

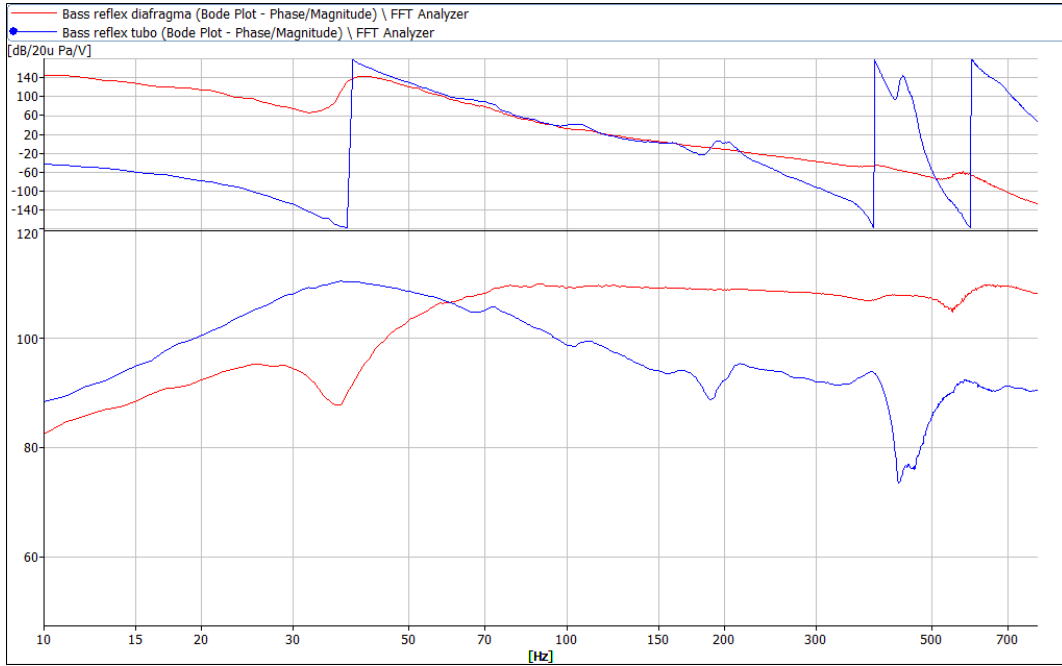
# Práctica 1.2. Altavoces

## Laboratorio de Sistemas Electroacústicos

Javier Rodrigo López

16 de octubre de 2023

- 9 Adjuntar las gráficas de respuesta del sistema de bass-reflex en campo cercano (diafragma y abertura). Obtener de la gráfica la fase relativa de las dos respuestas (diafragma y abertura) en las siguientes frecuencias: 15 Hz, 40 Hz y 300 Hz. Comentar el resultado.



**Figura 1.** Respuesta del bass-reflex del diafragma (rojo) y del tubo (azul), ambas medidas en cámara anecoica a una distancia muy corta para evitar contaminación del otro elemento.

Se obtienen las diferencias de fase en las tres frecuencias especificadas a partir de los datos de la gráfica. El resultado aparece en la [Ecuación 1](#).

$$\Delta\phi = |\phi_{\text{diafragma}} - \phi_{\text{tubo}}| = \begin{cases} 187.28^\circ \approx 180^\circ & \text{a 15 Hz} \\ 26.96^\circ \approx 0^\circ & \text{a 40 Hz} \\ 54.46^\circ & \text{a 300 Hz} \end{cases} \quad (1)$$

Estos resultados, que incluyen un indicativo del valor teórico al que se deben aproximar, implican varias cosas. A la frecuencia de 15 Hz, se obtiene un desfase de  $187.28^\circ$ , debido a que se está trabajando a una frecuencia menor a la frecuencia de resonancia del sistema. Esto provoca grandes pérdidas de nivel acústico a bajas frecuencias con respecto al sistema de caja cerrada. A la frecuencia de 40 Hz, se obtiene un desfase de  $26.96^\circ$ , que se acerca bastante

a  $0^\circ$ , lo que indica que el sistema está trabajando en una frecuencia cercana a la de sintonía. En este punto lo que debe ocurrir es una suma en fase de ambas señales, la del diafragma y la de la abertura. Por último, a la frecuencia de 300 Hz, se obtiene un desfase de  $54.46^\circ$ . Hasta frecuencias de 200 Hz ambos elementos trabajaban en fase, pero entonces se observa que la diferencia de fase aumenta notablemente con la frecuencia.

