

MEDICION DE NIVEL DE PRESION SONORA EN UNA SALA UTILIZANDO SMARTPHONES

DE BORTOLI, LUCIANO

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina
luciano.nicolas.de.bortoli@gmail.com

RESUMEN Este trabajo investiga sobre el uso de teléfonos celulares (smartphones) para la obtención de niveles de presión sonora. En este caso, utilizando la aplicación “Sound Analyzer App” en el celular Motorola Moto E. Las mediciones se realizaron en un aula perteneciente a la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF). Los resultados obtenidos con el celular muestran significativas diferencias con las mediciones realizadas con un sonómetro.

INTRODUCTION

Medir niveles de presión sonora en salas con sonómetros es la práctica estándar, sin embargo, con las nuevas tecnologías y desarrollo de aplicaciones para celulares, cabe preguntarse si éstos dispositivos están a la altura de obtener resultados válidos y consistentes. En este trabajo se investiga particularmente el desempeño de la aplicación “Sound Analyzer App” en el celular Motorola E para obtener el nivel de presión sonora equivalente en un aula. Realizando repetidas mediciones se puede obtener el nivel de incertidumbre. Luego se comparan los resultados obtenidos con los que obtiene un sonómetro calibrado.

MARCO TEORICO

La energía sonora presente en una sala no está uniformemente distribuida, en consecuencia, en distintos puntos del espacio se medirán diferentes niveles de presión sonora. Para obtener un valor representativo del nivel de presión sonora de una sala es necesario tomar ciertas precauciones al momento de medir. Cuando una fuente irradia sonido dentro de una sala existen dos tipos de energía presentes: una variable y otra constante. [1] La energía variable corresponde al sonido directo, ésta disminuye con la ley del cuadrado inverso para

ondas esféricas, es decir, -6 dB al doblar la distancia. Por otro lado, la energía constante está asociada al sonido de campo difuso generado por las reflexiones de las superficies de la sala. El nivel que se quiere medir está compuesto en parte por el sonido directo y, por otra parte, por el sonido reflejado. Sin embargo, sus proporciones son dependientes del punto en donde se mide. Entonces, dentro de la sala, existirá una zona en donde predomine el sonido directo, llamada campo directo, y otra en donde domine el sonido reflejado, llamado campo reverberante. Existe una distancia de fuente para la cual el nivel de campo directo es equivalente al nivel de campo reverberante. [2] Esta distancia recibe el nombre de distancia crítica (D_c). La interacción de los campos sonoros se puede observar en la Figura 1.

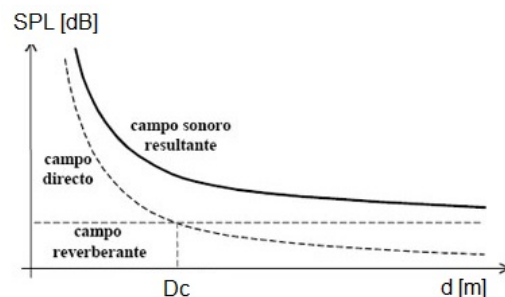


Figura 1: Interacción de campos sonoros

El valor de la distancia crítica se puede obtener considerando la directividad (Q) de la fuente y la constante de sala (R) mediante la ecuación (1).

$$Dc = 0.06 \sqrt{\frac{V}{RT}} \quad (1)$$

En un campo reverberante se tiene mayor homogeneidad en las direcciones de arriba del sonido al nivel que el nivel no debería variar con la variación de distancia, lo que se entiende por un sistema isotrópico.

Bajo estas condiciones, el sistema se considera ergódico, pudiéndose describir el comportamiento promediando muestras obtenidas en tiempos diferentes.

Una vez realizadas las mediciones se debe hallar la incertidumbre de las mismas, esto se logra obteniendo el desvío de las muestras. Esto se puede calcular aplicando la ecuación (2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (xi - \bar{x})^2}{N}} \quad (2)$$

Donde xi es cada valor medido, \bar{x} es la media muestral y N es la cantidad de muestras. Si hubiera más fuentes de incertidumbre comparables, se deberían combinar aplicando la raíz cuadrada a la suma de los cuadrados de los mismos. Finalmente, para obtener la incertidumbre asumiendo distribución normal, se aplica la ecuación (3), utilizando el factor K, que debe igualarse a 2 para un 95% de confianza en los resultados.

$$U = K \sigma \quad (3)$$

METODOLOGIA

La sala utilizada para la medición es un aula perteneciente a la Universidad Nacional de Tres de Febrero, Caseros, Buenos Aires, Argentina. Tiene 480 cm de ancho, 840 cm de largo y 290 cm de altura. Las dimensiones se muestran en la Figura 2. El volumen de la sala se calcula en 114 m³, valor que se utiliza para el cálculo de distancia crítica.

