# Práctica 7:
# Ondas acústicas en un tubo

**Objetivo.** El objetivo de esta práctica es realizar un estudio experimental de ondas acústicas en tubos semicerrados; en el cuál se determinen experimentalmente las frecuencias de resonancia y la velocidad de propagación del sonido.

**Temáticas abordadas.** ondas estacionarias, ondas acústicas, modos normales, frecuencias características, velocidad de propagación del sonido en aire.

## 1. Consideraciones preliminares

La Figura 1 muestra un esquema del dispositivo experimental propuesto para el desarrollo de esta experiencia. Se dispone de un emisor acústico (parlante) conectado a un generador de funciones capaz de emitir sonidos puros, es decir, de una frecuencia bien definida. Asimismo, dicha frecuencia puede variarse en un amplio rango de valores dentro del espectro audible. También se cuenta con detectores de sonido (micrófonos) conectados a osciloscopios (o, en su defecto, a sistemas de adquisición de datos asistidos por computadora).

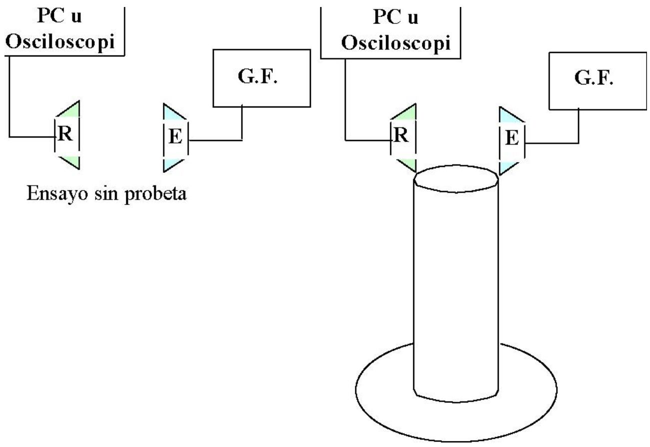


**Figura 1.** Esquema del dispositivo experimental para estudiar los modos de oscilación en un tubo.

## 2. Desarrollo de la experiencia

### 2.1. Frecuencias de resonancia

Usando un tubo semicerrado, comience por medir cuidadosamente las dimensiones del tubo; su longitud $L$ y diámetro interno $d$. Para determinar sin ambigüedad las frecuencias de resonancia asociadas a la presencia del tubo, coloque el emisor y el receptor enfrentados, justo en el borde abierto del tubo, según se muestra esquemáticamente en la Figura 1. Trate de ubicar las frecuencias de resonancia, variando la frecuencia del generador de funciones que alimenta el emisor. Preste particular atención a que la amplitud del generador de funciones permanezca constante, lo cual se puede lograr monitoreando la amplitud de la señal de entrada al emisor. Las resonancias se manifiestan por un pronunciado aumento de la amplitud de la señal de salida del receptor. En otras palabras, a las frecuencias de resonancia, para una dada amplitud de la excitación del emisor, la respuesta del receptor (su amplitud) tiene un máximo relativo (dentro de un dado intervalo de frecuencia).

En estas condiciones:

- Determine por lo menos las primeras 5 resonancias en cada caso. Grafique la amplitud del receptor en función de la frecuencia aplicada. Para este estudio, intente mantener fija la geometría del sistema (tubo, emisor, receptor, etc.) mientras varía la frecuencia de operación.
- Para verificar que las resonancias encontradas efectivamente están asociadas al tubo y no a características particulares del sistema emisor-receptor, retire el tubo y repita el estudio anterior, midiendo a las mismas frecuencias. Grafique luego la amplitud del receptor en función de la frecuencia aplicada, de ser posible sobre el mismo gráfico anterior. ¿Qué puede concluir de este estudio acerca del origen de dichas resonancias?
- Grafique las frecuencias de resonancia del tubo en función del orden $n$ de cada resonancia, es decir, el índice que identifica su aparición cuando se incrementa monótonamente la frecuencia. Busque determinar la frecuencia fundamental (correspondiente a $n = 0$) por debajo de la cual no se detectan otras resonancias.

### 2.2. Dependencia con la longitud del tubo

En esta segunda parte nos proponemos determinar la variación en la respuesta del sistema cuando se modifica la longitud del tubo considerado. Para ello, la propuesta consiste en repetir el mismo estudio precedente para -al menos- dos longitudes distintas a la empleada en la primera parte.

En estas nuevas condiciones:

- Grafique las frecuencias de resonancia $f_n$ del tubo en función del orden $n$ de cada resonancia.

- Grafique el producto $f_n L$ en función del orden $n$, para todos los casos estudiados.
- Suponiendo que en el tubo semicerrado caben exactamente $(2n+1)$ cuartos de longitudes de onda, trate de dar cuenta de sus resultados experimentales.
- A partir del gráfico de $f_n L$ en función de $(2n+1)$ y el modelo sugerido en el inciso anterior, determine el valor de la velocidad del sonido en aire. ¿Cómo se compara su resultado con los valores tabulados? Discuta y especule acerca de las posibles discrepancias entre uno y otro.
- Una consecuencia de tener un diámetro finito en el tubo es que su longitud efectiva es mayor que su longitud geométrica. Esto causa que el número $n$ de medias longitudes de onda que caben en dicha longitud efectiva $L_{\mathrm{ef}}$ satisfaga

$$L_{\mathrm{ef}} = L + \alpha d = n\frac{\lambda_n}{2}.$$

  ¿Cómo afecta esta corrección sus conclusiones respecto de la velocidad de propagación del sonido en aire? Tenga en cuenta que el valor de $\alpha$ es del orden de 0.4 para un tubo semicerrado, y del orden de 0.8 para uno abierto.

### 2.3. Ancho espectral de las resonancias

Determine, para las resonancias encontradas en la primera parte, sus respectivos semianchos en el espacio de frecuencias. Estos se definen como las distancias (en frecuencia) en las que la amplitud cae a la mitad de su valor en resonancia.

### 2.4. Estudio en función de la posición del detector

Para por lo menos 3 frecuencias de resonancia, estudie experimentalmente cómo varían la amplitud y la fase en función de la posición del detector en el tubo. Grafique sus resultados. ¿Qué puede concluir acerca de estos resultados? ¿Están de acuerdo con la teoría propuesta? ¿Cómo es la amplitud en los extremos del tubo? Concretamente: en los extremos abierto y cerrado, ¿hay nodos o extremos de amplitud? Explique sus resultados con argumentos físicos.

## Referencias

1. M. Alonso and E.J. Finn. *Física: Campos y ondas*, volume 2 of *Física*. Editorial Pearson Educación, 1998.
2. F.S. Crawford. *Ondas*, volume 3 of *Berkeley Physics Course*. Editorial Reverté, 1994.