

## La velocidad de propagación Ondas

### Conceptos generales

La velocidad de propagación de las ondas (o la rapidez con que se mueve una perturbación) siempre será un objeto de estudio interesante: por ejemplo, podríamos saber a partir de la velocidad de propagación de un sismo el tiempo para poder reaccionar, tal como lo hacemos si hay un tsunami en nuestras costas, o si existe una llamarada solar. Establecer la velocidad de propagación de una onda siempre será útil para nuestra comprensión y predicción de la naturaleza y sus fenómenos asociados.

La velocidad de propagación, al igual que cualquier otra velocidad, se establece en [m/s]. Tal como sabemos, las ondas en la naturaleza las podemos clasificar en mecánicas o electromagnéticas (E-M), siendo estas últimas aquellas que no requieren un medio material para poder propagarse. A partir de esta premisa podemos establecer, como elemento de acercamiento al estudio de las ondas, que las ondas E-M no sufren grandes modificaciones en su velocidad de propagación por efecto de alteraciones del medio material. Sin embargo, esta premisa la modificaremos cuando lleguemos a la refracción de la luz, donde calcularemos las variaciones en la velocidad de propagación. Como primer axioma fundamental, estableceremos que todas las ondas electromagnéticas se mueven a la misma velocidad, que es la velocidad de la luz en el vacío, cuyo valor es de  $3,0 \times 10^8 \left[ \frac{m}{s} \right]$ .

### Factores que influyen en la velocidad de propagación

Tal como se describe anteriormente, la velocidad de propagación de las ondas mecánicas si son afectadas por alteraciones en el medio material. A continuación, se presentan los factores que influyen en la velocidad de las ondas:

- **Temperatura del medio de propagación:** La temperatura del medio altera la velocidad de propagación. Este efecto se presenta con mayor efecto en el estudio del sonido, el cual es una onda mecánica. Se sabe que la velocidad de propagación del sonido, a una temperatura ambiental de 20[C], es de alrededor de 340[m/s] (1224[km/h]). Por cada grado kelvin que aumenta la temperatura del aire, la velocidad del sonido se incrementa en un factor de 0,6, siguiendo la ecuación

$$V_s = \left( 331,5 \left[ \frac{m}{s} \right] + 0,6T_k \right)$$

Donde  $V_s$  es la velocidad de propagación del sonido y  $T_k$  es la temperatura del medio (aire) por donde se mueve el sonido

- **Densidad del medio de propagación:** la densidad del medio material también influye en la velocidad de propagación de las ondas mecánicas. Se establece que a una mayor densidad del medio material, mayor será la velocidad de propagación de las ondas mecánicas. Por ejemplo el sonido se moverá más rápidamente en el

sólido, después más lento en el líquido y más lento en el gas. A modo de cuantificar esta afirmación, se establecen los valores para distintos medios materiales, considerando el sonido como la onda mecánica estudiada.

- sólido → acero →  $V_s \approx 5000 \left[ \frac{m}{s} \right]$
  - líquido → agua →  $V_s \approx 1440 \left[ \frac{m}{s} \right]$
  - gas → aire →  $V_s \approx 340 \left[ \frac{m}{s} \right]$
- **Características físicas de la onda:** En los casos anteriores, los factores afectaban solo a las ondas mecánicas, ya que las ondas E-M siempre se mueven a la velocidad de la luz en el vacío, aunque después sepamos que esto no es tan cierto. Sin embargo, este último factor afecta por igual a ondas mecánicas y E-M. Los factores físicos de la onda hacen referencia al periodo, frecuencia y longitud de onda de la perturbación estudiada. Se puede establecer el valor de la velocidad de propagación en función de estos parámetros.  
Se sabe que la velocidad, como concepto físico, se establece mediante la ecuación  $Velocidad = \frac{distancia}{tiempo}$ , conceptos que son difíciles de medir en una onda. Sin embargo, podemos encontrar cantidades similares, por ejemplo, la distancia entre dos nodos no consecutivos se denomina como longitud de onda  $\lambda$ , mientras que el tiempo que demora una oscilación se denomina como periodo  $T$ . Si consideramos esta analogía, podemos establecer que

$$V = \frac{distancia}{tiempo} \rightarrow V = \frac{\lambda}{T}$$

No obstante, sabemos que el inverso del periodo corresponde al valor de la frecuencia, por lo que podemos establecer que

$$V = \frac{\lambda}{T} \rightarrow V = \lambda * \left( \frac{1}{T} \right) \rightarrow V = \lambda f$$

Por lo tanto, podemos utilizar cualquiera de las dos ecuaciones para calcular la velocidad de propagación, según los datos que tengamos para calcular la velocidad de propagación.

### Ejercicio ejemplo

*Una rueda, cuando gira muy rápido, puede generar un sonido muy agudo. Si se sabe que una pequeña rueda puede girar 23400 veces en un minuto. En esta situación, determine el valor de la frecuencia del sonido producido y la velocidad de propagación de la onda, sabiendo que la longitud de onda de este sonido es de 90[cm].*

### Resolución

Se sabe que la frecuencia de oscilación de un sistema se puede calcular como  $f = \frac{osc}{t}$ , como también sabemos que su periodo se puede calcular como  $T = \frac{t}{osc}$ . Considerando que sabemos que la rueda gira 23400 por cada minuto, y que  $1[\text{min}] = 60[\text{s}]$ , calculamos

$$f = \frac{osc}{t} = \frac{23400}{60[\text{s}]} = 390[\text{hz}]$$

Y su periodo

$$T = \frac{t}{osc} = \frac{60[\text{s}]}{23400} = 0,002564[\text{s}]$$

El cual calculamos solo para comprobar nuestros cálculos. Nótese que el valor de la frecuencia corresponde a la nota musical SOL. La nota LA posee 440[hz].

Ahora vamos por la velocidad de propagación. Sabemos que la longitud de onda  $\lambda$  es de 90[cm]  $\left(\frac{1[\text{m}]}{100[\text{cm}]}\right) = 0,9[\text{m}]$ . Aplicando las ecuaciones antes estudiadas, aplicaremos las dos formas para calcular la velocidad de propagación:

$$V = \lambda f = 0,9[\text{cm}] * 390 \left[\frac{1}{\text{s}}\right] = 351 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$$

$$V = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,9[\text{m}]}{0,002564[\text{s}]} = 351,01 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$$

es decir, cualquier ecuación sirve para determinar el valor de la velocidad de propagación.

Ahora Usted!!!

- Un silbato vibra 24000 por cada minuto. Se sabe que la longitud de onda es 0,8[m]. determine el valor de la frecuencia y periodo, como también la velocidad de propagación de la onda. R:400[hz], 0,0025[s], 320[m/s]
- Un sonido con la nota LA posee una frecuencia de 440[hz]. Si sabemos que la velocidad del sonido es de 340[m/s], ¿Cuál es el valor de su longitud de onda?. R:0,77[m]
- La nota musical MI posee una longitud de onda de 1,03[m]. Si el sonido se mueve a 340[m/s], ¿Cuál es el valor de su frecuencia?. R:330,09[hz]
- ¿Cuál es la longitud de onda de la luz monocromática roja, cuya frecuencia es de  $4,61 \times 10^{14}$ [hz]?. R: $6,5 \times 10^{-7}$ [m]
- ¿Cuál es el valor de la frecuencia de la luz monocromática azul, cuya longitud de onda es de 430[nm]?. R: $6,97 \times 10^{14}$ [hz]