



Cátedra

Fundamentos de Acústica y Electroacústica

(Año 2018)

Docente: Ing. Sebastián P. Ferreyra (Prof. Adjunto)

Trabajo Práctico Nro: 1 (individual)

Alumno: Sosa, Javier

Legajo N°: 65337

Curso: 6R1

Tema: Caracterización de Fuente Sonora

Objetivo: Caracterizar una fuente sonora (FS). Configurar y calibrar un sistema de medición acústico utilizando micrófono, placa de adquisición de datos (DAQ: Data Acquisition) de sonido y software libre de medición acústica. Medir niveles sonoros estandarizados aplicando diferentes constates de tiempo (Slow, Fast y Peak) y redes de ponderación espectral (A, C y Z). Análisis de descriptores sonoros. Análisis de frecuencia por FFT del sonido medido en tiempo real.

1 Materiales e Instrumental necesarios.

- Micrófono (bobina móvil, electroestático ó piezoeléctrico)
- Computador personal (PC)
- Placa de adquisición de datos DAQ (sonido): (on board, o externa, resolución: 16 bits, frecuencia de muestreo: 44100 Hz)
- Software libre de medición acústica (REW 5.1)
- Cableado: para pequeña señal analógica (micrófono)
para señal digital (USB ó Fireware IEEE 1394) para DAQ externa

2 Marco Teórico

2.1 Fuente sonora

Podemos definir a una *fente* como cualquier objeto capaz de producir vibraciones mecánicas en un medio elástico, sea este último sólido, líquido o gaseoso. La fuente podrá clasificarse como “sonora”, “ultrasónica” e “infrasónica” en función del espectro de frecuencias audible del ser humano.

2.2 Características.

Una *fente sonora ó acústica* se caracteriza por la *potencia (energía por unidad de tiempo que radia)*, pero también con otros aspectos como *directividad* y *tipo de sonido que produce (continuo, impulsivo, armónico, inarmónico)*, entre otras características.

La fuente sonora puede emitir igual nivel de energía en todas direcciones (omnidireccional ó isotrópica). Sin embargo, en la práctica, esto último sucede bajo determinadas condiciones.



2.3 Directividad de una fuente sonora.

La *directividad de una fuente* se define como la capacidad de concentrar energía en una dirección determinada. Por lo cual, existe la posibilidad de representarla matemática y gráficamente, a través de *índices*, *coeficientes* y *diagramas* (Davis, 1983).

En acústica, generalmente se utilizan los llamados *diagramas de directividad*, que utilizan coordenadas polares para su representación. Para caracterizar en forma básica la directividad de una fuente sonora, se trazan por separado generalmente el *plano vertical* y el *plano horizontal* dentro del espectro de frecuencias bajo estudio. En la figura 1 se presentan diagramas de directividad del plano horizontal de un altavoz montado en una caja acústica.

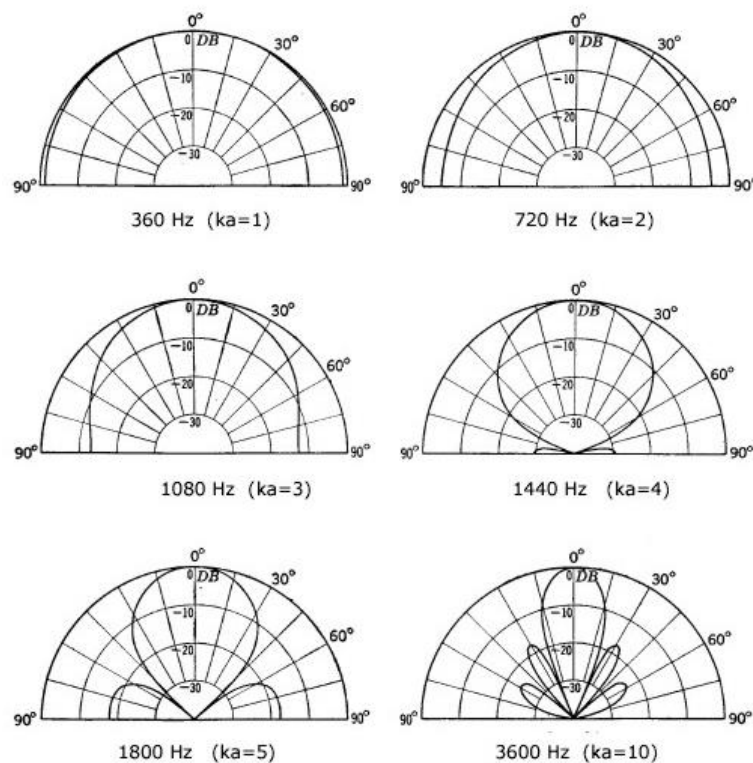


Figura 1. Diagrama de directividad del plano horizontal de un altavoz montado en una caja acústica, k : número de onda y a : diámetro del diafragma del altavoz (Davis, 1983).

En este caso se observa que la *directividad de la fuente* es diferente para una u otra frecuencia, pudiéndose inferir que con el aumento de la frecuencia, la radiación del sonido se vuelve cada vez más directiva, es decir, la energía sonora se concentra cada vez más en una determinada dirección.

2.4 El decibel

En la actualidad el sistema de notación con decibel (dB) se encuentra frecuentemente en diferentes disciplinas científicas como la acústica, la electrónica, las comunicaciones, la física, la economía, etc. Por definición, el *decibel* es la decima



parte del *Bel* (B), denominación adoptada en honor de Alexander Graham Bell (Davis, 1983).

Con el transcurso de los años el sistema fue adoptado universalmente, el mismo está basado en las propiedades de la función logaritmo, y permite realizar expansiones y compresiones de escalas en la forma necesaria, simplificando mucho los cálculos con grandes cantidades. Principalmente permite expresar *relaciones de magnitud* de parámetros como potencia, tensión, corriente, presión sonora, intensidad sonora, velocidad, aceleración, etc., y también puede utilizarse como una *magnitud de medida* cuando a uno de los parámetros de referencia se le asigna un valor unitario ó constante. Se recuerda a los lectores que una *magnitud* es todo aquello capaz de experimentar un aumento ó disminución.

Una de las claves de su gran aceptación es que todos los sentidos humanos, tacto, vista, audición, sensación de peso, etc., funcionan logarítmicamente. Es decir, que en presencia de un estímulo, la variación mínima perceptible es proporcional al estímulo ya existente (Ley Weber-Fechner).

El sistema fue originado en los laboratorios de la *Bell Telephone Company*, particularmente el *bel* y el *decibel* surgieron debido a la necesidad de definir una unidad que exprese la reducción ó atenuación de la potencia a las salida de una línea telefónica con respecto a la entrada. Mientras que el *neper*, antecesor al decibel, se utilizó inicialmente para medir la atenuación de una milla de cable patrón.

En el campo de la acústica tanto el *decibel* como el *neper* fueron y son ampliamente utilizados, por lo cual, se presenta a continuación un conjunto de definiciones en referencia al tema proporcionadas por el *American National Standard Institute (ANSI)* y la *Acoustical Society of America (ASA)*, en la norma *ANSI S.1.1-1994 (ASA 111-1994)*.

2.5 Nivel (Level) — *L*

En acústica, es el logaritmo de la razón de una cantidad a una cantidad de referencia de la misma naturaleza. La base del logaritmo, la cantidad de referencia y la naturaleza del nivel deben ser especificadas. Ejemplos de tipos de niveles son el nivel de potencia eléctrica, el nivel de presión sonora, el nivel de intensidad sonora, el nivel de velocidad de partículas, etc.

Para logaritmos decimales (en base 10) la nomenclatura es *log* ó *lg*. Para logaritmos naturales ó neperianos (en base *e*) la nomenclatura es *Ln* (ANSI,1994). La expresión matemática es

$$L = \log_r (q / q_0) \quad (1)$$

donde:

- L* nivel de especie determinada por la clase de la cantidad bajo consideración
- r* base de los logaritmos y proporción de referencia
- q* cantidad bajo consideración
- q₀* cantidad de referencia de la misma naturaleza ó tipo



2.6 Bel (B)

Unidad de nivel cuando la base del logaritmo es 10 y las cantidades afectadas son proporcionales a la potencia (ANSI,1994). Símbolo de la unidad, B,

$$L = \log_{10} (W / W_0) [B] \quad (2)$$

2.7 Decibel (dB)

Unidad de nivel cuando la base del logaritmo es la raíz décima de diez, lo que es igual a diez veces el logaritmo en base diez, y las cantidades afectadas son proporcionales a la potencia (ANSI,1994). Símbolo de la unidad, dB

$$L = 10 \log_{10} (W / W_0) [dB] \quad (3)$$

2.8 Neper (Np)

Unidad de nivel cuando la base del logaritmo es el numero $e = 2,71828...$ (logaritmos naturales ó neperianos). Asimismo, es unidad de nivel de una cantidad de energía, cuando la base del logaritmo es $e^2 = 7,389$. Símbolo de la unidad, Np (ANSI,1994). Como unidad de nivel de energía $1 \text{ Np} = 8,686 \text{ dB}$ y $1 \text{ dB} = 0,1151 \text{ Np}$.