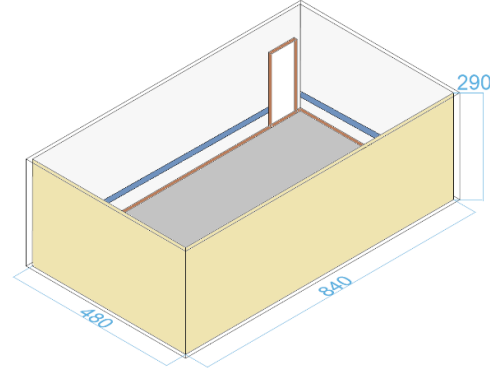


Figura 2: Dimensiones de sala utilizada

Para realizar la experiencia, se coloca una fuente sonora en una esquina de la sala, separada 1m de las paredes aproximadamente, de forma que funcione como una fuente de Q aproximadamente igual a 1. Se configura la aplicación para que devuelva resultados en nivel presión sonora global equivalente. Se utiliza ruido rosa interrumpido como señal, ya que permite evaluar el tiempo de integración que utiliza la aplicación en caso de desconocerlo. El on-set del ruido interrumpido es de 1 segundo, mientras que su off-set es 400 ms. El parlante que se utiliza para la reproducción del ruido rosa es un KRK Rockit 8, al que se le redujeron 3 dB con su control de agudos trasero.

Mientras se reproduce el ruido, se toman mediciones en diferentes puntos del espacio contenidos en el campo reverberante cada 30 segundos.

Las posiciones se muestran en la Figura 2

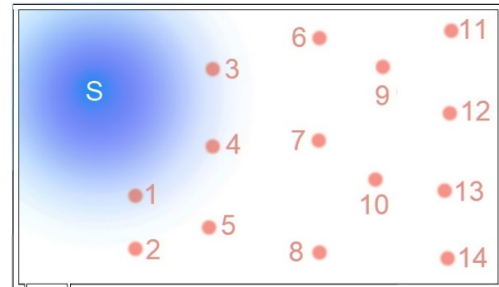


Figura 3: Posiciones de micrófonos

Se decidió por las posiciones de micrófono que aparecen en la Figura 2 debido a que se considera que representan la mayor cobertura del espacio del campo reverberante.

El valor de tiempo de reverberación debe conocerse con anterioridad, o bien medirlo in situ. En este caso, se tenía de mediciones anteriores, en las que se obtuvo 1.17 s. Lo que implica una distancia crítica de 0.59 m, usando ecuación (1).

RESULTADOS

La aplicación *Sound Analyzer App* muestra los resultados según la interface que aparece en la Figura 4. Muestra en un gráfico la evolución temporal de los resultados obtenidos en tiempo real.

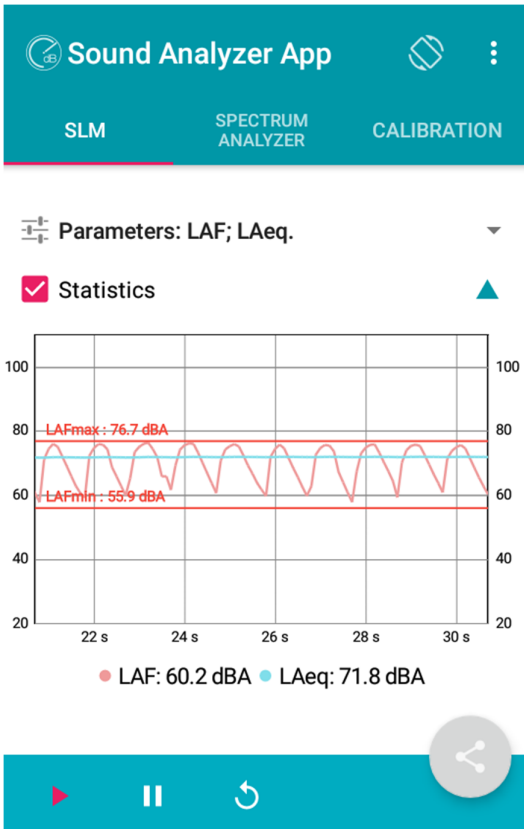


Figura 4: Interface de la aplicación, resultados para la posición 1.

