

# Informe de avance sobre el desarrollo de software para el ~~cálculo~~ de parámetros acústicos según norma ISO 3382

Pedro Manuel Díaz Varela

Señales & Sistemas, Ingeniería de sonido  
Universidad Nacional de Tres de Febrero , Buenos aires, Argentina.  
pedro.divar@gmail.com

## Resumen

*En el presente trabajo se realizó un informe de avance al desarrollo de software para el cálculo de parámetros acústicos según la norma ISO 3382[3]. El desarrollo consiste en una serie de funciones implementadas en MatLab las cuales permiten grabar y reproducir en simultaneo un sine-sweep, obtener respuestas al impulso, reproducir ruido rosa y procesar señales para la búsqueda de parámetros acústicos.*

**Keywords:** ISO 3382, IR

## 1. INTRODUCCIÓN

En este informe de avance se ~~tienen~~ como objetivo la descripción de las funciones implementadas en el lenguaje de programación MatLab para el cálculo de parámetros acústicos según la norma ISO 3382[3]. Dichas funciones permiten obtener una respuesta al impulso mediante la reproducción y grabación en ~~simultaneo~~ de un sine-sweep en un ~~resinto~~. También se implementó una serie de filtros para el análisis de las señales por frecuencia y una función que sintetiza una respuesta al impulso. Por otra parte, si se desea calibrar la fuente usada para la medición, se encuentra disponible una función que genera un ruido rosa acorde a la normativa ISO 3382.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Tiempo de reverberación

Este trabajo se centra en la obtención de un parámetro acústico denominado T60. Este parámetro se define como el tiempo requerido para que un nivel de presión sonora (SPL) decaiga 60 [dB] luego de que la fuente sonora deje de actuar según la norma ISO 3382[3].

### 2.2. Ruido Rosa

El ruido rosa es un ruido con una distribución de frecuencias tal que su densidad espectral de potencia es proporcional a la inversa de la frecuencia. Esto implica que su nivel, por bandas de tercio de octava, es constante. El nivel del ruido rosa por intervalo fijo de frecuencias va decayendo a razón de 3 dB/octava de forma no lineal como se ve en la *Figura 1*. Esta señal es de interés para realizar un ajuste de la ganancia de la fuente que luego reproducirá el sine-sweep al realizar una medición, teniendo en cuenta que el ruido de fondo no supere los 45[dB].

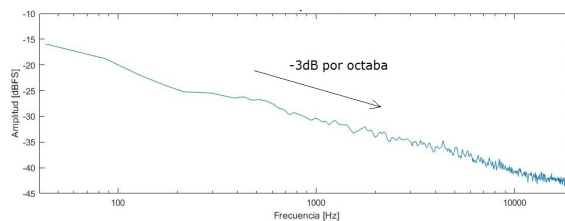


Figura 1: Respuesta en frecuencia de un ruido rosa de 1 segundo generado por código.

### 2.3. Sine-sweep y filtro inverso

El sine-sweep, al ser un barrido de frecuencias en el tiempo, permite concentrar la energía en una frecuencia específica en cada momento, mejorando la relación señal-ruido a comparación. Debido

a la duracion, distribución espectral y baja relación señal-ruido de una señal impulsiva generada por una explosión, el sine sweep es el método más indicado para generar el impulso por medio de la convolución [1]. El sine sweep logarítmico vendrá dado por la siguiente expresion:

$$x(t) = \sin[\theta(t)] = \sin\left[K\left(e^{\frac{t}{L}} - 1\right)\right] \quad (1)$$

Donde:

$$K = \frac{T\omega_1}{\ln\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)} \quad (2)$$

y

$$L = \frac{T}{\ln\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)} \quad (3)$$

Siendo  $\omega_1$  y  $\omega_2$  las frecuencias angulares inferior y superior respectivamente, y el tiempo de duración del sine sweep en segundos. Como se puede observar en la *Figura 2* el espectro de la señal no es plano, sino que disminuye a razón de -3 dB/octava,

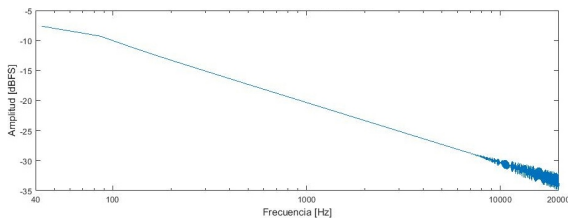


Figura 2: Respuesta en frecuencia de un sine-sweep generado por código.