2.9 Nivel de presión sonora — L_p

Se define como diez veces el logaritmo de base diez de la razón de la presión sonora eficaz de un sonido a la presión sonora eficaz de referencia, la cual para gases es de 20 micro Pascales (20 μPa) (ANSI,1994). Unidad, dB. Abreviatura NPS (SPL: sound pressure level). Símbolo, L_p

$$L_p = 10 \log_{10} (p^2 / p_{ref}^2) = 20 \log_{10} (p / p_{ref}) [dB] \quad (4)$$

Comparado con la presión estática del aire (1013 HPa), las variaciones de presión sonora son muy pequeñas, en un margen que puede ir desde los 20 μPa ($20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$) hasta 100 Pa. El valor de 20 μPa corresponde al umbral auditivo típico de una persona sin pérdidas de audición. Por lo tanto, es llamado *umbral auditivo*. Una presión sonora de aproximadamente 100 Pa, es tan alta que causa *dolor* y por lo tanto es denominado *umbral del dolor*. La relación entre estos dos extremos es mayor que un millón a uno.

Aplicar de forma directa escalas lineales (en Pa) a la medida de la presión sonora nos lleva a cifras enormes e inmanejables. Ya que el oído responde a los estímulos de forma logarítmica, es más práctico expresar los parámetros acústicos como una relación logarítmica entre el valor medido respecto a un valor de referencia. La ventaja de usar decibelios se observa en la *figura 2*. Aquí, la escala lineal con sus grandes cifras se convierte en una escala manejable, desde 0 dB en el umbral auditivo (20 μPa), hasta 130 dB, en el umbral del dolor ($\sim 100 \text{ Pa}$).

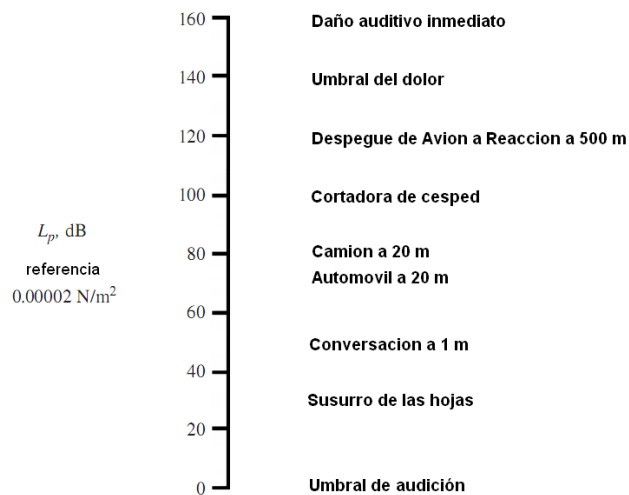


Figura 2. Algunos niveles de presión sonora típicos.

2.10 Nivel de intensidad sonora — L_i

Se define como diez veces el logaritmo de base diez de la razón del intensidad de un sonido dado en una dirección indicada a la intensidad sonora de referencia, la cual es de 1 pico watt / m² (1 pW/m²) (ANSI,1994). Unidad, decibel (dB). Abreviatura, IL. Símbolo, L_i

$$L_i = 10 \log_{10} (I / I_{ref}) \quad [dB] \quad (5)$$

2.11 Nivel de potencia sonora o acústica — L_W

Se define como diez veces el logaritmo en base diez de la razón de una potencia sonora dada a la potencia de referencia, la cual es de un pico watt (1 pW) (ANSI,1994). Unidad, decibel (dB). Abreviatura, PWL. Símbolo, L_W   L_P

$$L_W = 10 \log_{10} (W / W_{ref}) \quad [dB] \quad (6)$$

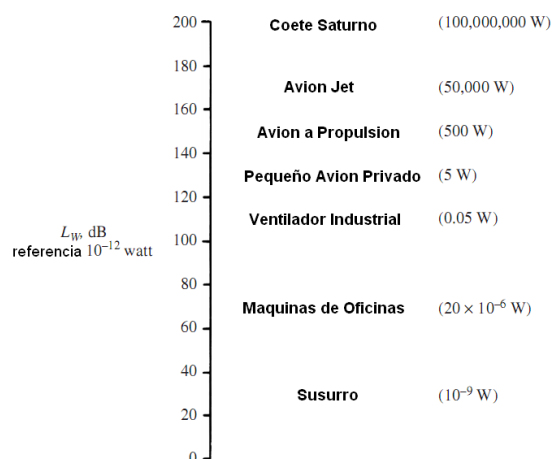


Figura 3. Algunos niveles de potencia sonora típicos



2.12 Nivel sonoro continuo equivalente — L_{eq}

Se define como diez veces el logaritmo de base diez de la razón de la presión sonora eficaz durante un determinado intervalo de tiempo T de un sonido dado, a la presión sonora eficaz de referencia, la cual es de 20 micro Pascales (20 μ Pa). Unidad, decibel (dB) (ANSI,1994). Abreviatura, L_{eq} ó L_{AT} .

$$L_{eq} = 10 \log \left[(1/T) \int_0^T (p^2 / p_{ref}^2) dt \right] \quad [dB] \quad (7)$$

donde:

- L_{eq} Nivel sonoro continuo equivalente (equivalent sound level) (dB)
- T Periodo de tiempo (time period) (s)
- p Presión sonora (sound pressure) (Pa, N/m²)
- p_{ref} Presión sonora de Referencia (reference sound pressure) (20 x 10⁻⁶Pa, N/m²)

El *nivel sonoro continuo equivalente* (NSCE ó L_{eq}) es un descriptor teórico que cuantifica el nivel medio de energía sonora para un periodo de tiempo determinado, calculado a partir de la presión sonora instantánea que produce una fuente.

Este descriptor, se correlaciona en buena medida con los efectos del ruido sobre el hombre, permitiendo cuantificar a través de un único valor el nivel sonoro producido por una fuente que varía su intensidad a medida que transcurre el tiempo. El L_{eq} también es denominado en algunas ocasiones en la bibliografía como “nivel sonoro promedio” (Average Sound Level – L_{AT}).

2.13 Nivel de velocidad de partículas — L_v

Se define como diez veces el logaritmo de base diez de la razón de la velocidad eficaz de las partículas de un sonido ó vibración dada a la velocidad eficaz de las partículas de referencia, la cual es de 10 nanometros (10 nm) según norma ANSI S1.8-1969 y 1 nm según norma ISO 1683-1983. Unidad, decibel (dB). Símbolo, L_v .

$$L_v = 10 \log_{10} (u / u_{ref}) \quad (8)$$

Suma de niveles sonoros.

Si se miden de forma separada los niveles sonoros de dos o más fuentes de sonido y se desea conocer el nivel de presión sonora combinado de dichas fuentes acústicas, entonces deben sumarse los correspondientes niveles sonoros. Sin embargo, debido al hecho de que los decibeles son valores logarítmicos, esta suma no puede realizarse de forma directa. (Bruel & Kjaer, 2000)

Una forma de sumar dB es convertir cada valor de dB en su valor lineal, sumar esos valores lineales y convertir el resultado de nuevo en dB, usando la siguiente ecuación

$$L_{presult} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}} \right) \quad (9)$$

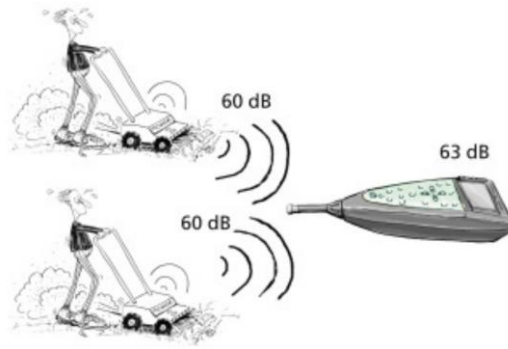


Figura. 4. Suma de niveles de múltiples fuentes acústicas

Un método más fácil es usar el ábaco de la *figura 5* y el procedimiento siguiente

1. Medir el nivel de presión sonora (SPL) de cada fuente de ruido separadamente (L_{p1} , L_{p2}).
2. Ingresar al ábaco, por el eje de abscisas con el valor correspondiente a la diferencia (DL) de los niveles ($L_{p2} - L_{p1}$).
3. Trasladarse hasta interceptar la curva, y después tomar lectura del valor en el eje de ordenadas
4. Adicionar el valor indicado (L_+) del eje vertical al nivel de la fuente de ruido más ruidosa (L_{p2}). Esto da la suma de los SPL de las dos fuentes de ruido.
5. Si hay presentes tres o más fuentes de ruido, los pasos 1 a 4 deberán ser repetidos, usando la suma obtenida para las primeras dos fuentes y el SPL de cada fuente adicional

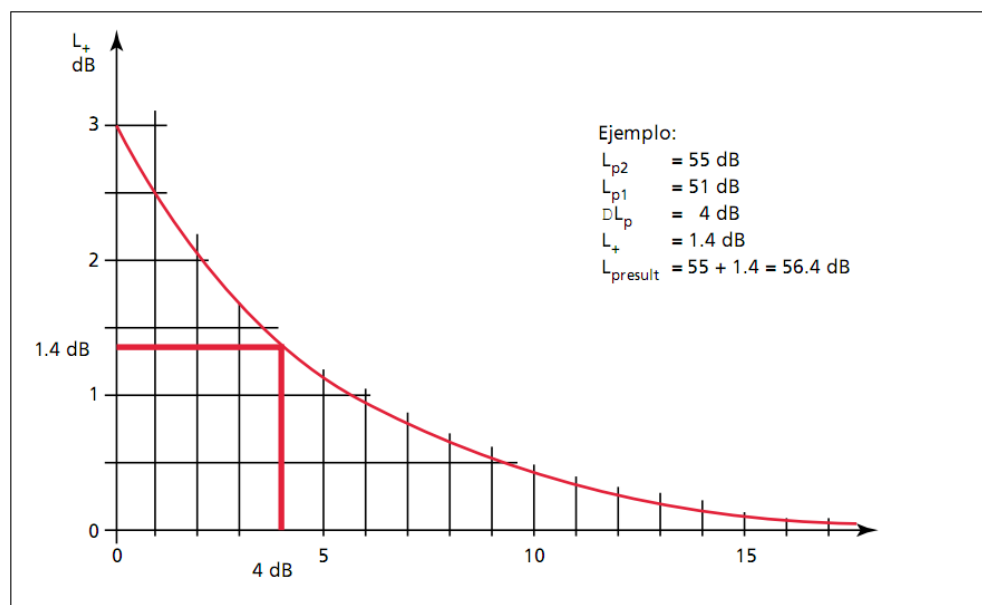


Figura 5. Ábaco para realizar sumas de niveles en dB. (Brüel & Kjaer, 2000)

Tenga en cuenta que una diferencia de $DL_p = 0$ corresponde a la situación mostrada en la ilustración anterior, donde se añadieron 3 dB al nivel causado por una sola fuente



Resta de niveles sonoros.