- 10 Adjuntar las gráficas de respuesta del sistema de bass-reflex en campo lejano (bass-reflex y caja cerrada). Obtener y representar en Excel (escala de frecuencias logarítmica desde 10 Hz) la función de transferencia anecoica del sistema bass-reflex ( $H_b$ ) (sólo amplitud) usando la Ecuación 2. Representar en la misma gráfica anterior la función de transferencia anecoica de la caja acústica hermética  $H_c$  (caja cerrada) (2 cm). Estimar las pendientes de subida en dB/oct (método de la recta superpuesta) y determinar la máxima ganancia del bass-reflex respecto a la caja hermética.

$$H_{b(\text{bass-reflex})} = \frac{H_{b(\text{bass-reflex})(2\text{ m})}}{H_{c(\text{caja cerrada})(2\text{ m})}} H_{c(\text{caja cerrada})(2\text{ cm})} \quad (2)$$

En la Figura 2 se aprecia el comportamiento acústico en frecuencia del diafragma y del tubo. Con estos datos es posible entender mejor el funcionamiento del sistema bass-reflex. Para ello conformaremos una sola gráfica donde se pueda comprobar la diferencia con el sistema de caja cerrada. En la Figura 3 aparecen representados los dos sistemas. Esta gráfica ha sido obtenida mediante la Ecuación 2. Se estima que la recta trazada abarca verticalmente unos 85 dB (8 cuadrículas y media), y horizontalmente se sabe que se trata de una década. Se trata de una pendiente de aproximadamente 85 dB/década. Para obtener la pendiente en octavas se hace de la siguiente forma:

$$\frac{10 \log(2f) - 10 \log(f)}{\Delta L} = \frac{10 \log(10f) - 10 \log(f)}{85}$$

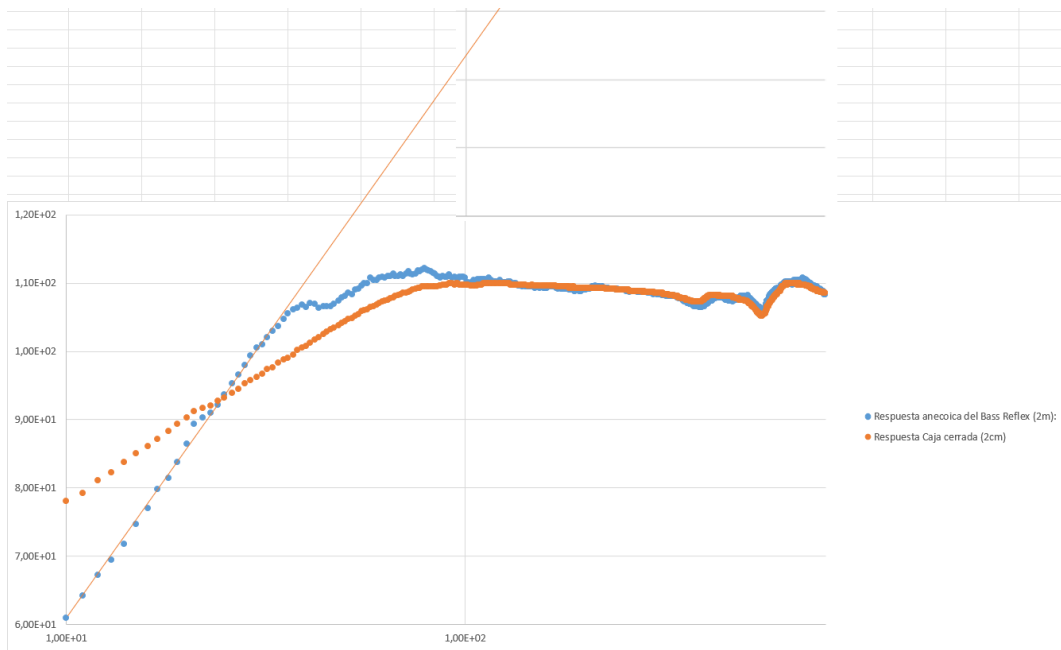
$$\Delta L = 85 \frac{\log(2)}{\log(10)} = 25.6 \approx 24 \text{ dB/octava}$$

Este resultado es coherente puesto que el sistema de bass-reflex es un sistema de  $4^\circ$  orden. Por otro lado, la recta que se ubicaría sobre la curva naranja (sistema de caja cerrada) tendría una pendiente aproximada de 12 dB/octava, ya que se trata de un sistema de segundo orden.

