
Velocidad de la luz en una fibra óptica

1. OBJETIVOS

Medir la velocidad de la luz en una fibra óptica. Determinar el índice de refracción de la fibra.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Una fibra óptica es una guía de ondas cilíndrica de un material de muy baja atenuación, normalmente vidrio de sílice o un polímero, donde se propaga la luz guiada. Por fenómenos de reflexión total, la luz se guía a lo largo de la dirección de la fibra. En una fibra óptica de longitud L , el tiempo empleado por la luz para propagarse es

$$t_F = \frac{L}{v}, \quad (1)$$

donde la velocidad de propagación de la luz en la fibra es

$$v = \frac{c}{n}, \quad (2)$$

siendo $c=300.000$ km/s y n el índice de refracción del núcleo la fibra.

La velocidad de la luz se puede medir en un sistema como el de la Fig. 1. La señal modulada de salida de un generador de funciones se conecta a un canal de un osciloscopio, y se aplica simultáneamente a un diodo LED. Éste convierte los pulsos eléctricos en pulsos luminosos, que se transmiten por una fibra, hasta un fotodiodo, que convierte de nuevo a pulsos eléctricos que monitorizamos en el segundo canal del osciloscopio.

Cuando se visualizan las dos señales en el osciloscopio se observa un desplazamiento temporal de la señal transmitida con respecto a la señal de entrada. Este retardo no es debido solamente a la propagación de la luz en la fibra, sino también a los tiempos de respuesta del LED y del fotodiodo, de modo que el retardo total es:

$$t_T = t_{LED} + t_F + t_{FD}. \quad (3)$$

Si se tienen dos fibras ópticas de diferentes longitudes L_1 y L_2 , se puede aplicar un método diferencial. Dado que el tiempo de retardo del LED y del fotodiodo es el mismo si cambiamos la longitud de la fibra, la diferencia de retardo al medir con cada una de las fibras se debe solamente a la diferencia de longitud de las fibras. Por tanto:

$$\Delta t = t_{T2} - t_{T1} = (t_{LED} + t_{F2} + t_{FD}) - (t_{LED} + t_{F1} + t_{FD}) = t_{F2} - t_{F1}. \quad (4)$$

Juntando las ecuaciones (1) y (4) se deduce que la velocidad de la luz en la fibra se puede obtener como:

$$v = \frac{L_2 - L_1}{\Delta t}. \quad (5)$$

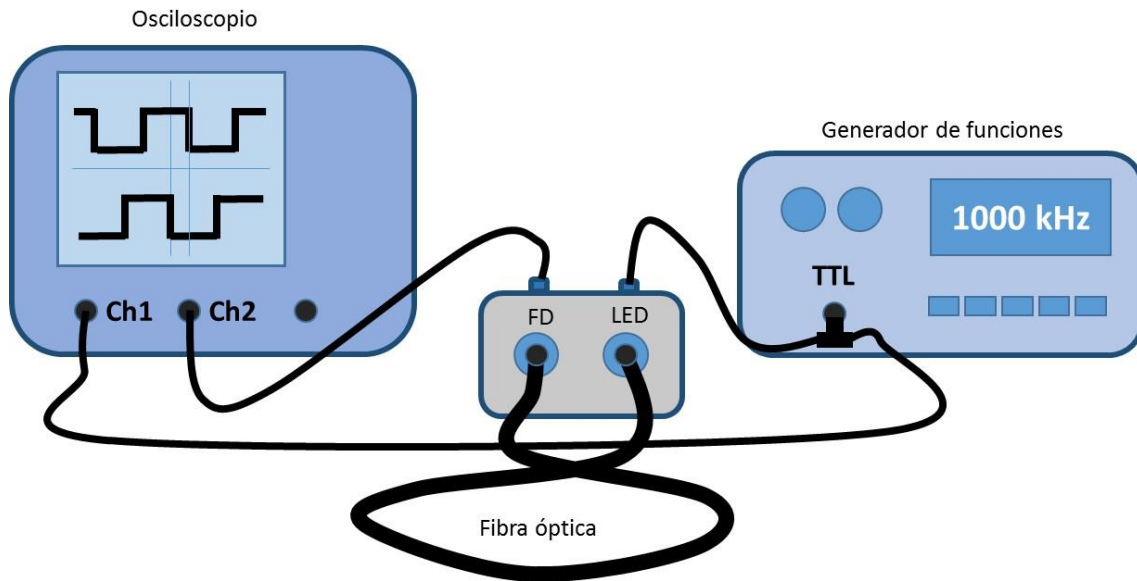


Figura 1. Esquema del sistema para la medida de la velocidad de la luz.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- (a) Realizad el montaje de la Fig. 1. Utilizad la señal TTL como señal de salida del generador de funciones. Antes de conectar la fibra comprobad que se observa el LED emitiendo luz. Aplicad una señal de muy baja frecuencia (1 Hz) y observad el parpadeo del LED. Aumentad la frecuencia de la señal eléctrica hasta que dejéis de observar el parpadeo. Determinad esta frecuencia límite de respuesta del ojo humano.
- (b) Medid las longitudes de las dos fibras ópticas disponibles. Estimad el tiempo de retardo esperable debido a la propagación de la luz en la fibra, empleando la ecuación (1), suponiendo un índice de refracción $n=1,5$.
- (c) Conectad la fibra más corta y observad el retardo de la señal transmitida. Ajustad la frecuencia del generador a una frecuencia de, al menos, 100 kHz. Medid el tiempo de retardo t_{T1} para esta fibra. Si se usa una frecuencia muy alta, la señal cuadrada puede distorsionarse al pasar por el sistema. Si es el caso, haced la medida de retardo entre los puntos donde comienza la caída de las respectivas señales.
- (d) Repetid la medida con la segunda fibra y obtened el tiempo de retardo t_{T2} .
- (e) Calculad la diferencia de retardo Δt entre los dos casos señales, y obtened la velocidad de propagación de la luz en la fibra con la ecuación (5). Determinad el índice de refracción de la fibra con la ecuación (2).