Algunas veces es necesario restar el ruido de fondo del NPS total. La corrección para el ruido de fondo puede hacerse restando el ruido de fondo medido ($L_{p \text{ fondo}}$) del nivel de presión sonora total ($L_{p \text{ tot}}$) usando la siguiente ecuación

$$L_{presult} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{ptot}}{10}} - 10^{\frac{L_{pbackground}}{10}} \right) \quad (10)$$

Un método más fácil es usar el ábaco de la figura 6 y el procedimiento siguiente

1. Medir el nivel de presión sonora total ($L_{p \text{ tot}}$).
2. Medir el nivel de ruido de fondo
3. Ingresar al ábaco, por el eje de abscisas con el valor correspondiente a la diferencia (D_L) de los niveles ($L_{p \text{ tot}} - L_{p \text{ fondo}}$).
4. Trasladarse hasta interceptar la curva, y tomar lectura del valor en el eje de ordenadas
5. Restar el valor indicado (L_-) del eje vertical al nivel de de presión sonora total ($L_{p \text{ tot}}$). El resultado, es la resta del nivel de ruido de fondo medido respecto del nivel de presión sonora total medido.

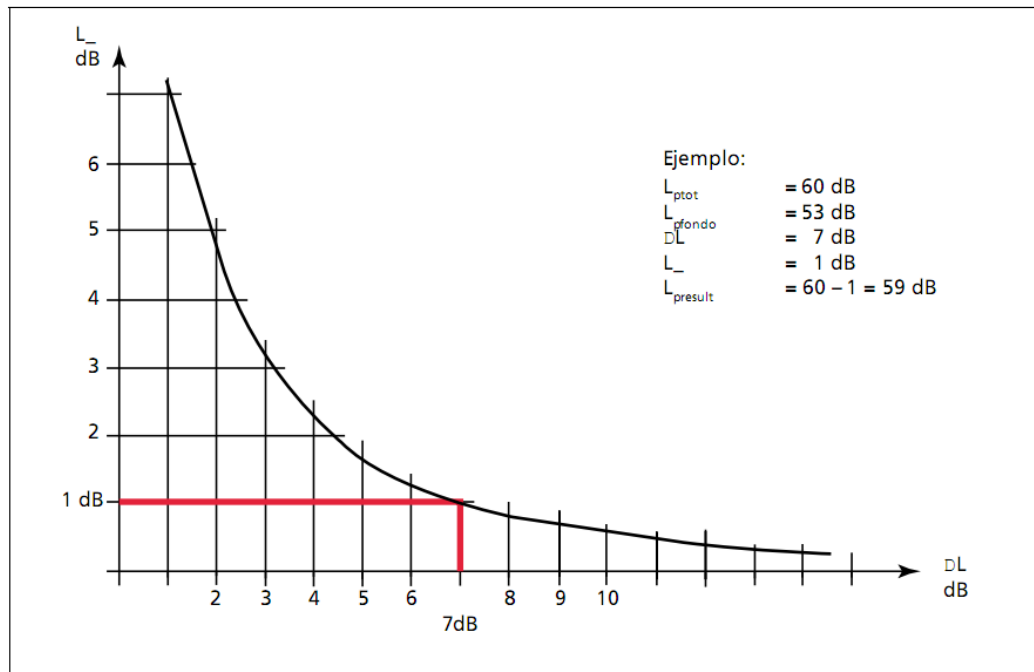


Figura 6. Ábaco para realizar restas de niveles en dB. (Brüel & Kjaer, 2000)

Si la D_L es inferior a 3 dB, el ruido de fondo es demasiado alto para una medida de precisión y el nivel de ruido correcto no se puede hallar hasta que el ruido de fondo haya sido reducido. Si por otra parte, la diferencia es superior a 10 dB, el ruido de fondo puede ser ignorado.



3 Desarrollo del TP:

Para realizar el procedimiento del trabajo práctico, en una primera instancia se selecciona como fuente sonora una afeitadora, sobre la cual se realizan las diversas mediciones requeridas.

El micrófono empleado es el de manos libres de un teléfono celular marca Samsung. Se trabaja sobre una notebook HP, a la cual se le cargó previamente el software REW 5.1. Este programa permite modificar las constantes de tiempo de muestreo (Slow, Fast y Peak) y las redes de ponderación (A, C y Z).

En primer lugar, se pone en funcionamiento el sistema de medición para corroborar el piso de ruido del sistema eléctrico con el micrófono desconectado y acústico con el micrófono encendido. Los valores arrojados se plasman en la Figura 7.

Piso de ruido eléctrico		Piso de ruido acústico	
Medición	Valor dB (SPL)	Medición	Valor dB (SPL)
LASmáx	-2,6	LASmáx	14,3
LASmín	-2,9	LASmín	11,6
LAFmáx	-2,6	LAFmáx	12,7
LAFmín	-3	LAFmín	11,5
LCSmáx	-2,3	LCSmáx	35,3
LCSmín	-2,8	LCSmín	32,9
LCFmáx	-2,3	LCFmáx	34,6
LCFmín	-3	LCFmín	32,2
Lzsmáx	1,3	Lzsmáx	35,4
Lzsmín	0,4	Lzsmín	33,7
Lzpeak	15,1	Lzpeak	44,9
Laseq	-0,5	Laeq	31,1
Lcseq	-0,8	Lceq	31,2
Lzseq	-0,8	Lzeq	31

Figura 7. Mediciones de piso de ruido eléctrico y acústico

El sistema de medición no está calibrado. La disposición de los elementos es la siguiente: en el centro de la habitación de 3.5mts x 3.5mts se coloca la fuente sonora a caracterizar. Los radios a analizar son r1:50cm y r2:100cm sobre cada uno de estos se realizan 4 mediciones espaciadas 90 grados entre sí. El lugar elegido no cuenta con ninguna fuente sonora próxima que pueda llegar a variar considerablemente los resultados esperados.

Los parámetros atmosféricos del servicio meteorológico nacional son:

- Presión: 955hPa.
- Humedad: 65%.
- Temperatura ambiente: 31,2 °C



Aun así, la zona de trabajo se encuentra climatizada en 24°C. El croquis se representa en la Figura 8.

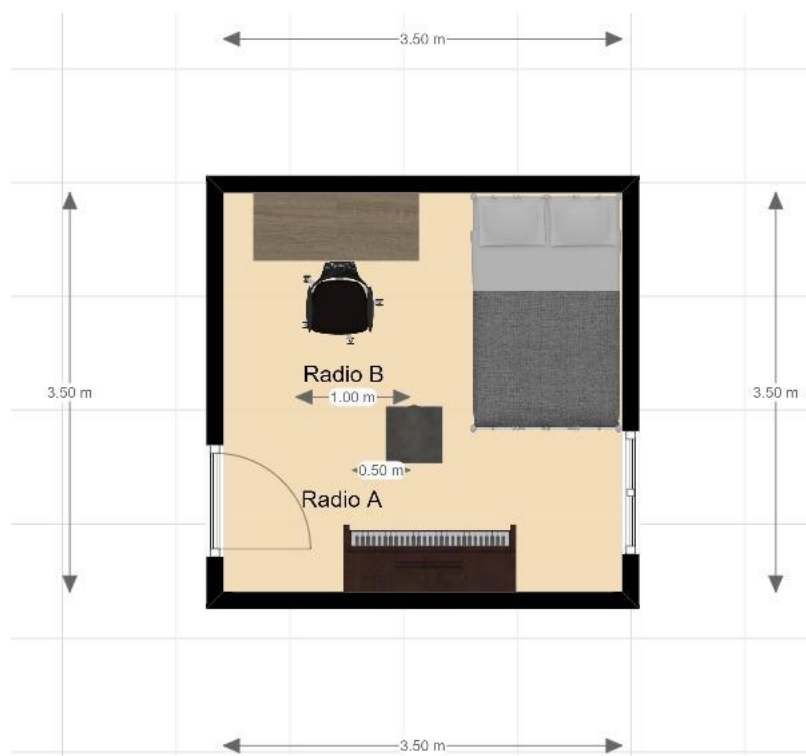


Figura 8. Croquis de la habitación

Las mediciones del radio R1 se plasman en la tabla de la Figura 9 y 10.

