



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es



“Dispositivos y Medios de Transmisión Ópticos”

Módulo 2. Propagación en
Fibras Ópticas.

EJERCICIOS

Autor: Isabel Pérez/José Manuel Sánchez /Carmen Vázquez

Revisado: Pedro Contreras

Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas (GDAF)

Dpto. de Tecnología Electrónica

Universidad CARLOS III de Madrid





Ejercicio 1

Una FO de plástico de índice abrupto tiene un índice de refracción de núcleo $n_1 = 1.496$ y un índice de refracción de cubierta $n_2 = 1.4$.

Calcular:

- Su apertura numérica (NA) y su ángulo de aceptación (ϕ_a) cuando está situada en el aire
- Repetir el apartado a) suponiendo que ahora está sumergida en agua ($n_{\text{agua}} = 1.33$)



Ejercicio 2

Una FO de salto de índice con una apertura numérica, $NA = 0.2$, soporta 100 modos a una longitud de onda de 850 nm.

- a) ¿Cuál es el diámetro del núcleo de la fibra?
- b) ¿Cuántos modos se propagarían por la fibra a 1320nm?
- c) ¿Cuántos modos se propagarían por la fibra a 1550nm?



Ejercicio 3

Se desea construir un FO de salto de índice con una frecuencia normalizada $V = 75$ y una apertura numérica $NA = 0.3$ para usarse a una longitud de onda de 820nm . Si el índice de refracción del núcleo es $n_1 = 1.458$, ¿Cuál debe ser el diámetro del núcleo y el índice de refracción de la cubierta?



Ejercicio 4

Una FO de índice gradual con un perfil parabólico ($\alpha = 2$) tiene un diámetro del núcleo de $50 \mu\text{m}$, un índice de refracción axial de núcleo $n_1 = 1.46$ y un índice de refracción de cubierta $n_2 = 1.445$. Si dicha FO es excitada por una fuente con $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ calcular:

- Su apertura numérica (NA) axial
- Constante de propagación (β_0) y parámetro V
- Nº total de modos que se propagan en la fibra



Ejercicio 5

Una FO de índice gradual con un perfil triangular ($\alpha = 1$) tiene un índice de refracción axial de núcleo $n_1 = 1.5$ y una diferencia relativa de índices de refracción de 1.3%. Calcular el diámetro del núcleo de la fibra para transmitir un solo modo a:

- a) $\lambda = 1300\text{nm}$
- b) $\lambda = 1550\text{nm}$



Ejercicio 6

Una FO de índice gradual con un perfil triangular ($\alpha = 1$) soporta la propagación de 500 modos. El índice de refracción axial del núcleo es 1.46 y el diámetro del núcleo son $75\mu\text{m}$. Si la longitud de onda de la luz que se propaga a través de la fibra es $1.3\mu\text{m}$, calcular:

- La diferencia de índices de refracción relativa de la fibra, Δ .
- El máximo diámetro que tendría que tener el núcleo de la fibra para que fuese monomodo a la misma longitud de onda.



Ejercicio 7

En un sistema de comunicaciones óptico una señal de 1330nm sufre una pérdida de potencia del 55% al propagarse a lo largo de 3.5km de fibra. ¿Cuál es la atenuación de dicha fibra a esa longitud de onda?



Ejercicio 8

Dado un enlace de fibra óptica de 12km. Si la atenuación de la FO a la longitud de onda de transmisión es 1.5dB/km:

- ¿Cuál es la mínima potencia óptica requerida en la entrada para mantener un nivel de potencia óptica de $0.3\mu\text{W}$ al final del enlace?
- ¿Cuál sería la potencia mínima requerida en la entrada si las pérdidas de la fibra fuesen $25 \cdot 10^{-4}$ dB/m?



Ejercicio 8

La potencia óptica media introducida en la entrada de un enlace de fibra óptica es 1.5mW y la atenuación de la fibra a la longitud de onda de trabajo es de 0.5 dB/km .

- a) Determine la longitud máxima que puede tener el enlace si el nivel medio de potencia óptica requerido por el detector es de $2\mu\text{W}$.
- b) Si la longitud del enlace es de 10km , determine la potencia óptica en el detector, expresada en dBm .