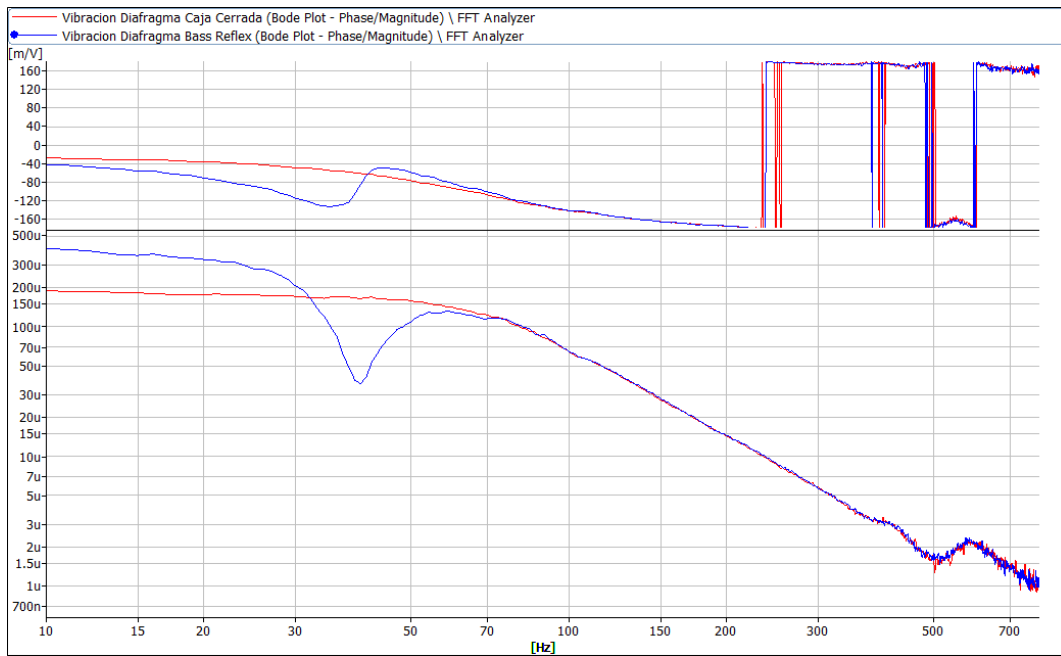
- 11 Adjuntar las gráficas de desplazamiento, velocidad y aceleración del diafragma tanto de la caja hermética como del sistema de bass-reflex. Para pasar de desplazamiento a velocidad y a aceleración aplicar la ponderación  $j\omega$  desde el campo “functions” de PULSE. Obtener de las gráficas y presentar en forma de tabla los siguientes valores representativos (usar unidades lineales por voltio):  $x_{d0c}$ ,  $x_{d0b}$ ,  $u_d(f_c)$ ,  $a_{d0c}$  y  $a_{d0b}$ .
- 12 Adjuntar la gráfica de impedancia del sistema del sistema de bass-reflex (en Moodle se proporcionan estas curvas para la caja abierta, sin tubo añadido). Determinar las frecuencias características a partir de los cruces por cero de la fase y comprobar la correspondencia de estas frecuencias con otras obtenidas durante la práctica (consultar la teoría).