Punto	RADIO R1 (0°)			RADIO R1 (90°)		
Medición	1	2	3	1	2	3
LASmáx	19,5	20,2	20,2	19,42	19,6	19,79
LASmín	18,5	18	17,9	18,96	19,1	19,19
LAFmáx	19,3	19,5	20,2	19,17	19,23	19,43
LAFmín	17,1	17,1	17,1	18,05	18,2	18,2
LCSmáx	24,3	25,3	25,5	25,69	25,74	25,93
LCSmín	23,1	23,1	23,1	23,09	23,21	23,31
LCFmáx	25,9	28,2	28,2	28,82	28,95	29,07
LCFmín	23,5	23	22,2	22,91	23,11	23,31
Lzmáx	27,1	27,4	27,8	27,91	27,97	28,02
Lzmín	26,1	26,1	23,2	25,11	25,16	25,25
Lzpeak	41,4	41,4	41,4	41,22	41,23	41,25
Laeq (60")	18,8	18,8	18,8	18,84	18,99	19
Lceq (60")	24,7	24,8	24,8	24,07	24,11	24,2
Lzeq (60")	27	27,1	27	28	28,04	28,23



Punto	RADIO R1 (180°)			RADIO R1 (270°)		
Medición	1	2	3	1	2	3
LASmáx	19,34	19,35	19,39	19,86	19,89	19,93
LASmín	18,12	18,28	18,41	18,57	18,69	18,82
LAFmáx	19,1	19,19	19,28	18,84	18,86	18,99
LAFmín	17,76	17,95	18,13	17,5	17,61	17,68
LCSmáx	24,63	24,68	24,75	24,34	24,42	24,47
LCSmín	23,71	23,8	23,99	23,72	23,78	23,85
LCFmáx	25,63	25,7	25,76	25,31	25,51	25,58
LCFmín	23,51	23,58	23,58	23,92	23,94	24
Lzmáx	26,96	27,16	27,35	26,66	26,68	26,81
Lzmín	25,23	25,4	25,47	25,7	25,84	25,84
Lzpeak	42,14	42,31	42,42	40,52	40,69	40,72
Laeq (60")	18,23	18,25	18,41	18,4	18,41	18,5
Lceq (60")	24,51	24,51	24,55	25,22	25,38	25,48
Lzeq (60")	26,34	26,5	26,67	26,2	26,34	26,34

Figura 9, Medidas sobre radio R1 en 4 ángulos diferentes

Punto	RADIO R2 (0°)			RADIO R2 (90°)		
Medición	1	2	3	1	2	3
LASmáx	18,8	18,8	18,8	19,28	19,38	19,38
LASmín	17,5	17,5	17,5	17,26	17,41	17,48
LAFmáx	19,9	19,9	20,4	19,47	19,48	19,58
LAFmín	18,2	18,2	18,2	18,88	19	19,05
LCSmáx	24,3	24,4	25	23,47	23,61	23,73
LCSmín	22,6	22,6	22,6	21,69	21,75	21,87
LCFmáx	26,2	26,4	26,5	25,29	25,49	25,56
LCFmín	23,4	23,6	23,6	23,93	23,94	24,02
Lzmáx	27,3	27,3	27,3	26,56	26,56	26,57
Lzmín	25	25	25	25,38	25,5	25,51
Lzpeak	39,3	41	40	41,63	41,66	41,7
Laeq (60")	18,7	18,7	18,8	18,7	18,8	18,93
Lceq (60")	24,5	24,5	24,7	24,16	24,29	24,43
Lzeq (60")	26,1	26,1	26,1	26,13	26,2	26,39



Punto	RADIO R2 (180°)			RADIO R2 (270°)		
Medición	1	2	3	1	2	3
LASmáx	18,89	18,9	18,96	19,08	19,16	19,18
LASmín	18,2	18,28	18,35	17,02	17,06	17,08
LAFmáx	19,45	19,53	19,59	20,3	20,46	20,54
LAFmín	17,85	17,87	17,92	19,08	19,17	19,28
LCSmáx	25,18	25,34	25,53	25,1	25,29	25,44
LCSmín	23,12	23,18	23,29	22,67	22,67	22,77
LCFmáx	26,37	26,53	26,6	26,79	26,9	26,95
LCFmín	23,71	23,8	23,97	24,26	24,26	24,37
Lzmáx	26,54	26,57	26,62	27,63	27,73	27,85
Lzmín	25,29	25,49	25,55	24,94	24,99	24,99
Lzpeak	41,41	41,43	41,43	41,52	41,59	41,6
Laeq (60")	18,56	18,69	18,84	19,64	19,74	19,84
Lceq (60")	25,31	25,43	25,46	25,25	25,35	25,52
Lzeq (60")	26,32	26,49	26,56	25,67	25,86	25,87

Figura 10, Medidas sobre radio R2 en 4 ángulos diferentes

Con los datos obtenidos en las gráficas anteriores, se puede calcular el promedio y la desviación estándar para cada uno de dichos parámetros. Esto se observa en la Figura 11.

Parámetros	μ_A	σ_A	μ_B	σ_B
LASmáx	19,69	0,72	42,69	0,48
LASmín	18,23	0,69	40,94	0,46
LAFmáx	19,42	0,70	44,22	0,31
LAFmín	17,53	0,52	40,63	0,45
LCSmáx	24,57	0,36	41,63	0,67
LCSmín	23,23	0,51	39,72	0,30
LCFmáx	27,04	1,00	40,99	0,29
LCFmín	23,16	0,51	39,65	0,25
Lzmáx	26,95	0,28	41,89	0,34
Lzmín	25,51	0,39	41,19	0,41
Lzpeak	41,01	0,73	54,54	0,33
Laeq (60")	18,84	0,44	41,61	0,18
Lceq (60")	24,79	0,32	41,33	0,40
Lzeq (60")	26,89	0,83	42,03	0,56

Figura 11 Promedio y desviación estándar



Los gráficos de respuesta en frecuencia para cada una de las mediciones se realizan con una función que posee el software con el que se trabaja que es RTA (analizador de espectro de tiempo real). Se aplican filtros normalizados de 1/1 octava, 1/3 de octava, y se hace un análisis de Fourier para 65536 muestras con una ventana temporal Hanning. Esto se observa en las siguientes figuras:

