

# MEDICIÓN DE RESPUESTA EN FRECUENCIA Y SENSIBILIDAD DE VARIOS MICRÓFONOS

Federico Feldsberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Tres De Febrero, Buenos Aires, Argentina  
fedefelds@hotmail.com

## Resumen

*En este artículo se describe una serie de mediciones llevadas a cabo en el marco de la materia Electroacústica I. Se recurre a dos métodos de medición distintos para caracterizar los micrófonos Shure SM57, Rode NT2000, Earthworks M50 y Beyerdynamic MM1.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo describir los procesos de medición llevados a cabo en el marco de la materia Electroacústica I, así como analizar los resultados allí obtenidos desde el marco teórico de la misma.

Las mediciones están relacionadas con los conceptos de sensibilidad y respuesta en frecuencia de micrófonos. Se consideran dos micrófonos durante todo el proceso: uno se utiliza como micrófono referencia, y el micrófono a medir, de sensibilidad y respuesta en frecuencia desconocidas. Se utilizaron dos métodos de medición: el método clásico de Davis y otro método moderno basado en la función de transferencia.

## 2. MÉTODO CLÁSICO

El método clásico propuesto por Davis en [1] permite medir la sensibilidad y la respuesta en frecuencia de un micrófono dado.

Para este método se utiliza el siguiente instrumental:

- una consola mezcladora Behringer
- un parlante de monitoreo KRK
- un sonómetro Svantek y su calibrador
- un multímetro digital Uni-T
- un osciloscopio digital Tektronix
- un micrófono de referencia Earthworks M50

### 2.1. MEDICIÓN DE SENSIBILIDAD

En primer lugar, se mide el piso de ruido en el lugar de medición para asegurarse de que el mismo no afecte las demás mediciones. Se calibra el sonómetro con el tono puro de 1 kHz que emite su calibrador, de manera que este último detecte un nivel de presión sonora de referencia de 94 dB SPL, y calcule las compensaciones necesarias. Además se le asigna un tiempo de integración lento.

Dicho método consiste en utilizar un micrófono de referencia (Earthworks M50) cuya sensibilidad es conocida. Debido a su respuesta en frecuencia en respuesta prácticamente plana, es considerado un micrófono ideal. Tanto el micrófono de referencia como el micrófono a medir se colocan a una distancia de 15 cm del parlante para poder asegurar el nivel de presión sonora deseado.

La figura 1 indica el arreglo instrumental utilizado en el método clásico

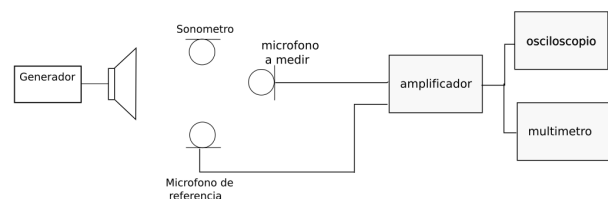


Figura 1: Arreglo instrumental del método clásico

El micrófono de referencia es expuesto a un tono puro de 1 kHz a un nivel de presión sonora de 94 dB SPL. El nivel de presión sonora es controlado con el sonómetro Svantek. Debido a que no poseemos instrumental lo suficientemente preciso para medir tensiones en el orden de magnitud de los mV, debemos amplificar la tensión generada en los termi-

nales del micrófono mediante el uso de una consola mezcladora. La forma de onda de la salida de dicha consola es monitoreada por medio de un osciloscopio digital, a modo de hallar una ganancia tal que sea medible por nuestro instrumental y aun así no ocasione recortes de señal. Dicha ganancia se fija para toda la medición.

La sensibilidad de un micrófono  $S_0$  esta definida como la tensión en los terminales de salida del mismo, al estar expuesto a un nivel de presión sonora de 94 dB SPL. Debido a que la sensibilidad de nuestro micrófono de referencia es conocida, podemos averiguar la ganancia de la consola si consideramos las ecuaciones 1 y 2.

$$G_v = \frac{V_o}{V_i} \quad (1)$$

$$G_{dB} = 20 \log \left( \frac{V_o}{V_i} \right) \quad (2)$$

Bajo las condiciones de esta medición  $V_o$  es conocido y  $V_i = S_0$ , por lo que la ganancia tanto en veces como en dB queda determinada por las ecuaciones 3 y 4 respectivamente:

$$G_v = \frac{V_o}{S} \quad (3)$$

$$G_{dB} = 20 \log \left( \frac{V_o}{S} \right) \quad (4)$$

Luego se intercambia el micrófono de referencia por el Shure SM57, cuya sensibilidad desconocida es  $S_1$ . Dicho transductor es expuesto a un tono puro de 1 kHz a 94 dB SPL y la tensión en la salida de la consola mezcladora es medido. Por lo tanto, la sensibilidad del micrófono bajo medición esta dada por la ecuación