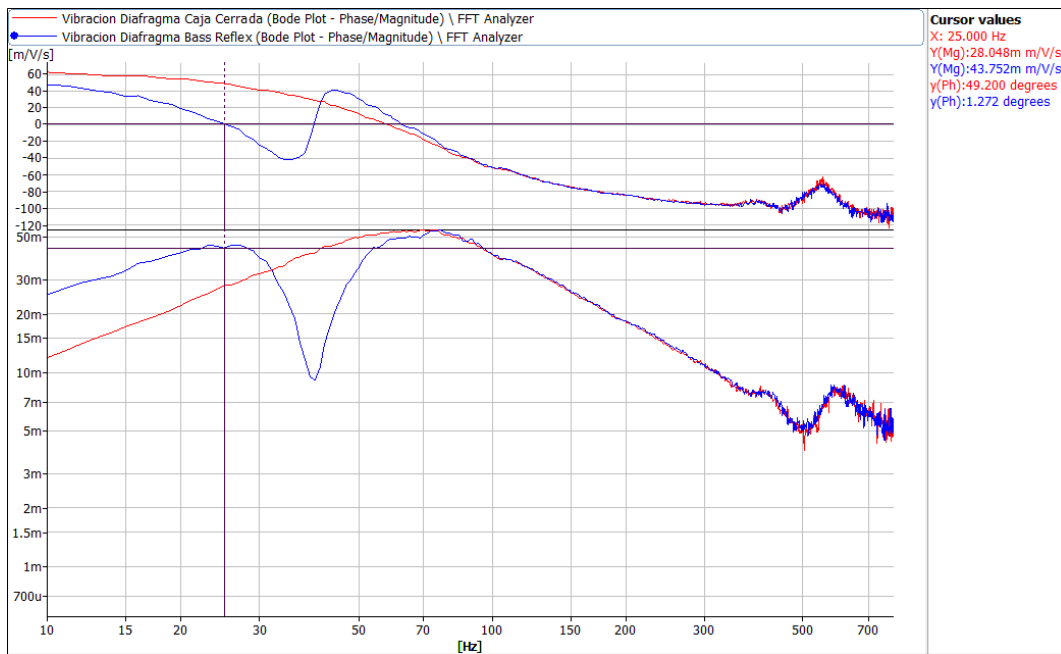
**Figura 2.** Respuesta del sistema bass-reflex (rojo) y de la caja cerrada (azul) en campo lejano (a 2 m).



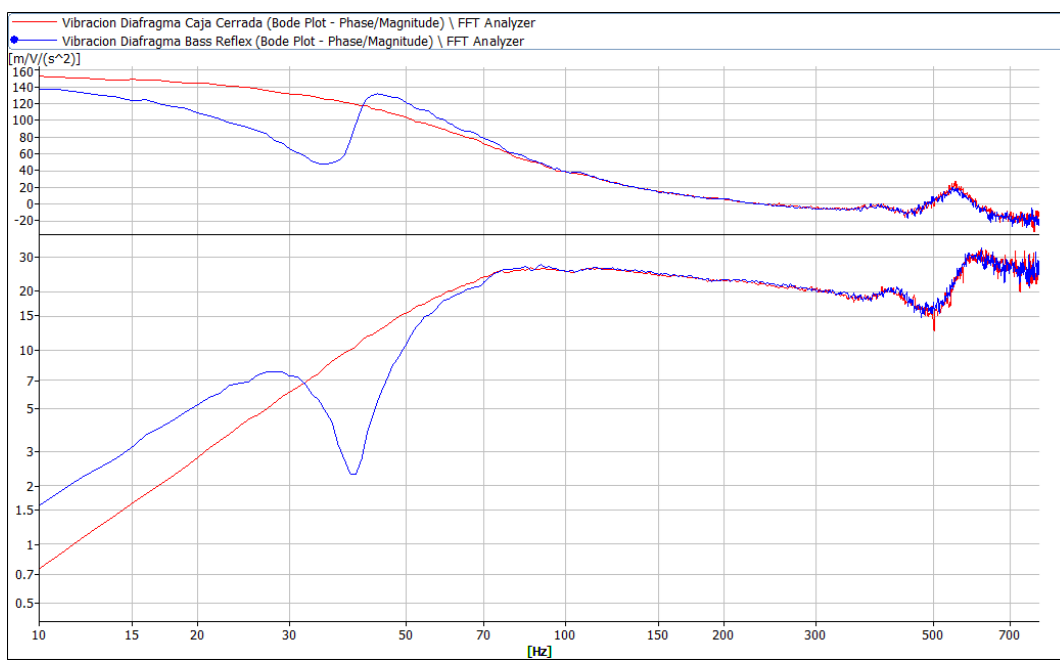
**Figura 3.** Método de la recta superpuesta para obtener la pendiente de la función de transferencia del sistema bass-reflex.



**Figura 4.** Desplazamiento del diafragma en caja cerrada (rojo) y en bass-reflex (azul).



**Figura 5.** Velocidad del diafragma en caja cerrada (rojo) y en bass-reflex (azul).



**Figura 6.** Aceleración del diafragma en caja cerrada (rojo) y en bass-reflex (azul).