En el eje Y se muestra el valor de nivel de presión sonora en decibeles, mientras que en el eje X se muestra el tiempo de medición. Las líneas rojas se muestran los niveles máximos y mínimos que almacena durante la medición. La curva roja muestra la evolución de los resultados instantáneos durante el tiempo. En azul se muestra el nivel global equivalente ponderado A.

Los valores obtenidos mediante el uso de la aplicación para medir nivel de presión sonora global equivalente y pico se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de sala

Posición N°	$L_{eq} [dB A]$	$L [dB A] peak$
1	71.8	76.7
2	81.1	74.8
3	69.1	73.0
4	68.6	73.3
5	69.0	73.8
6	68.5	72.1
7	68.8	73.2
8	66.9	71.8
9	66.8	71.1
10	65.4	70.6
11	65.5	70.4
12	64.9	69.8
13	63.7	68.9
14	63.3	68.1
PROME	67.3	71.7
DESVIO	2.5	5.1

Para un 95% de confianza, se obtiene una incertidumbre de 5 dB. Se puede observar que el nivel de presión sonora equivalente ponderado A obtenido es:

$$L_{PA} = 67.4 \pm 5 \text{ dB (A)}$$

Se colocó el celular a 1 metro de la fuente y se integró durante 10 segundos. Luego se comparó el

resultado con el obtenido por el sonómetro configurado en slow, ponderado A. Estos resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Resultados a 1 metro

<i>Instrumento</i>	<i>Resultado [dB A]</i>
<i>Sound Analyzer App</i>	70.8
<i>Sonometro SVANTEK</i>	82.0

En primera instancia se puede observar que los resultados obtenidos son significativamente diferentes. Esto es así debido a que el sonómetro está realizando mediciones con tiempos de integración de 1 segundo mientras que la aplicación está integrando durante 10 segundos, tomando distintos valores de energía en distintos períodos de integración. Sin embargo, la diferencia de resultados se considera sumamente alta para deberse meramente a diferencias de tiempos de integración. Una explicación más consistente es que la aplicación no está diseñada específicamente para el celular con el que se va a medir. Los celulares tienen diferentes micrófonos y aplican diferentes ganancias dependiendo del modelo, obteniendo valores muy diferentes utilizando la misma aplicación. Una posible recomendación que se le podría hacer al desarrollado de la aplicación es que permita seleccionar el modelo de teléfono que se utiliza, de forma que con esta información, la aplicación carga el respectivo perfil de su base de datos y realiza una calibración preliminar. De todas formas, el fabricante permite realizar una calibración con el mismo celular, sometiéndolo a una señal conocida.

Se obtuvo una incertidumbre de 2.5 dB para las mediciones de sala, este valor está asociado a errores sistemáticos de medición tales como que se

localizaran micrófonos a una distancia muy cercana de paredes, en algunos casos a menos de 1 metro.

Por otro lado, el valor de incertidumbre obtenido es considerando una distribución normal en las muestras, sin embargo, la cantidad de muestras es inferior a 30, por lo que el desvío muestral se debería hallar aplicando una distribución de t de student. Por sobre eso, no se midió repetidamente en la misma posición para obtener incertidumbre de medición del mismo equipo de medición y obtener así el desvío combinado.

Por último, mediante esta experiencia se hace evidente la diferencia entre precisión y exactitud. El sistema de medición presenta un grado de precisión mayor que de exactitud. Debería repetirse la experiencia con la aplicación calibrada para medir el grado de exactitud del software.

CONCLUSIONES

Se logró obtener un valor de nivel de presión sonora global ponderado A de la sala a medir, sin embargo, estos resultados se consideran inválidos, ya que la aplicación no estaba calibrada a un valor de referencia, sino a un patrón general estimado por el desarrollado de la aplicación. Se considera que se debería calibrar la aplicación con el celular utilizado y repetir la medición para obtener resultados válidos. El número total de mediciones realizadas es 14, mucho inferior a 30, que es el mínimo que se requiere para considerar una distribución muestral gaussiana. Para la siguiente medición se requerirá incrementar dicho número y agregar mediciones en posiciones repetidas de micrófono para obtener la incertidumbre del instrumento.

REFERENCIAS

[1] www.lpi.tel.uva.es

[2] <http://www.eumus.edu.uy>