Para obtener el filtro inverso correspondiente al sine-sweep, en primer lugar hay que invertirlo en el tiempo, obteniendo  $x(-t)$ . A su vez es necesaria una modulación en amplitud que compense la diferencia de energía respecto de la señal de entrada original. Luego se define matemáticamente como:

$$\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} = \frac{K}{L} e^{\frac{t}{L}} \quad (4)$$

Donde:

$$m(t) = \frac{\omega_1}{2\pi\omega(t)} \quad (5)$$

$$k(t) = m(t)x(-t) \quad (6)$$

## 2.4. Respuesta al impulso

La respuesta al impulso se define como la presión sonora en un punto del resinto en estudio como resultado de la emisión de un impulso efectuado en otro punto. En este trabajo se evalúa la respuesta al impulso convolucionando un sine-sweep grabado con su filtro inverso utilizando la transformada rápida de Fourier.

## 3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En el desarrollo experimental se utilizaron funciones para encapsular cada problema por separado para luego poder utilizar y testear cada una de estas funciones por separado, y finalmente poder implementar, en el futuro, una interfaz grafica que junto todo el código y sea más amigable para cualquier usuario. Las funciones implementadas fueron:

- sineSweep
- grabarReproducir
- ruidoRosa
- respuestaAlImpulso
- repuestaSintetizada
- plotAudio
- filtradoPorTercioOctavas
- filtradoPorOctavas
- cargaDeArchivos

La función sineSweep se encarga de generar dos archivos .wav con un sine-sweep y su filtro inverso que luego serán utilizados por la función grabarReproducir. Se utilizó la función plotAudio para graficar y verificar el resultado de esta funcion como se puede ver en la *Figura 3* y la *Figura 4*.

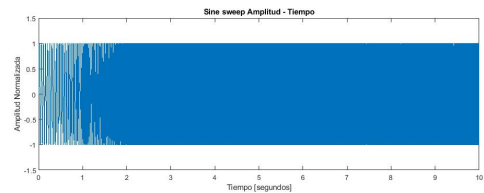


Figura 3: Sine sweep en función del tiempo.

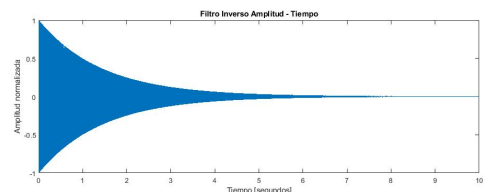


Figura 4: Filtro inverso en función del tiempo.

En orden de obtener los datos en tiempo real a lo largo de las mediciones, utilizamos la función grabarReproducir que se vale de la función audiorecorder y getaudiodata para crear un vector con los

valores obtenidos en tiempo. La función `audiorecorder` genera un objeto de audio con valores predeterminados de frecuencia de muestreo de 8000 muestras por segundos, con una profundidad de bits de 8, lo cual se ha modificado para que sea un valor que determine el usuario de la función. Este objeto nos ayuda a grabar asincrónicamente con la función `record` la cual será ejecutada en paralelo con `sound` como se ve en la *Figura 5*. La función `pause` determina en segundos la interrupcion de la grabacion realizada, se consideraron 5 segundos antes de empezar a grabar debido a que es necesario que se grabe sin que hayan personas en el lugar de la medición y que la grabación dura el doble de lo que dura el sine sweep ya que el sistema a medir tiene que volver a su estado de equilibrio cuando no hay entrada. Luego se consideró dejar 1 segundo grabando antes de de reproducir el sine-sweep con la función `sound` para no perder muestras. Como podemos obserbar en la *Figura 5* la grabación y el filtro inverso usados son finalmente guardados como un archivo `.wav` en la carpeta `mediciones`.