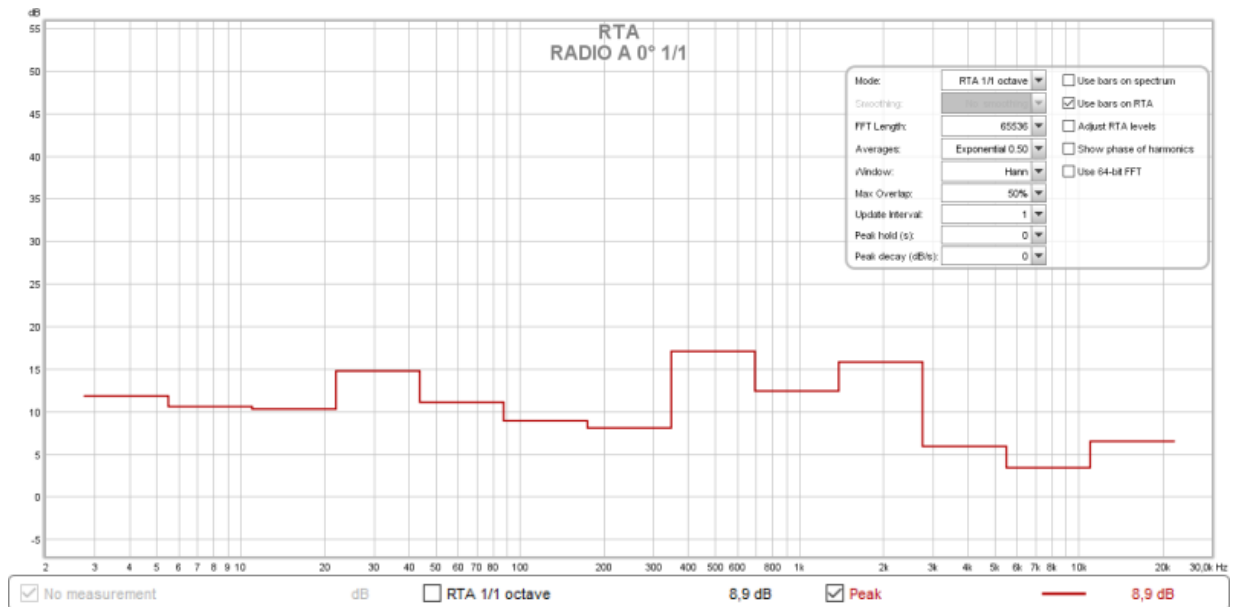


Figura 12 Radio R1 a 0° 1/1

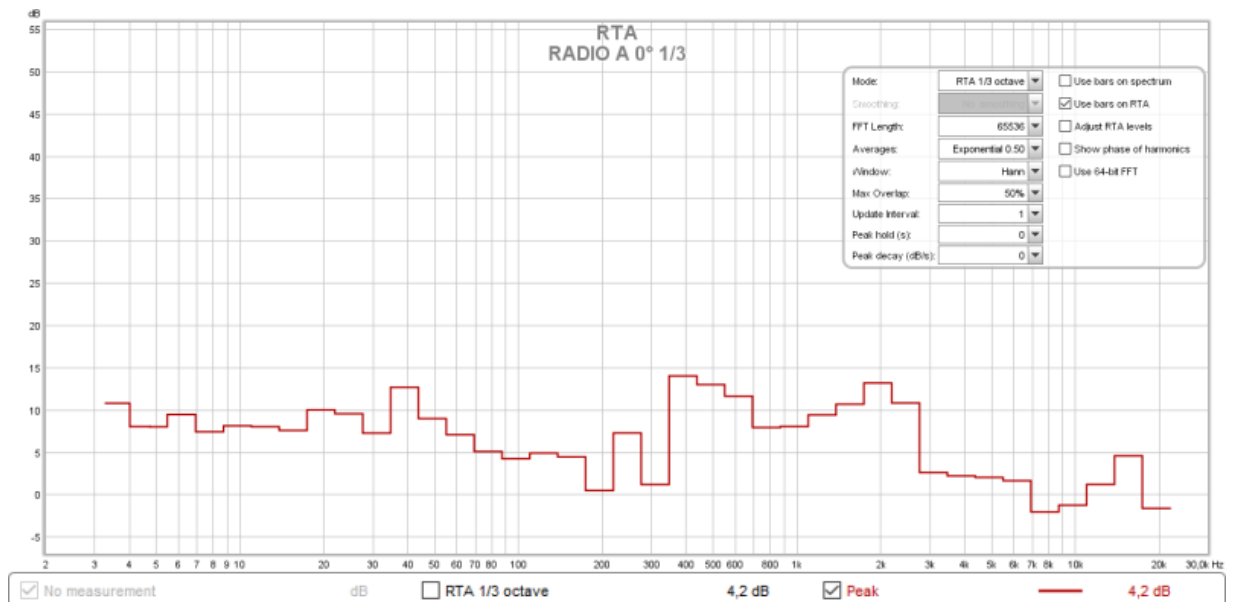


Figura 13 Radio R1 a 0° 1/3

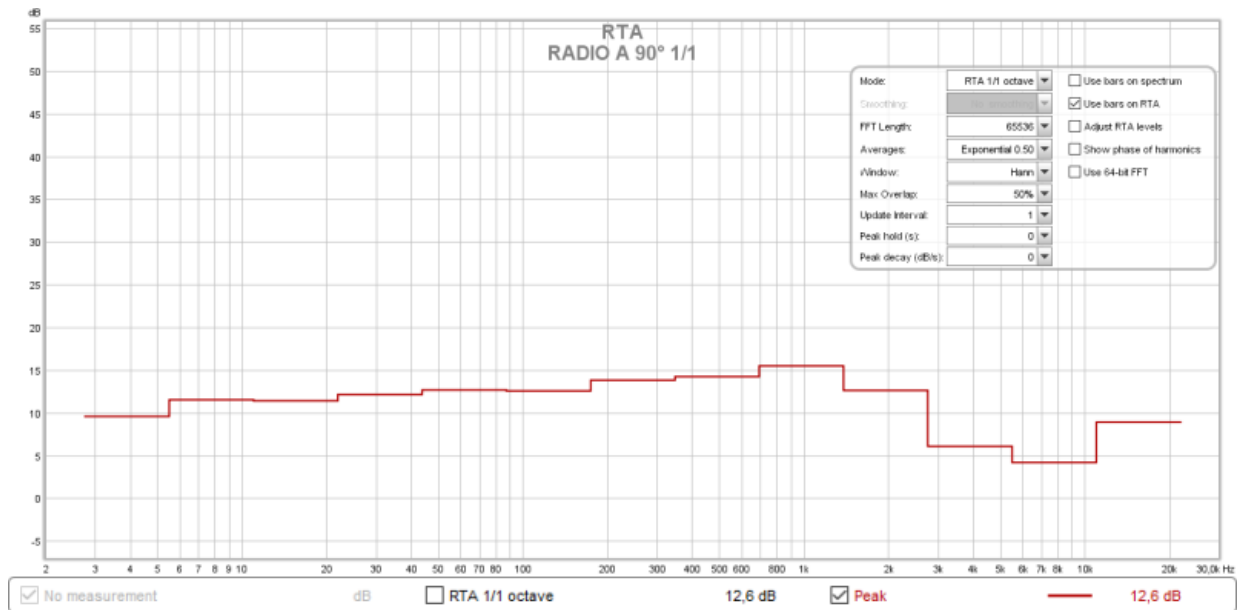


Figura 14 Radio R1 a 90° 1/1

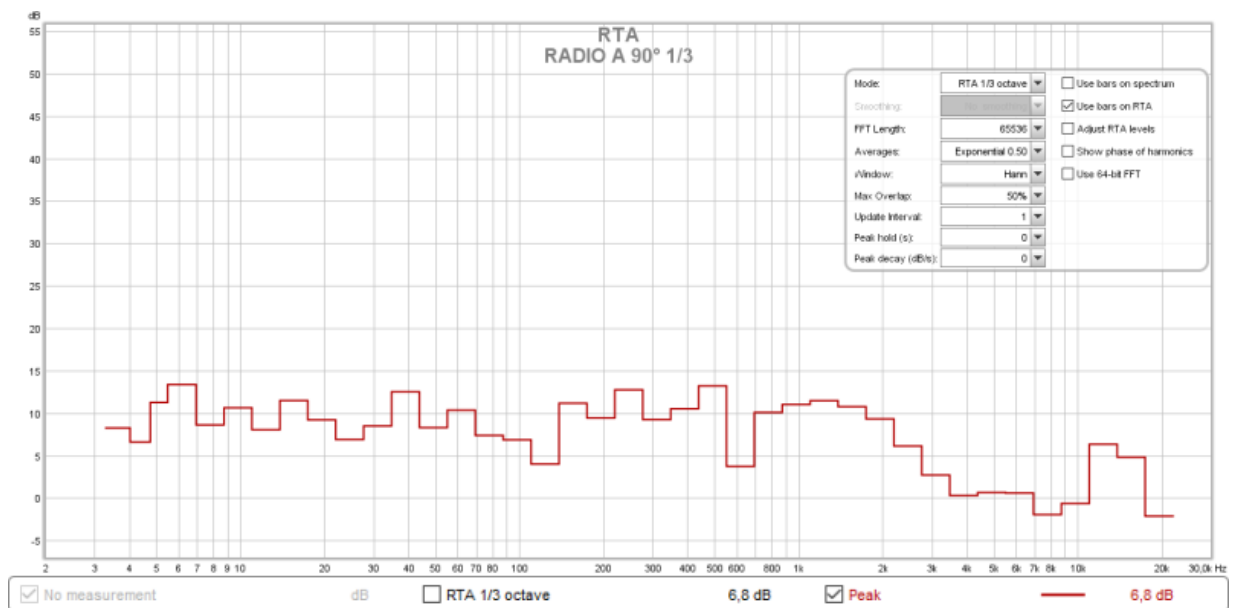


Figura 15 Radio R1 a 90° 1/3

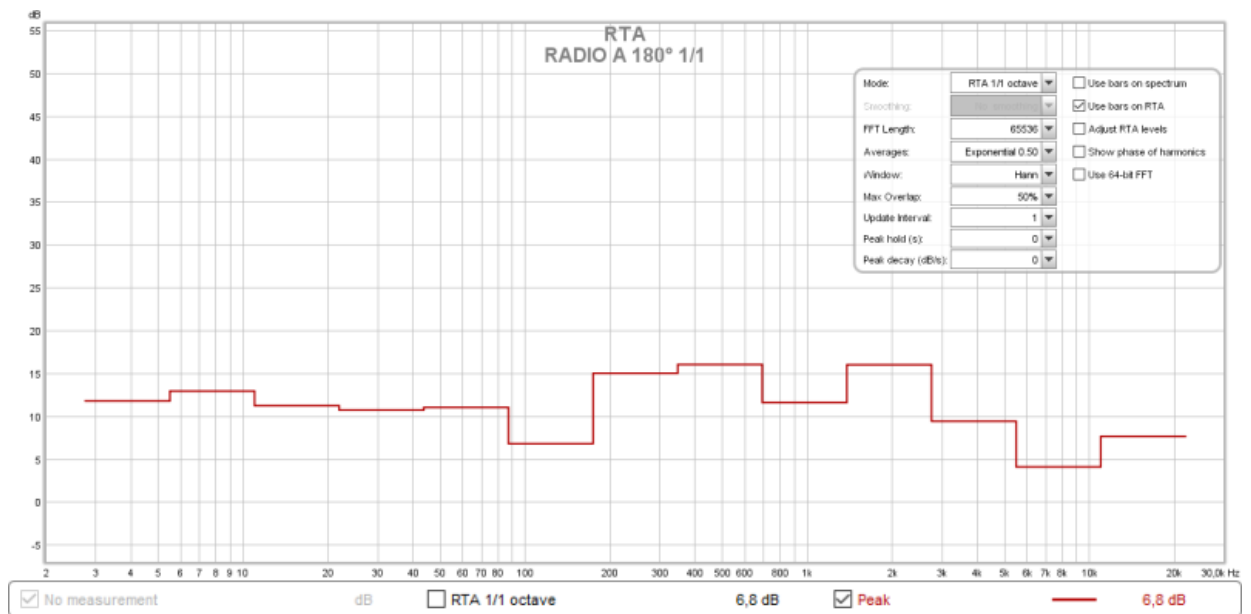


Figura 16 Radio R1 a 180° 1/1

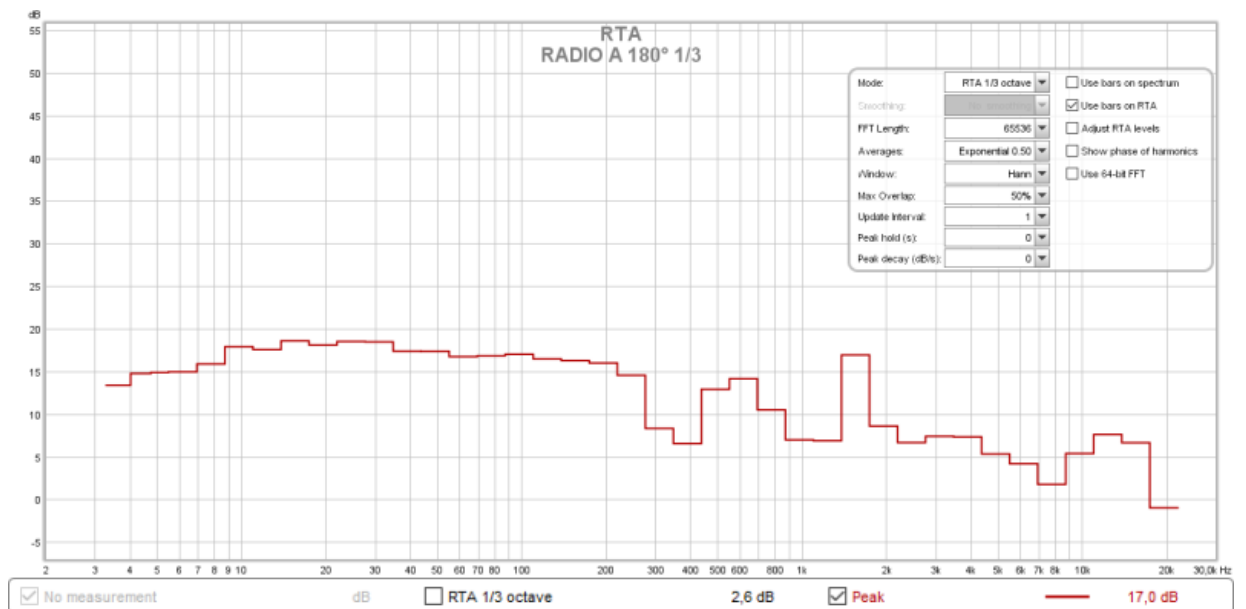


Figura 17 Radio R1 a 180° 1/3

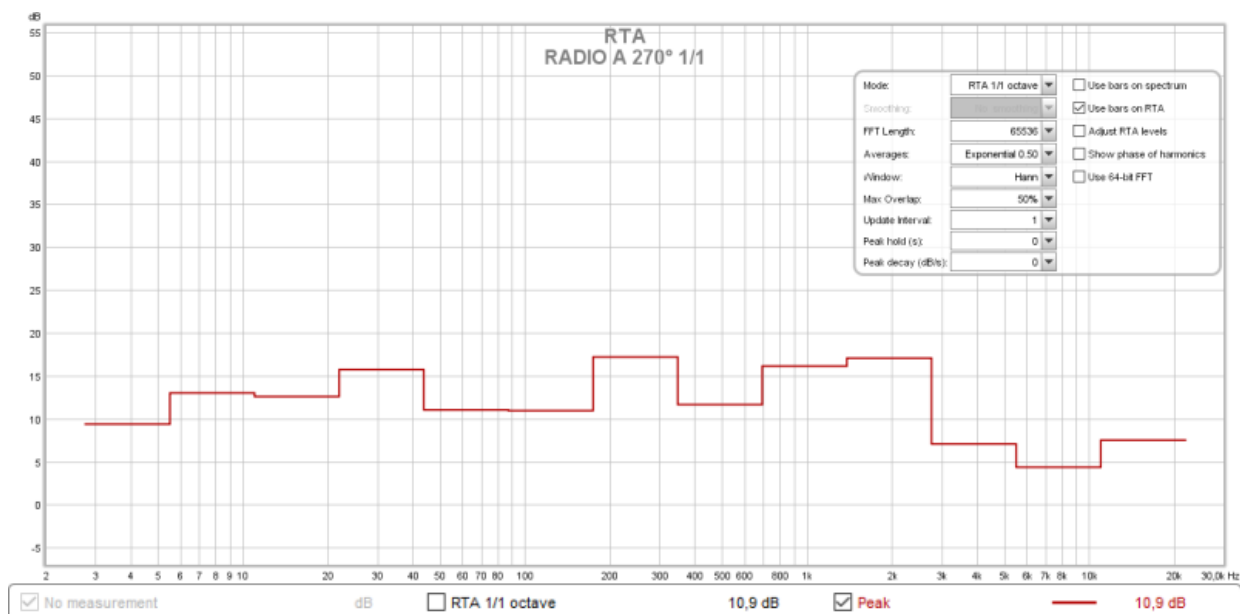


Figura 18 Radio R1 a 270° 1/1

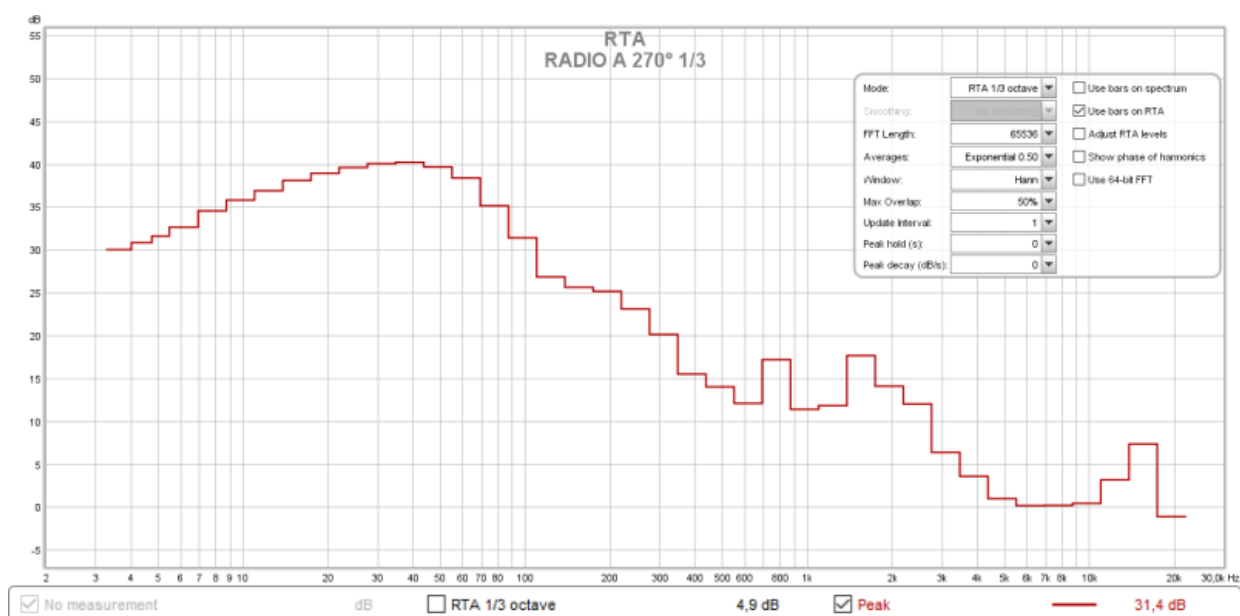


Figura 18 Radio R1 a 270° 1/3

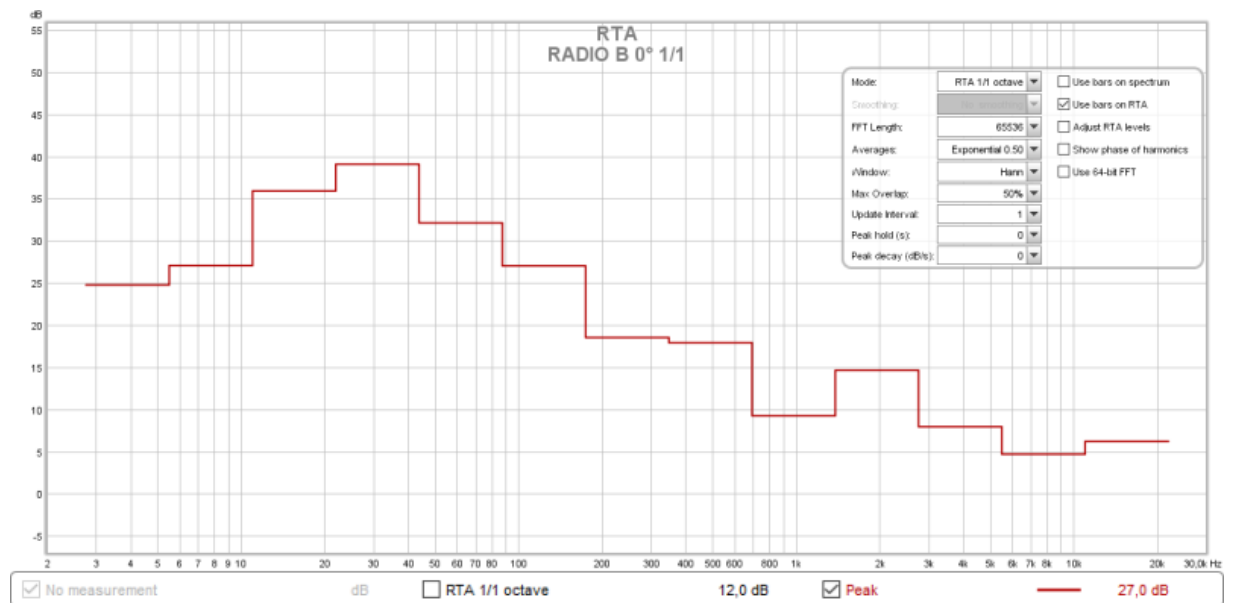


Figura 19 Radio R2 a 0° 1/1

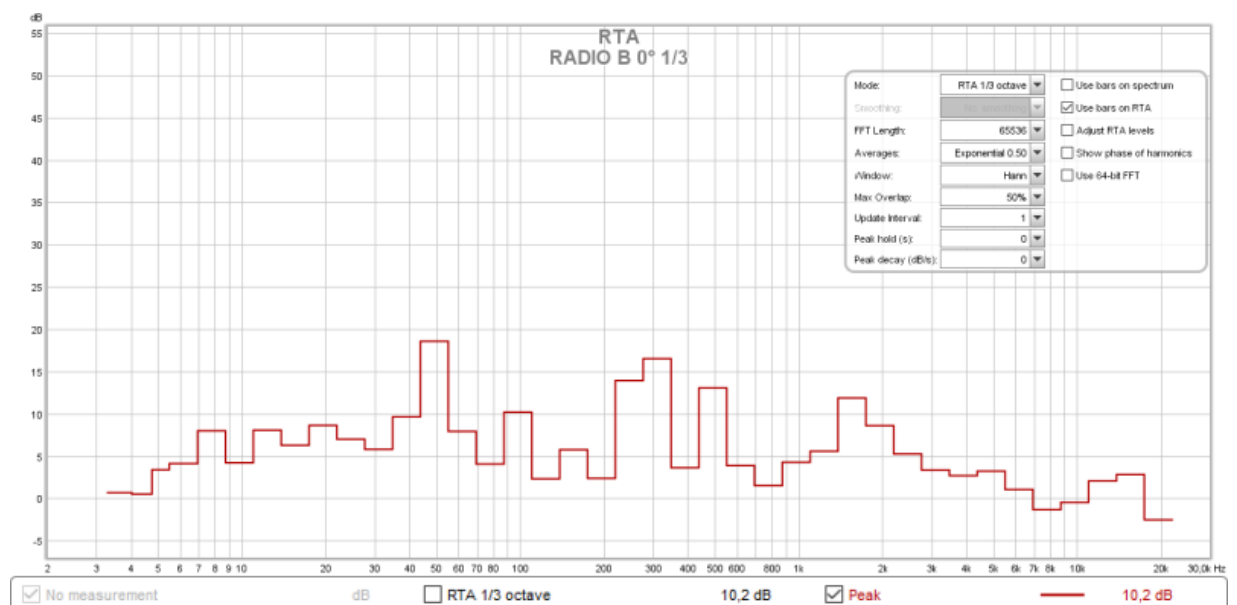


Figura 20 Radio R2 a 0° 1/3

