

Medición de la velocidad del sonido

Pablo Adrián Nuñez; Daniel Linari; Isabel Corrado
Instituto San José , Moron y Escuela Media N° 17 de Lanús

pablo_nuniez2000@yahoo.com.ar, danlinari@yahoo.com.ar, eemn17lanus@yahoo.com.ar

Resumen

En el presente trabajo se estudia la velocidad del sonido en el aire a temperatura ambiente. Los resultados obtenidos experimentalmente son consistentes con la esperada. Asimismo se pudo analizar en forma cualitativa el comportamiento de la fase del frente de onda al reflejarse en el extremo del tubo en condiciones de cerrado y abierto respectivamente.

Introducción

Una onda sonora en un fluido gaseoso consiste en una perturbación del medio, la cual se propaga a una velocidad constante cuya ecuación es:¹

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (1)$$

Donde:

γ : es el coeficiente de compresión adiabático y su valor esperado y medido para el aire es 1,4.

R : es la constante universal de los gases cuyo valor es de 8.3145J/mol.K

T : la temperatura absoluta a la que se encuentra el gas; y

M : la masa molar del gas, que para el caso del aire el valor promedio es de alrededor de 0.0290kg/mol.

Según estos datos la velocidad del sonido en el aire es de 343m/seg a 20°C y de 340m/seg a 15°.

Las ondas sonoras entran dentro de la clasificación de ondas longitudinales ya que la perturbación produce una oscilación en la misma dirección de la propagación del frente de onda. En particular el frente de onda puede estudiarse como una variación máxima de presión del medio gaseoso. Dicha compresión es la que viaja modificando el medio.

El objetivo de este trabajo es determinar experimentalmente a temperatura ambiente (15°C – 20°C aproximadamente) la velocidad del sonido del aire en tubos de distintas longitudes con extremo abierto y luego con extremo cerrado. Asimismo se analizarán posibles diferencias del comportamiento del frente de onda en la reflexión del extremo en sus condiciones de cerrado o abierto.

Para el caso de la velocidad tendremos en cuenta la relación del tiempo T empleado para recorrer la longitud $2L$, resultante del viaje de ida y vuelta entre los extremos del tubo de longitud L , por lo que la expresión hipotética a estudiar se expresa matemáticamente como:

$$2L = v.t \quad (2)$$

donde V es la velocidad a determinar experimentalmente.

Por otra parte para el análisis de las fases en los extremos observaremos el comportamiento del frente de onda (máximo de presión) por medio de la gráfica descrita por la PC como picos de potencial en función del tiempo.

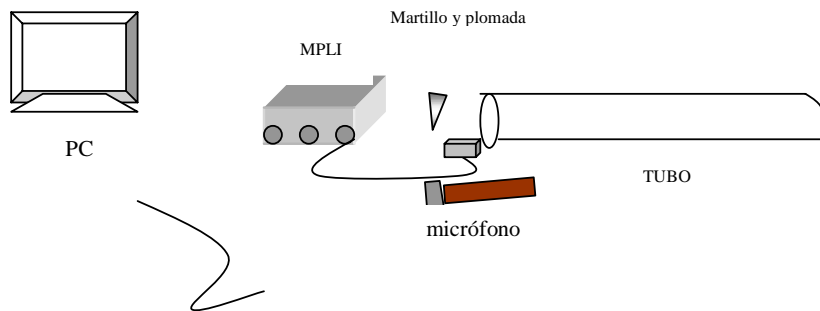
Método experimental.

Se generó un pulso de sonido mediante el golpe de un martillo sobre una plomada de hierro en el extremo donde se halla el micrófono conectado a la interfaz MPLI (Multiple Purpose Lab Interface) y se obtuvo por medio de la PC la representación gráfica del desplazamiento del pulso en función del tiempo, con una apreciación del orden de 0.00001seg, como una variación de potencial eléctrico medido en volts, el cual se repetía al llegar luego de reflejarse en el extremo opuesto del tubo.

La tubería empleada consistió en tubos de PVC para desagües domiciliarios de igual sección con posibilidad de variación de la longitud L por medio del acople de varios cortes de tubo de longitud semejante.