5:

$$S_1 = \frac{V_o}{G_v} \quad (5)$$

## 2.2. MEDICIÓN DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

La medición de respuesta en frecuencia se basa en un arreglo instrumental similar al usado en la medición de sensibilidad según el método clásico. La única diferencia esta en el nivel de presión sonora de la señal utilizada: Debido a que el monitor no es capaz de manejar un nivel de 94 dB SPL en altas frecuencias, se uso 84 dB SPL. En los ajustes del generador se regula la frecuencia del tono puro y al mismo tiempo se mide la tensión en la salida de la consola mezcladora en 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz y 10 kHz.

## 3. MÉTODO MODERNO

el metodo moderno propuesto se basa el empleo de una función de transferencia [2] y permite medir la respuesta en frecuencia de un micrófono dado.

Para este método se utiliza el siguiente instrumental:

- un micrófono de referencia Earthworks M50
- una interfaz USB
- Software Smaart V 7.4
- un parlante de monitoreo KRK
- micrófonos Shure SM57 y Rode NT2000
- micrófono Beyerdynamic MM1

En primer lugar, se mide el piso de ruido en el lugar de medición para asegurarse de que el mismo no afecte las demás mediciones. Luego se coloca el micrófono de referencia y el micrófono a medir frente al centro acústico del monitor. Las cápsulas de ambos micrófonos deben estar lo mas cerca posible para que el campo acústico captado por ambos sea lo mas parecido posible.

La figura 2 indica el arreglo instrumental del método moderno:

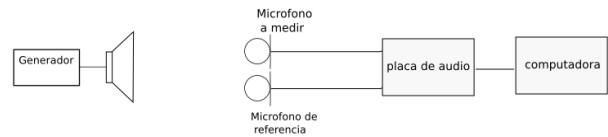


Figura 2: Arreglo instrumental del método moderno

Ambos micrófonos son expuestos a ruido rosa y las señales captadas por ambos es procesada por el Software. Este ultimo compara ambas señales y bajo la suposición que micrófono de referencia Earthworks M50 es un micrófono con respuesta en frecuencia plana, permite obtener la respuesta en frecuencia del micrófono a medir.

Los micrófonos medidos son : Shure SM57, Rodes NT2000, Earthworks M50 y Beyerdynamic MM1. El Earthworks M50 y el Beyerdynamic MM1 fueron medidos en eje y a 90°.

## 4. RESULTADOS

En la siguiente seccion exponemos los resultados de las mediciones realizadas:

## 4.1. MÉTODO CLÁSICO

El calibrador del sonometro establece una corrección de 0.02 dB. En un intervalo de 10 segundos, dicho sonometro indica un nivel de ruido equivalente de 75,3 dBz. Considerando que  $S_0 = 34 \text{ mV/Pa}$ , la sensibilidad del Shure SM57 medida es de 1 mV/Pa.

La tabla 1 presenta los resultados de la medición de respuesta en frecuencia del micrófono Shure SM57. La tercer columna presenta los valores en dB referidos a 1kHz.

Frecuencia	Sensibilidad [mV]	Sensibilidad [dB]
100 Hz	690	-1,8
500 Hz	580	-3,3
1 kHz	850	0
10 kHz	1150	2,6

Tabla 1: Valores obtenidos en la medición de respuesta en frecuencia del Shure SM57

La figura 3 es una representación gráfica de la información presentada en la tabla 1. Dicha figura puede considerarse una aproximación sencilla de la respuesta en frecuencia del Shure SM57.