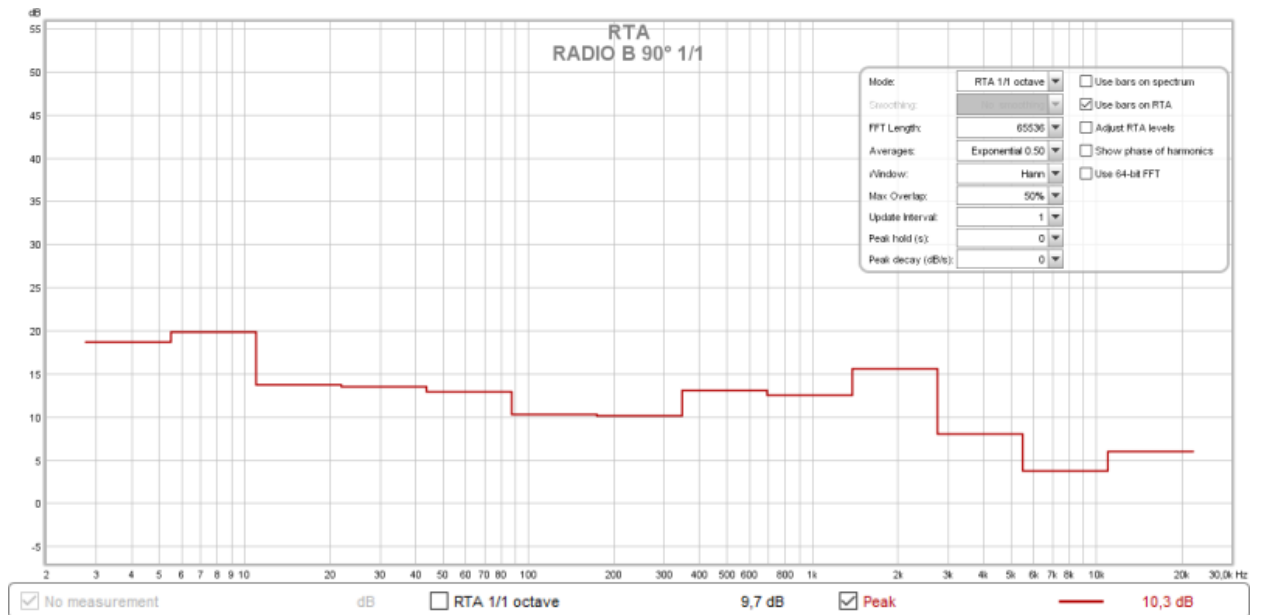


Figura 21 Radio R2 a 90° 1/1

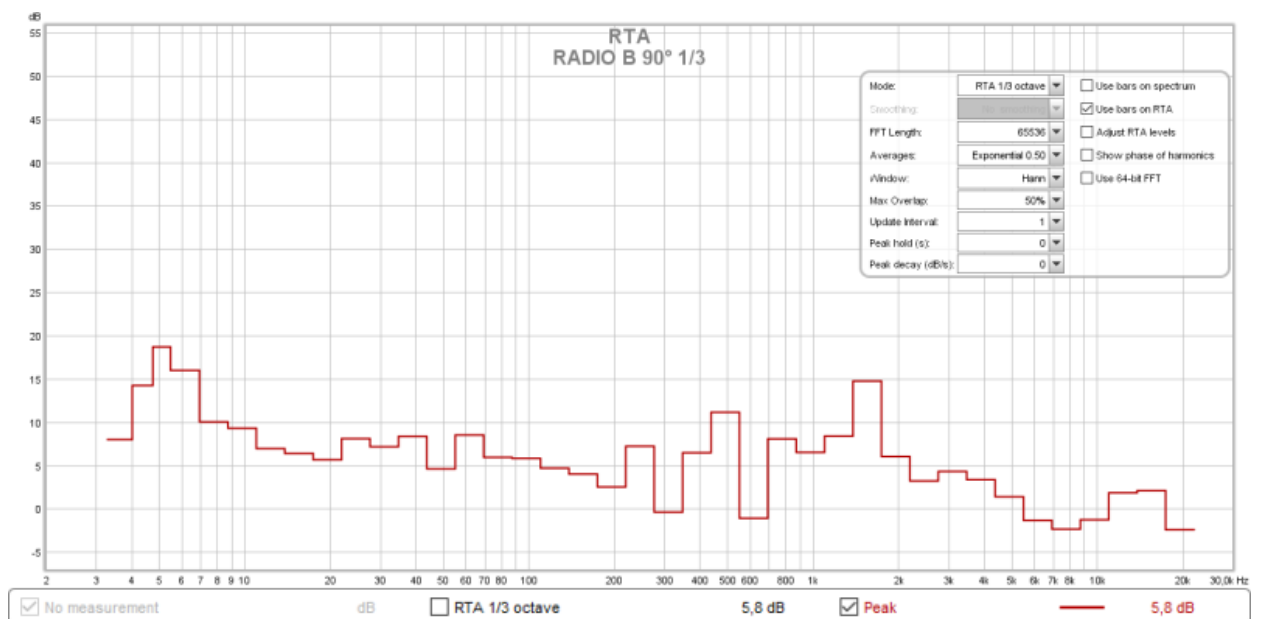


Figura 22 Radio R2 a 90° 1/3

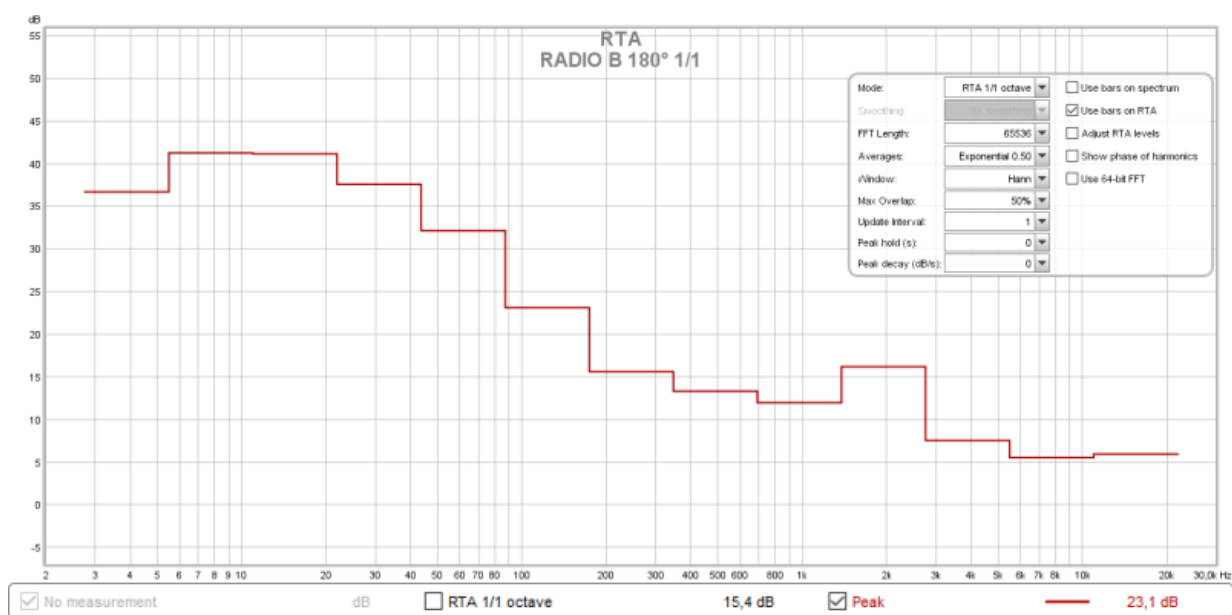


Figura 23 Radio R2 a 180° 1/1

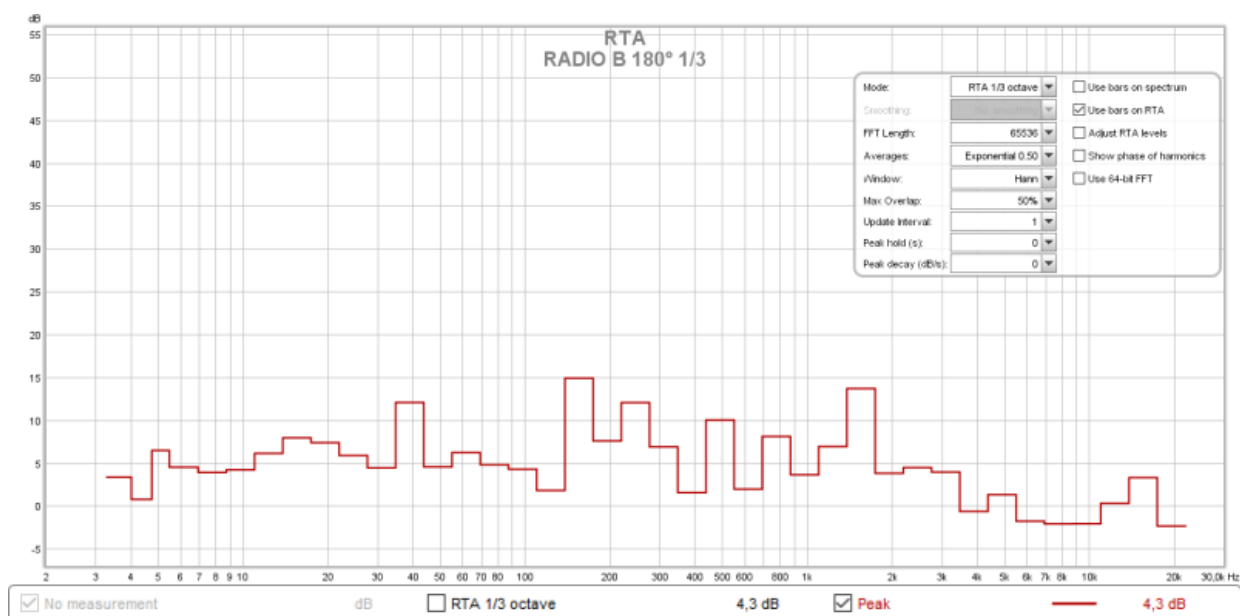


Figura 24 Radio R2 a 180° 1/3

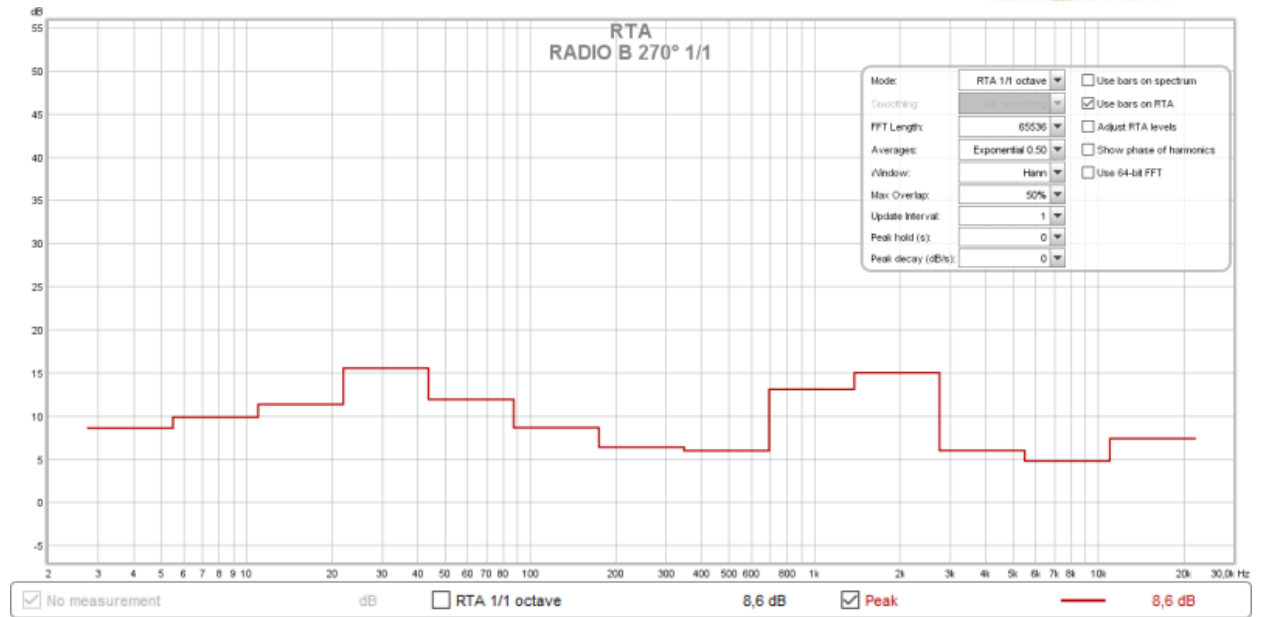


Figura 25 Radio R2 a 270° 1/1

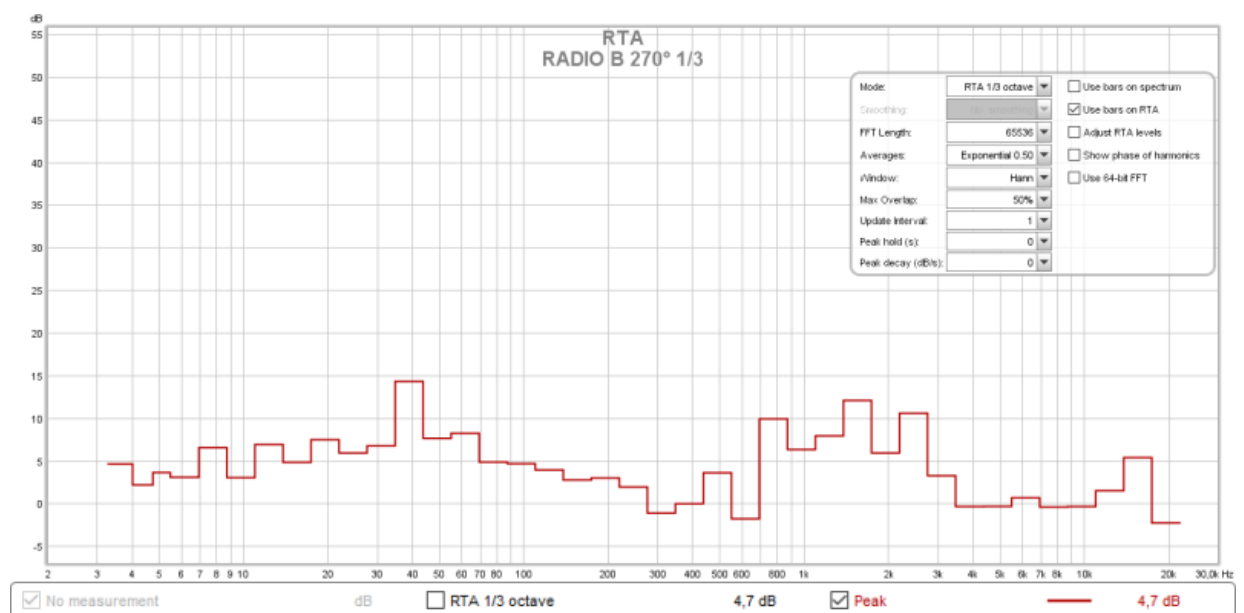


Figura 26 Radio R2 a 270° 1/3

4 Conclusiones

En el trabajo se realizaron diferentes mediciones, las cuales no contaban con la precisión adecuada, debido a que las condiciones no eran óptimas: el micrófono no tenía la calidad correcta, habían varias fuentes sonoras que en un principio no se consideraron, como los sonidos de los autos.



