

# Desarrollo de software para eventual caracterización acústica de recinto bajo norma ISO 3382

Haidar, Juan Francisco<sup>1</sup>, Neira, Matías Nicolás<sup>2</sup>, Tomaz, Matías<sup>3</sup>



Señales & Sistemas, Ingeniería de sonido

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos aires, Argentina.


<sup>1</sup> juanfheidar@gmail.com, <sup>2</sup> maatineira5@gmail.com, <sup>3</sup> matitomaz@gmail.com

## Resumen

*El siguiente trabajo contempla la programación de un software desarrollado en la plataforma Matlab que permita un eventual análisis de ciertos parámetros acústicos contemplados en la normativa ISO 3382. El estudio consiste en la configuración y sintetización de ruido rosa, la generación de un sine-sweep logarítmico con su filtro inverso y un proceso de convolución entre ambos y la grabación y reproducción simultánea de las señales.*

**Keywords:** ISO 3382, IR

## 1. Introducción

El presente informe consiste en la cción de un software que proporcione un ocasional estudio de ciertos parámetros acústicos contemplados en la normativa ISO 3382. El mismo consta de tres instancias: una primera fase, correspondiente a la calibración de la fuente elegida, lograda mediante una sintetización de ruido rosa; una segunda etapa, consistente en la obtención de la respuesta al impulso del sistema, trabajada con la generación de sine-sweep y su filtro inverso; y, en tercer lugar, la adquisición de datos a través de la grabación y reproducción en simultáneo de las señales. Para tal realización, se utilizó el lenguaje informático MatLab.

## 2. Marco Teórico



### 2.1. Tiempo de Reverberación (TR)

Se define el tiempo de reverberación (TR) de una señal como aquel requerido para que decaigan a una determinada intensidad las reflexiones del sonido directo. La norma ISO 3388 lo define como aquel tiempo necesario para que el nivel de presión sonora (SPL) decaiga en 60 [dB] luego de que la fuente sonora deje de actuar, se lo denomina T60. La normativa ISO 354, a su vez, afirma que es posible obtener el T60 mediante la extrapolación de mediciones correspondientes al decaimiento temprano

de la señal tales como caídas de 10 [dB] (T10), 20 [dB] (T20) o 30 [dB] (T30).<sup>[2]</sup>

### 2.2. Ruido Rosa

El ruido rosa, también conocido como  $1/\sqrt{f}$ , es un ruido cuyo nivel de presión sonora está caracterizado por una densidad espectral inversamente proporcional a la frecuencia  $f$ . Cuando este se visualiza en un analizador de espectro, se denota que todas las bandas de octava tienen el mismo nivel sonoro, donde cada octava tiene el doble de ancho de banda que su octava inmediatamente inferior. Para lograr que el nivel sea constante en todas las octavas, el ruido rosa tiene una caída de 3[dB] por octava.<sup>[3]</sup>

### 2.3. Sine-sweep logarítmico

El sine-sweep logarítmico es una señal sinusoidal de amplitud constante cuya frecuencia varía en función del tiempo. Es caracterizado por existir una frecuencia a la vez de manera ascendente considerando un rango entre las frecuencias angulares  $\omega_1$  y  $\omega_2$ , y un tiempo  $T$  de duración. Su espectro presenta una disminución de 3 [dB] por octava y es definida por la expresión matemática correspondiente<sup>[1]</sup>

$$x(t) = \sin\left[\frac{T\omega_1}{\ln(\frac{\omega_2}{\omega_1})}\left(e^{\frac{t \ln(\frac{\omega_2}{\omega_1})}{T}} - 1\right)\right] * x(t) \quad (1)$$

donde  $x(t)$  es la función sine-sweep logarítmico y  $t$  es la variable independiente de longitud igual a  $T$  y cantidad de valores igual a la suma de muestras elegidas (hallada al multiplicar la frecuencia de muestreo con la duración de  $T$ ).