Ejercicio 9

Un enlace de fibra óptica de 15km utiliza fibra con una atenuación de 1.5 dB/km. El enlace está compuesto por tramos de 1km que se unen mediante conectores que presentan unas pérdidas de 0.8dB cada uno. Determine la potencia media mínima que debe introducirse en la entrada del enlace para mantener un nivel medio de potencia óptica en el detector de $0.3\mu\text{W}$.



Ejercicio 10

Las potencias ópticas umbrales para la aparición de *scattering* de Brillouin y Raman en un enlace de fibra óptica monomodo de $8\mu\text{m}$ de diámetro son 190mW y 1.7W , respectivamente. Si el enlace utiliza un láser con un ancho de banda de 1GHz , calcular la longitud de onda central del láser y la atenuación de la fibra a esa longitud de onda.



Ejercicio 11

Una fibra multimodo de salto de índice tiene un índice de refracción del núcleo $n_1 = 1.46$ y un índice de refracción de la cubierta $n_2 = 1.45$. Si el radio de curvatura crítico de la fibra es de $84\mu\text{m}$, determine la longitud de onda de la luz que se propaga por la fibra.



Ejercicio 12

Una fibra multimodo de índice gradual con perfil parabólico tiene un índice de refracción axial del núcleo $n_1 = 1.46$ y una diferencia relativa de índices de refracción $\Delta = 0.5\%$. ¿Cuál será el ensanchamiento de pulso por unidad de longitud debido a la dispersión intermodal?



Ejercicio 13

El parámetro de dispersión de material de una fibra óptica es $20 \text{ ps}\cdot\text{nm}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ a una longitud de onda de $1.5\mu\text{m}$. Estime el ensanchamiento de pulso producido en un enlace de 30km debido a la dispersión del material cuando la luz se introduce en la fibra mediante un láser con una anchura espectral de 2nm .



Ejercicio 14

Una fibra óptica multimodo de salto de índice tiene una diferencia de índices de refracción relativa del $\Delta = 1\%$ y un índice de refracción del núcleo $n_1 = 1.46$. El máximo ancho de banda óptico que puede obtenerse con una fuente de luz dada en un enlace de 4.5km es de 2.8MHz.

- a) Determine el valor rms del ensanchamiento del pulso por kilómetro debido a la dispersión intramodal
- b) Despreciando la dispersión intramodal de guíaonda, estime la anchura espectral de la fuente utilizada si el parámetro de dispersión del material a la longitud de onda de trabajo es $90 \text{ ps}\cdot\text{nm}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$



Ejercicio 15

Se dispone de una fibra multimodo de salto de índice con:
 $n_1 = 1.46, \Delta = 0.01$ @ 850nm, ¿cuál es la máxima velocidad de transmisión posible en un enlace de 1Km?



Ejercicio 16

Se dispone de una fibra multimodo de índice gradual que posee una dispersión modal de 0.24ns/Km @ 850nm , bastante menor que en el caso de la fibra de salto de índice, y una dispersión cromática de 85ps/Km-nm @ 850nm . Se utiliza en un enlace de 1Km .

Como transmisor se utilizan varias fuentes de luz con anchuras espectrales de:

- a) 1nm
- b) 25nm

Determinar el ensanchamiento total del pulso y la velocidad máxima de transmisión en cada caso.



Ejercicio 17

Se dispone de un equipo que transmite a una velocidad de 1,2Gb/s y permite una distorsión máxima de 200ps para transmitir correctamente una longitud de onda nominal de 1310(± 20 nm) en un enlace de 45Km. La fuente de luz posee una anchura espectral de 0.5nm.

En el enlace se decide utilizar una fibra que posee una longitud de onda de dispersión nula de 1310nm, una pendiente de dispersión a esa longitud de onda de 0.1ps/nm²-km y un coeficiente de dispersión cromática (CDC) de 2.9ps/nm-Km a la longitud de onda máxima.

Calcule si la fibra a utilizar es adecuada para un correcto funcionamiento del equipo en el enlace.