Se observaron diferencias en las mediciones de los radios: mientras más cercano se encontraba el micrófono de la fuente sonora, mayor era el valor medido y viceversa.

Con referencia a los ángulos en los que se tomaron las medidas, se observó una cierta linealidad en los diferentes lugares, el único caso en el que aumentó considerablemente fue cuando se midió la distancia respecto a las cuchillas de la afeitadora.

A los 180° se observó un pico de 45dB a una frecuencia de entre 25 y 40Hz, lo cual denota que en esa posición se encuentran las navajas de la afeitadora.

5 Referencias

- ANSI (1994), “*Acoustical Terminology*”. Editorial American National Standard Institute. New York.
- Beranek, L. L. (1961), “*Acústica*”. MIT, USA, Edición en castellano Editorial Panamericana. Bs As.
- Brigham, E. (1974), *The Fast Fourier Transform*, Prentice Hall.
- Brüel & Kjær (2000), “*Ruido Ambiental*”, Primera Edición, B&K. Dinamarca.
- John Mulcahy (2004-2016), Room Equalizer Wizard (REW). Fecha último acceso: 11/05/2016. <http://www.roomeqwizard.com/>
- Ferreyra Sebastián Pablo (2013), *Física Acústica*. Pp 1 – 34. Revisión 1.3. Publicación Interna Cátedra Fundamentos de Acústica y Electroacústica. Departamento Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
- Davis, Don & Caroline (1983), “*Ingeniería de Sistemas de Sonido*”, Editorial Marcombo.
- Everest F. A. (2001), “*The Master Handbook Of Acoustics*”, (4th Edition), McGraw-Hill, Los Angeles.