## 2.4. Filtro inverso

El filtro inverso consiste en la inversión en tiempo del sine-sweep de modo que se obtiene  $x(-t)$ . A su vez, conlleva una modulación en amplitud ( $m(t)$ ) dada por la ecuación

$$m(t) = \frac{1}{2\pi e^{-\frac{t \ln(\frac{\omega_2}{\omega_1})}{T}}} \quad (2)$$

$m(t)$  compensa la diferencia de energía respecto a la señal de entrada original. El filtro inverso  $k(t)$  queda definido entonces como:

$$k(t) = m(t) * x(-t) \quad (3)$$

## 3. Desarrollo experimental

Este trabajo consiste en tres etapas de desarrollo: una primera, destinada a la sintetización de ruido rosa para la calibración de la fuente elegida; una segunda, referida a la generación de un sine-sweep logarítmico y un proceso de convolución con su respectivo filtro inverso; y una tercera, basada en la grabación y reproducción simultánea de las señales mencionadas.

### 3.1. Sintetización de ruido rosa

Para la creación del filtro pertinente a 3 [dB] de caída por octava, se utilizaron los coeficientes brindados por los docentes de la asignatura. Una vez obtenidos, se calculó la cantidad de muestras necesarias correspondientes al T60 y a los coeficientes del filtro. Luego, se estableció una señal formada por un vector de valores aleatorios previamente definido y se le aplicó el filtrado adecuado de  $1/\sqrt{f}$ . Finalmente, se eliminaron los valores correspondientes al transitorio de la señal y, de esa manera, se llegó a la sintetización buscada. A modo de corroboración y aporte de información, se graficó la señal en función de una longitud temporal  $T$  arbitraria con la función *plot* de *MatLab*.

### 3.2. Sine-sweep logarítmico y proceso de convolución

Primeramente, se configuró el sine-sweep y su filtro inverso mediante dos funciones presentadas

en archivos diferentes. En cuanto al sine-sweep logarítmico, se configuró una función cuyas entradas corresponden al tiempo de duración ( $T$ ), la frecuencia inicial  $\omega_0$  y la frecuencia final  $\omega_f$ . La cuenta definida como el sine-sweep es ecuación (1). Por otro lado, en cuanto al filtro inverso, se requirió aplicar una función modulación  $m(t)$  programada como una función independiente con las mismas entradas que el sine-sweep pero con la adhesión de la variable  $t$  (véase sección 2.3). Empleando la ecuación (2), se adquirió la modulación necesaria. Una vez obtenida  $m(t)$ , se configuró la función ligada al filtro inverso, poseedora de las mismas entradas que el sine-sweep, ejecutándose una multiplicación escalar entre la modulación y el sine-sweep, tal como muestra la ecuación (3). Para lograr la inversión de signo del dominio del sine-sweep, se hizo uso de la función *flip*, propia de *MatLab*. Finalmente, se analizó el espectro de las señales en función del tiempo  $T$  mediante la función *plot*. En un segundo momento, se procedió al proceso de convolución entre el sine-sweep y el filtro inverso. Para tal operación, se aprovechó la función *conv* de *MatLab*.

### 3.3. Grabación y reproducción simultánea

Para llevar a cabo la última fase de estudio, se emplearon funciones propias del lenguaje informático utilizado. Se definieron medidas y procesos como la profundidad de bits, canales a grabar, información fuente y forma de grabación empleada (función *audiorecorder*), longitud temporal (función *recordblocking*) arraigada a un tiempo ( $T$ ) correspondiente a la duración de la señal elegida y una frecuencia de muestreo con valor igual a 44.1 [KHz.]. Por otro lado, posteriormente a ser almacenada la grabación con formato de archivo [.WAV] (función *getaudiodata* y *audiowrite*), se reprodujo el audio mediante la función *sound*.

## 4. Resultados y análisis



Para la validación del código creado, se analizaron los espectros de las señales haciendo uso del software *Audacity*. A continuación, se presentan los gráficos correspondientes a las amplitudes de las señales trabajadas en función de la frecuencia (*Audacity*) y en función del tiempo (*Matlab*).

