frecuencias del audio original y procesado. En la figura 4, se observa cómo los métodos de filtrado alteran el contenido frecuencial del audio, reduciendo componentes no deseados.

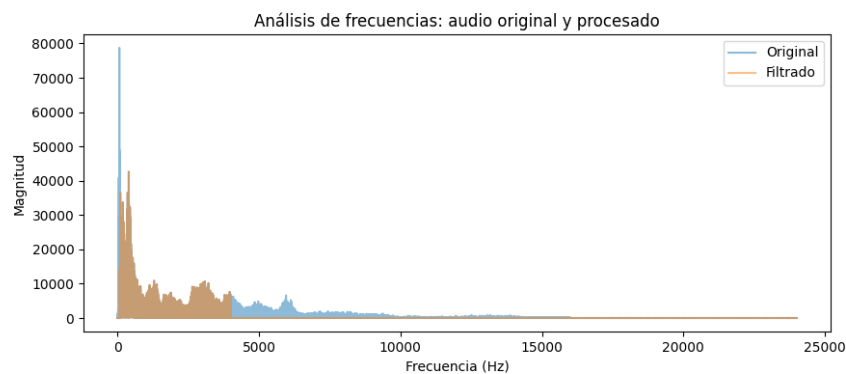


Figura 4: Análisis de frecuencias del audio original y procesado.

Resultados del algoritmo noisereduce: audio original vs. audio mejorado.
Esta figura 5 compara el impacto del ‘noisereduce’ en la calidad del audio, destacando la reducción eficaz del ruido.

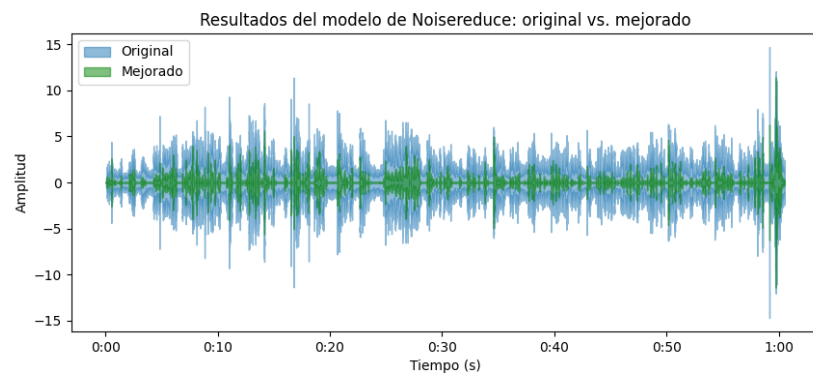


Figura 5: Resultados del algoritmo noisereduce: audio original vs. audio mejorado.

5. Discusión y Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que:

- Los filtros tradicionales son efectivos para reducir ruido en rangos específicos de frecuencia.
- La Transformada de Fourier fue crucial para diseñar los filtros, identificando las frecuencias dominantes del ruido.
- El ‘noisereduces’ demostró ser extremadamente eficaz al utilizar un audio de solo un minuto con la voz y ruidos, junto con un audio de un minuto únicamente del ruido del ambiente. Fue capaz de destacar la voz sobre los ruidos con alta efectividad, mostrando que incluso con datos limitados, se puede lograr una reducción de ruido significativa sin comprometer la calidad de la voz.

6. Bibliografía

- Smith, J. (2011). *Digital Signal Processing: A Practical Approach*. Pearson.
- Virtanen, T., Plumbley, M., & Ellis, D. (Eds.). (2018). *Computational Analysis of Sound Scenes and Events*. Springer.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Titze, I. R. (1994). *Principles of Voice Production*. National Center for Voice and Speech.
- Lostanlen, V., & Cella, C. (2020). *noisereduce: An open-source Python package for noise reduction using spectral gating*. Disponible en: <https://pypi.org/project/noisereduce/>
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Wiley.
- Brigham, E. O. (1988). *The Fast Fourier Transform and Its Applications*. Prentice Hall.
- Schaumann, R., & Van Valkenburg, M. E. (2001). *Design of Analog Filters*. Oxford University Press.
- *Digital Filters and Signal Processing with Python*. Disponible en: <https://pysdr.org/es/content-es/filters.html>
- Hrtlacek, *GitHub Repository for Signal-to-Noise Ratio (SNR)*. Disponible en: <https://github.com/hrtlacek/SNR>

7. Anexos

- Repositório do Proyecto: https://github.com/maiconfialho/series_teporales_audio