Para el tubo con extremo cerrado se midió el tiempo para las longitudes L de: $6.985\text{m} \pm 0.010\text{m}$; $5.530\text{m} \pm 0.010\text{m}$; $4.067\text{m} \pm 0.010\text{m}$; $3.03\text{m} \pm 0.010\text{m}$; y $1.51\text{m} \pm 0.010\text{m}$. Para el tubo cerrado se realizó sólo la medición de tiempo T para una longitud L de $4.085\text{m} \pm 0.010\text{m}$.

Las variables medidas en forma directa son la longitud L y el tiempo T, y la variable medida en forma indirecta es la velocidad V.



Vale señalar que estimamos la temperatura ambiente entre 15°C y 20°C ya que no se ha medido, por lo que los valores esperados estarán con la incertidumbre de hallarse entre las velocidades esperadas de 340m/s para 15°C y de 343m/seg para 20°C , según la ecuación (1).

Resultados:

De acuerdo a las mediciones experimentales con sus indeterminaciones se obtiene el siguiente gráfico:

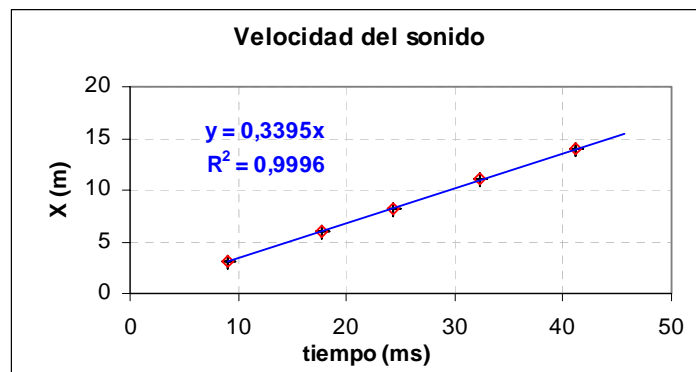


Gráfico 1. En este gráfico la pendiente corresponde a la velocidad del sonido obtenida experimentalmente para una temperatura ambiente de entre 15°C y 20°C aproximadamente. La misma resultó ser de $(339,5 \pm 3,9)\text{m/s}$

El resultado obtenido experimentalmente de la velocidad en tubo con extremo abierto se halla dentro del error experimental comparado con el esperado.

Vale indicar que el valor representativo fue obtenido mediante el programa Excel y la incerteza por el método de cuadrados mínimos.

Ahora se exponen las gráficas obtenidas para el tubo con extremo abierto y para el tubo con extremo cerrado.

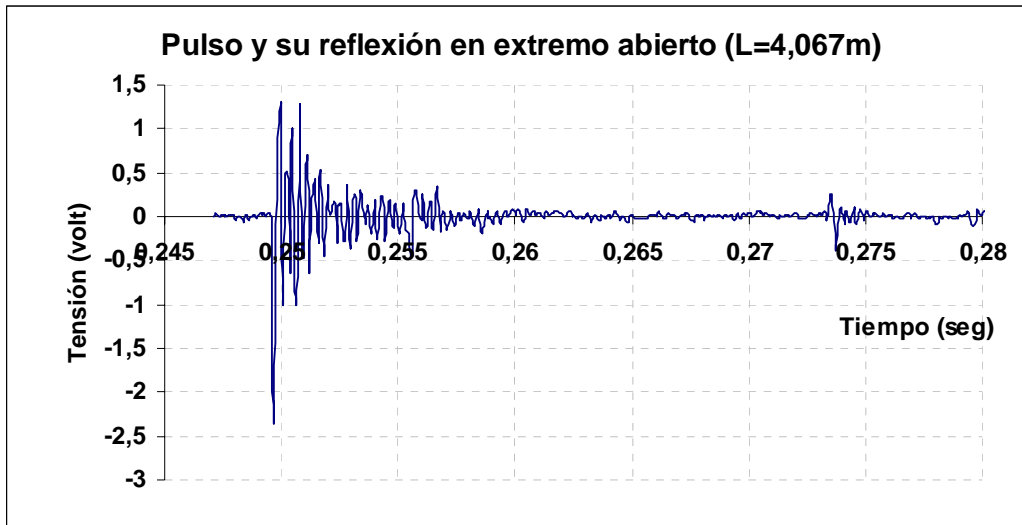


Gráfico 2. Los datos generados por el MPLI son representados gráficamente como una variación de la tensión en función del tiempo. Aquí puede observarse el pulso inicial que viaja y se refleja en el extremo abierto del tubo donde tiene un cambio de fase.

