



Silvia E. Calderón¹, Pablo Nuñez² y Salvador Gil^{3(a)}

¹ Instituto Superior del Profesorado J. V. González. Ayacucho 632 – Ciudad de Buenos Aires

² Instituto de Industrias de la Universidad Nacional de Gral. Sarmiento, Buenos Aires y Instituto San José de Morón, Buenos Aires, Argentina

³ Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de San Martín, Campus Miguelete, San Martín Buenos Aires, Argentina

(a) sgil@unsam.edu.ar

Se estudia la propagación y reflexión de pulsos sonoros en tubos cilíndricos abiertos y semicerrados de distintos longitud. A partir de los tiempos de tránsito de los pulsos reflejados en los extremos de los tubos se obtiene la velocidad del sonido en el aire. El análisis de las fases señales reflejadas respecto de la onda incidente, permite estudiar la diferencia entre una reflexión en un extremo abierto o cerrado. Los resultados experimentales obtenidos concuerdan adecuadamente con el modelo teórico propuesto. Estos experimentos son ejemplos que muestran como la tarjeta de sonido de una PC puede ser un sistema accesible y de bajo costo para estudiar diversos sistemas físicos, de utilidad en laboratorios de física básica.

Introducción

MODELO TEÓRICO

La reflexión de una onda acústica en un extremo abierto de un tubo cilíndrico es similar a las reflexiones que tienen lugar en una cuerda que tiene un extremo fijo. Una onda sonora que se propaga a través de un tubo, tendrá un nodo de presión en el *extremo abierto*, pues la presión del aire en esta zona tiende a la presión atmosférica o de equilibrio P_0 . Análogamente el *extremo cerrado* de un tubo tiene propiedades de reflexión equivalentes a la onda en una cuerda que tiene el extremo libre.

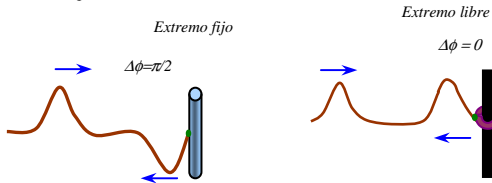


Figura 1. Cuando un pulso que se propaga en una cuerda se refleja en un extremo fijo (nodo), el pulso cambia de fase. Si el extremo es libre, el pulso reflejado tiene igual fase que el incidente

RELACIONES DE FASE EN LA REFLEXIÓN

La onda reflejada en este extremo presenta una diferencia de fase de $\Delta\phi = \pi/2$ respecto de la onda incidente. Por el contrario, si el extremo del tubo está cerrado, la onda incidente y la reflejada están en fase, $\Delta\phi = 0$

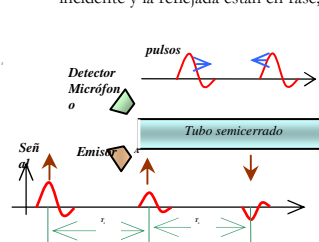


Figura 2. Esquema de un pulso sonoro que se propaga por un tubo semicerrado. En el panel superior se muestra esquemáticamente como se mueven los pulsos en el tubo, es consecuencia de la reflexión en los extremos abiertos. En el panel inferior se muestra como se observaría la señal en el micrófono como función del tiempo

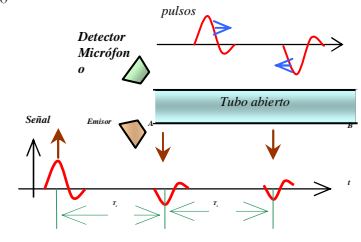


Figura 3. Esquema de un pulso sonoro que se propaga por un tubo abierto. En el panel superior se muestra esquemáticamente como se mueven los pulsos en el tubo. La inversión de los mismos, es consecuencia de la reflexión en los extremos abiertos. En el panel inferior se muestra como se observaría la señal en el micrófono como función del tiempo. El retardo de los pulsos está dado por el tiempo de viaje del pulso, $T_0 = 2L_v/c$.

MÉTODO EXPERIMENTAL

Conectamos un micrófono a una de PC y el parlante a otra. En la computadora donde está conectado el parlante, se emite la señal sonora. Se utiliza el software para generar una señal de la forma, frecuencia y duración deseada. En nuestro caso, utilizamos pulsos sinusoidales de 1500 Hz de $\Delta T = 3$ ms de duración, la idea es que sea mucho menor que el tiempo de viaje del pulso, así pueden verse los distintos pulso reflejados bien separados. La elección de la forma de la señal permite distinguirla nítidamente pese al ruido electrónico que capta el micrófono.

Con el parlante y el micrófono colocados del mismo extremo del tubo, grabamos el sonido emitido y sus reflexiones.

Para determinar la velocidad del sonido en el aire se utilizó un tubo de goma de 2,54 cm de diámetro y longitud entre 1,5 m y 4,5 m. El software permite medir los instantes en que se detectan los pulsos enviados y reflejado y conociendo la longitud del tubo, es posible calcular la velocidad del sonido.



Figura 4. Dispositivo utilizado para medir la velocidad del sonido

RESULTADOS OBTENIDOS

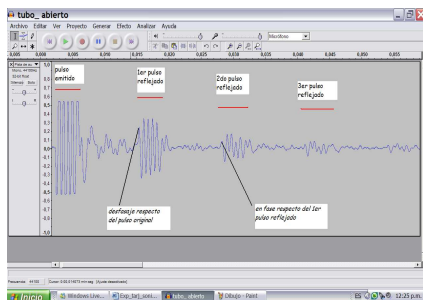


Figura 5. Se muestra el pulso emitido y sucesivas reflexiones en el tubo con el extremo abierto.

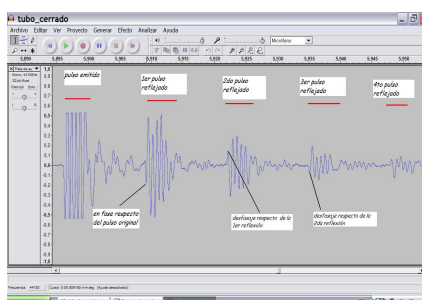


Figura 6. Se muestra el pulso emitido y sucesivas reflexiones en el tubo con el extremo cerrado

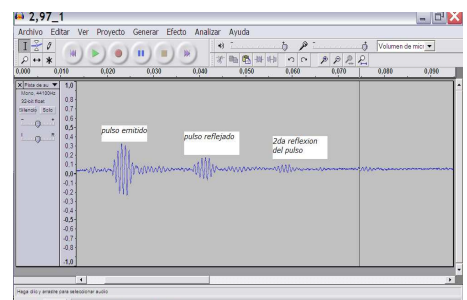


Figura 7. Visualización de los pulsos emitidos y reflejados. La velocidad del sonido obtenida fue de $339 \text{ m/s} \pm 4 \text{ m/s}$

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son compatibles con el análisis teórico de las condiciones de frontera para el estudio de la reflexión de pulsos, donde se analiza particularmente la reflexión del sonido en tubos abiertos y cerrados.

Este experimento muestra como es posible utilizar la tarjeta de sonido disponible en cualquier computadora como sistema de adquisición de datos. El software utilizado es de acceso libre lo que permite compatibilizar el uso de las nuevas tecnologías y el desarrollo de experimentos de bajo costo para enseñar y aprender física.