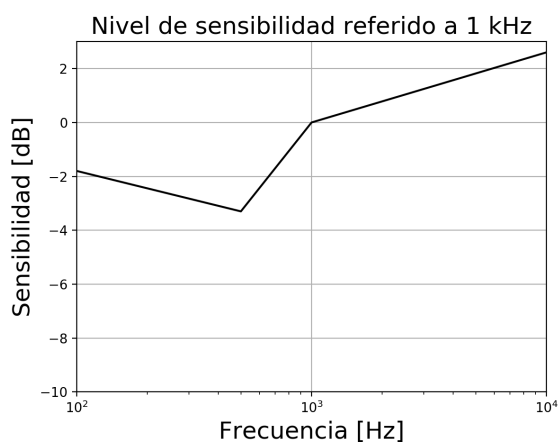


Figura 3: Aproximación de la respuesta en frecuencia del SM57

## 4.2. MÉTODO MODERNO

Las curvas de respuesta en frecuencia son exportados desde Smaart y graficados mediante el uso de la librería *Matplotlib*. El script utilizado para dicha tarea se encuentra en el Anexo A. Las figuras 4 a 7 representan la respuesta en frecuencia de los micrófonos medidos en este trabajo.

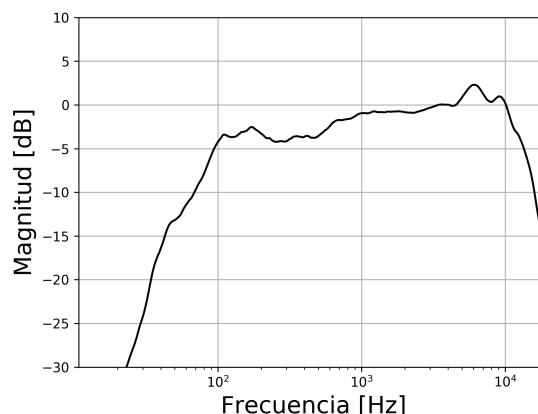


Figura 4: Respuesta en frecuencia del SM57 obtenida

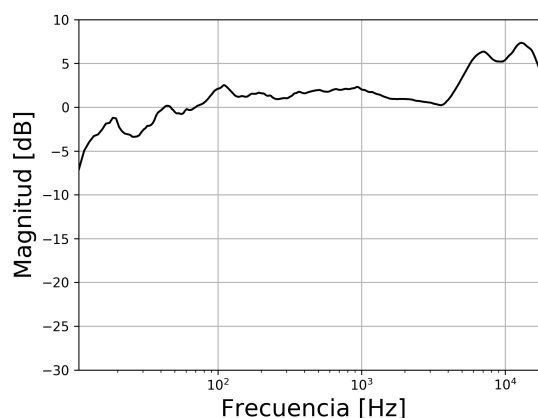


Figura 5: Respuesta en frecuencia del Rodes NT2000 obtenida

El micrófono Beyerdynamic MM1 fue medido en eje y a  $90^\circ$ . En el caso de la figura 6, la línea sólida corresponde a la medición en eje y la línea punteada corresponde a la medición a  $90^\circ$ .

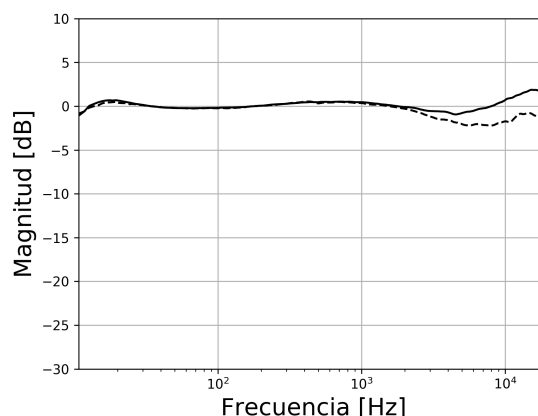


Figura 6: Respuesta en frecuencia del Beyerdynamic MM1 obtenida

El micrófono Earthworks M50 también fue medido en eje y a  $90^\circ$ . En el caso de la figura 7, la línea punteada corresponde a la medición en eje y la línea sólida corresponde a la medición a  $90^\circ$ .

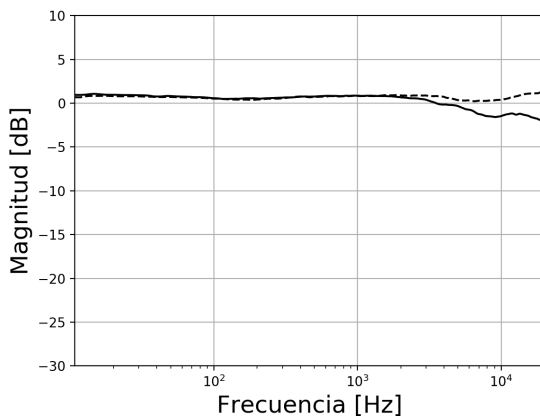


Figura 7: Respuesta en frecuencia del Earthworks M50 obtenida

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El valor de sensibilidad del SM57 medido difiere 0,6 mV respecto del valor especificado por el fabricante. Esto es aceptable, debido al error introducido por los dispositivos de medición. Este trabajo fundamenta la hipótesis de que la sensibilidad del Shure SM57 es mucho más baja que la del Earthworks M50. Esto se debe a varios factores, pero principalmente se debe al tipo de transducción que utiliza cada micrófono. Podemos atribuir esta diferencia a los posibles errores de medición no contemplados, pero también se debe considerar el posible impacto de la dispersión de fabricación.