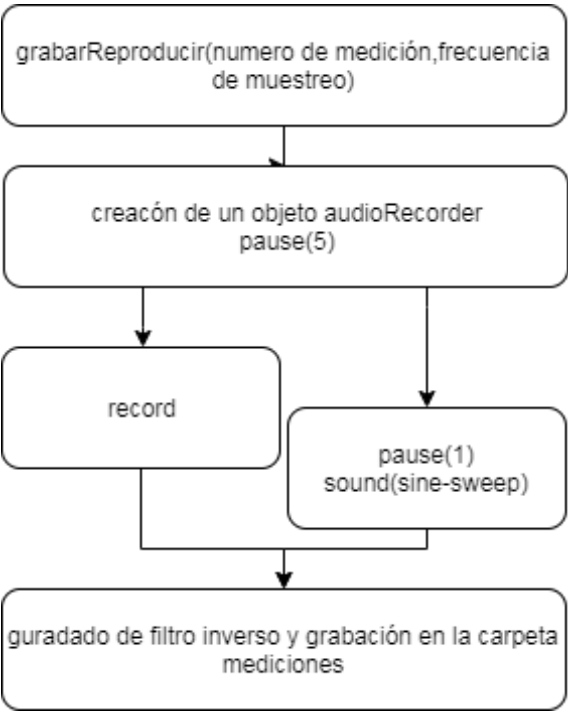


Figura 5: Diagrama de flujo de la función `grabarReproducir`.

La función `respuestaAllImpulso` toma dos vectores que luego ~~convolucionara~~ utilizando la transformada rápida de fourier y guardará el impulso en una carpeta llamada `respuestas al impulso`. En orden de visualizar un impulso sintetico se utilizó la función `respuestaSintetizada` que tendrá como parámetros las bandas centrales, el T60 y la frec-

cuencia de muestreo. a partir de estos datos se visualizó en Aurora su correcto funcionamiento como se puede ver en la *Figura 6*.

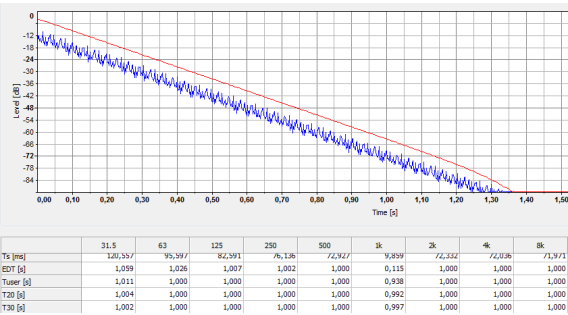


Figura 6: Respuesta sintetizada analizada por aurora.

Finalmente se programó dos funciones de filtrado que al pasar como parámetro una señal filtran la señal por bandas de octava y tercio de octava con la ayuda de la función `designfilt` con un orden de 8 y 6 respectivamente según la norma IEC 61260[2]. La salida de esta función son un conjunto de señales agrupados en un array con cada una de las bandas en la cual se filtró la señal. Se utilizó la función `fvtool` para graficar los filtros diseñados como se observa en la *Figura 7* y en la *Figura 8*.

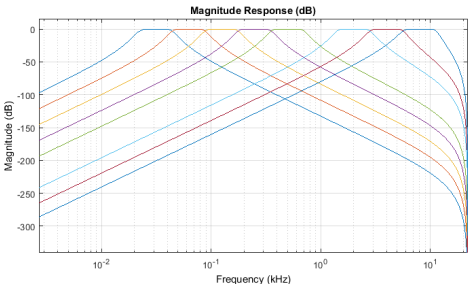


Figura 7: Filtros de octava.

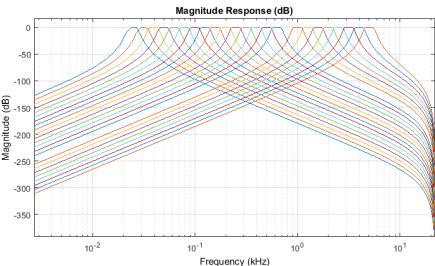


Figura 8: Filtros de octava.

## 4. Conclusiones

Ante los problemas planteado se encontraron buenos resultados. Se deberían agregar en las funciones un sistema de manejos de errores para mejorar la interacción ante usuarios que no participaron en el desarrollo de esta aplicación.

## Referencias

- [1] I. Nikolić and O. H. Bjor (2003).
- [2] CEI. 61260:2001. Electroacustics Octave-band and fractional-octave-band filters. 2001.
- [3] ISO. 3382:1997. Acoustics Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.