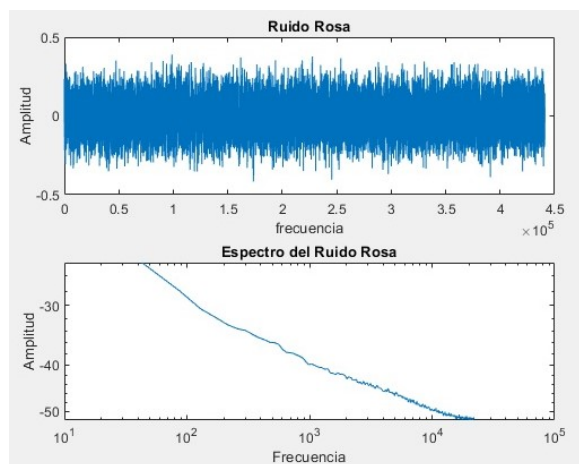


Figura 1: Espectro de ruido rosa en función del tiempo de duración (gráfico superior) y en función de la frecuencia (gráfico inferior).

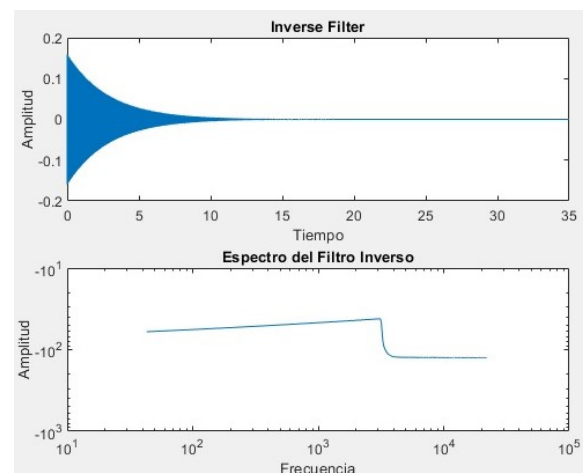


Figura 3: Espectro del filtro inverso en función del tiempo de duración (gráfico superior) y en función de la frecuencia (gráfico inferior).

## 5. Conclusiones

Contemplando la información obtenida, tanto gráficos como archivos de audio y su posterior análisis con el programa Audacity, se concluye en un buen desarrollo del software programado. Dado que las consignas correspondientes a la entrega N°2 no fueron alcanzadas en su totalidad, consideramos como grupo la realización del informe sólo ligado a la entrega N°1, evitando la incompletitud de la segunda parte.

## Referencias

- [1] Angelo Farina. *Advancements in impulse response measurements by sine sweeps*. @ Audio Engineering Society Convention 122. Audio Engineering Society., 2007.
- [2] Schroeder. *New Method of Measuring Reverberation Time*. Bell Telephone Laboratories, 1964.
- [3] Unknown. 1/f noise. [http://www.scholarpedia.org/article/1/f\\_noise](http://www.scholarpedia.org/article/1/f_noise), Oct 2013. Accessed on 01/05/2020.

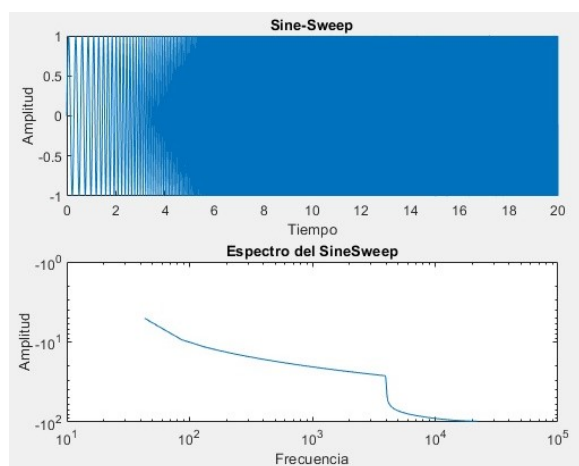


Figura 2: Espectro de sine-sweep logarítmico en función del tiempo de duración (gráfico superior) y en función de la frecuencia (gráfico inferior).