

Determinación de la velocidad del sonido en el aire

IES La Magdalena.
Avilés. Asturias

(Información complementaria en **FisQuiWeb**: <http://bit.ly/1xng29O>)

El sonido es una onda de presión que viaja en el aire con una velocidad aproximada de 330- 340 m/s.

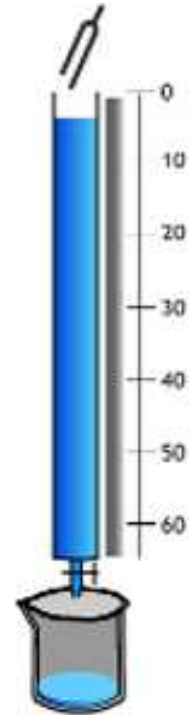
Si se produce un sonido en el interior de un tubo se generará una onda estacionaria si se cumplen las llamadas *condiciones de contorno* para los extremos: que exista un nodo en el extremo del tubo, si está cerrado, o un vientre, si está abierto.

Esta circunstancia permite diseñar un experimento en el cual se utilizan las ondas sonoras estacionarias que se pueden formar en un tubo para determinar la velocidad de propagación del sonido en el aire.

El montaje experimental utilizado para la obtención de los datos es el que se muestra en el esquema de la derecha.

El tubo es de plástico transparente, de unos 65 cm de longitud, y se tapa por la parte inferior con un corcho al que se adapta una llave de paso para líquidos. También se pega con cinta adhesiva una cinta métrica para poder hacer las mediciones. En la parte superior se fija un diapasón de 440 Hz.

Cuando se golpea el diapasón la onda sonora penetra en el tubo y se refleja en la superficie del líquido que lo llena parcialmente. Como consecuencia se puede formar en su interior una onda estacionaria si se da una doble condición: que exista un nodo en la superficie del líquido y un antinodo, o vientre, en la parte abierta del tubo. Esto sucederá cuando la longitud del tubo, no ocupada por el agua, sea un múltiplo impar de un cuarto de la longitud de onda.



$$L = n \frac{\lambda}{4} \quad n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

$$\lambda = \frac{4L}{n} \quad n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

Cuando se cumpla esta condición se formará la onda estacionaria, que se detecta porque se produce un súbito aumento de la intensidad del sonido. La longitud del tubo se puede variar abriendo la llave y dejando que el agua vierta en el vaso.

Se determina (varias veces) la longitud a la cual se aprecian variaciones en la intensidad del sonido.

La relación existente entre velocidad, frecuencia y longitud de onda es:

$$v = \lambda f$$

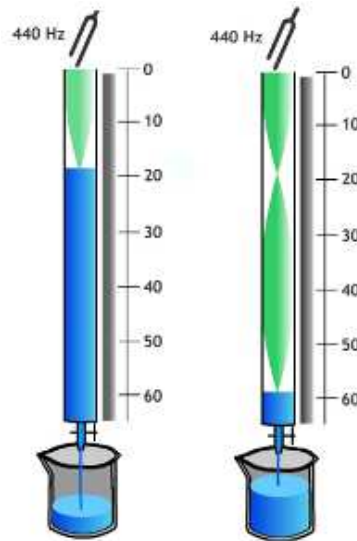
Sustituyendo el valor de la longitud de onda obtenemos la ecuación que nos da la velocidad del sonido en función de la frecuencia de la onda y la longitud del tubo:

$$v = \lambda f = \left(\frac{4f}{n} \right) L$$

$$\boxed{v = \left(\frac{4f}{n} \right) L} \quad n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

En la experiencia se han tomado datos para los dos primeros armónicos (ver figura). Los datos obtenidos se recogen en las tablas adjuntas:

n = 1	
L (cm)	
1	19,0
2	19,5
3	18,7
4	19,3
5	18,5



n = 3	
L (cm)	
1	57,7
2	57,2
3	58,0
4	57,5
5	58,2

Calculamos para cada uno de los valores la velocidad del sonido (con tres cifras significativas).

A continuación se realiza un cálculo de ejemplo para n = 1 y n = 3.

$$v = \left(\frac{4L}{n}\right) f = \frac{4 \cdot 0,190 \text{ m}}{1} 440 \text{ s}^{-1} = 334 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \left(\frac{4L}{n}\right) f = \frac{4 \cdot 0,577 \text{ m}}{3} 440 \text{ s}^{-1} = 339 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Los valores obtenidos se recogen en la tabla adjunta.

		v (m/s)
n = 1	1	334
	2	343
	3	329
	4	340
	5	326
n = 3	6	337
	7	336
	8	340
	9	337
	10	341
Media		336

Consideramos, por tanto, como valor verdadero: 336 m/s.

Calculamos el error absoluto de la medida que más se desvía del valor verdadero (326 m/s)

$$E_a = V_{\text{med}} - V_{\text{verd}} = (326 - 336) \frac{\text{m}}{\text{s}} = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El error relativo (que nos da la calidad de la medida) será: $E_r = \frac{E_a}{V_{\text{verd}}} \cdot 100 = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{336 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot 100 = 3 \%$

La medida la expresaremos con la incertidumbre en la forma (ver cálculo de errores en FisQuiWeb):

$$v = (340 \pm 10) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Otra posibilidad consiste en calcular la incertidumbre de la media según:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad x_i = \text{medida } i; \bar{x} = \text{media}; n = \text{número de datos}$$

Para este caso: $\sigma_m = 1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Luego: $v = (336 \pm 2) \frac{\text{m}}{\text{s}}$