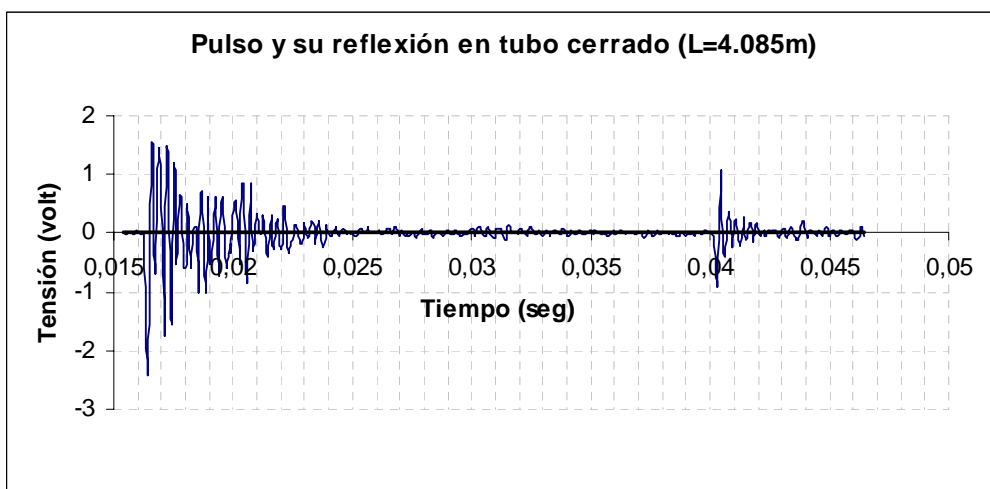


Gráfico 3. En este gráfico puede observarse que el pulso generado se refleja en el extremo cerrado sin producirse cambio de fase.

Discusión:

La velocidad experimental obtenida al parecer se ajusta a lo esperado dentro de los valores de temperatura ambiente supuestos al momento de realizar la experiencia, pero vale señalar que es importante tener la medición de la temperatura ambiente al momento de realizar la experiencia para darle mayor solidez a la corroboración buscada.

En cuanto a la incerteza de los tiempos medidos ha de considerarse además de la sensibilidad que es de 0,00001seg, la incertidumbre al ubicar el cursor sobre la pantalla donde un cambio mínimo representa una indeterminación del orden de 0,0001seg.

La conservación de la fase en el extremo cerrado podemos suponerla debido a que se produce una compresión o mínimo desplazamiento del aire en dicho extremo, en cambio en el extremo abierto la falta de una pared rígida en el extremo permite una depresión o enrarecimiento con un máximo de desplazamiento de la porción de aire dentro del tubo. No obstante no tenemos plena seguridad de esta observación.

Conclusiones:

El modelo lineal propuesto en la ecuación 2 se verifica experimentalmente por medio del **Gráfico 1**, donde la pendiente nos permitió obtener la velocidad del sonido.

Es importante señalar que el tratamiento de errores nos proporcionó un segmento de indeterminación de un 1% de incerteza que contempla las velocidades esperadas para las temperaturas ambientes supuestas durante el experimento.

Es notable como influye en el cambio o no de fase la condición de extremo abierto o cerrado y la verificación experimental de la condición de máximo de presión con el mínimo desplazamiento en el extremo cerrado, y la condición de mínimo de presión con el de máximo desplazamiento en el extremo abierto.

Referencias:

1. Robert Resnick, David Halliday, Kenneth S. Krane, *Física Vol. 1*. Cap. 20 “Ondas Sonoras”, págs. 495 a 498. Cuarta edición, México 1997.
2. Yamila Maio, Leandro Leikis, José María Ragozino. *Pasajes de pulsos sonoros en tubos*. UF, Laboratorio de Física I. 2005. www.fisicareactiva.com