La figura 3 está basada en la información de la tabla 1. Para medir respuesta en frecuencia con cierta precisión, el método clásico resulta muy laborioso. Debido a las limitaciones del método clásico, solamente se tomaron valores para 4 frecuencias diferentes. En cambio mediante el método moderno se tomaron valores para más de 800 frecuencias. Por lo tanto, no podemos juzgar el comportamiento del Shure SM57 en base a la información provista por la tabla 1 y la figura 3.

Si consideramos la respuesta en frecuencia del Shure SM57 obtenida mediante el método moderno, podemos comparar la figura 4 con la propuesta por el fabricante [3]. En dicha comparación se observan discrepancias en altas frecuencias. Esto probablemente se deba al hecho que en altas frecuencias, la longitud de onda es comparable a la distancia

entre las cápsulas del micrófono de referencia y el micrófono a medir. Bajo estas condiciones la hipótesis de que ambas cápsulas están expuestas al mismo campo acústico se ve debilitada.

Por otro lado, tal como era de esperar, se verifica que la sensibilidad del Earthworks M50 es mayor que la del Shure SM57. En términos generales, podemos afirmar que el comportamiento de el Shure SM57 y el Rode NT2000 coinciden con las respectivas descripciones del comportamiento de un micrófono dinámico y uno de condensador presentadas por Beranek en [4]

Al observar las figuras 7 y 6 se puede confirmar que en bajas y medias frecuencias, ambos micrófonos exhiben un comportamiento omnidireccional. Sin embargo, se puede observar que para alta frecuencia, ambos micrófonos no presentan dicho comportamiento omnidireccional.

## 6. CONCLUSIONES

El método moderno presentado en este trabajo resulta más ágil que el método clásico y parece otorgar resultados aceptables en cuanto a las mediciones de respuesta en frecuencia. Por otro lado, dicho método resulta más fácil de reproducir debido a que requiere de un instrumental más sencillo que el método clásico. Las discrepancias entre los valores medidos y los valores propuestos por los respectivos fabricantes se atribuye tanto a la dispersión de fabricación como al error de medición. Dicho error es una suma de sucesivos factores de incertidumbre dados por las condiciones ambientales y los dispositivos de medición, particularmente de las alinealidades introducidas por el parlante, utilizado como fuente de tonos puros.

## 7. REFERENCIAS

- [1] D. Davis y E. Patronis. *Sound System Engineering*. Elsevier Focal Press, 25 de abr. de 2013.
- [2] *Getting Started with Smaart v7*. Rational Acoustics.
- [3] Shure. *Product Specifications, SM57 Cardioid Dynamic Microphone*. URL: [http://cdn.shure.com/specification\\_sheet/upload/81/sm57-specification-sheet-english.pdf](http://cdn.shure.com/specification_sheet/upload/81/sm57-specification-sheet-english.pdf).
- [4] L.L. Beranek y T.J. Mellow. *Acoustics: Sound Fields and Transducers*. Academic Press. Academic Press, 2012. ISBN: 9780123914217.

## A. SCRIPT EN PYTHON

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
def xy_a_txt(carpeta,nombre,col1,col2,xscale,xmin,xmax,ymin,ymax,size,xlabel,ylabel):
    filename = carpeta+nombre+'.txt'
    name=carpeta+'fresponse '+ nombre
    data = open(filename) # open file with names in
    rbfile = data.readline() # read data file name
    x = np.genfromtxt(filename,skip_header=2,usecols=(col1))
    y = np.genfromtxt(filename,skip_header=2,usecols=(col2))
    plt.plot(x,y,color='black')
    plt.xscale(xscale)
    plt.axis([xmin,xmax,ymin,ymax])
    plt.xlabel(xlabel, fontsize=size)
    plt.ylabel(ylabel, fontsize=size)
    plt.grid(True)
    plt.savefig(name,dpi=300)
```