

# Análisis numérico de un sensor de índice de refracción de fibra óptica basado en la resonancia de plasmón superficial

J.S. Velázquez-González<sup>1</sup>, M. del C. Alonso-Murias<sup>1</sup>, O. Rodríguez-Quiroz<sup>1</sup>, C.E. Domínguez-Flores<sup>1</sup>, y D. Monzón-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Óptica A.C., León, Guanajuato, MÉXICO, [www.cio.mx/](http://www.cio.mx/)

## Resumen

En este trabajo se muestra el análisis numérico de un sensor de índice de refracción basado en la resonancia de plasmón superficial (SPR) en una estructura hetero-núcleo de fibra óptica (MMF-SMF-MMF). Se utilizó el modelo multicapa y a través de los resultados obtenidos se establecieron los parámetros óptimos para su fabricación física.

## 1.- Introducción

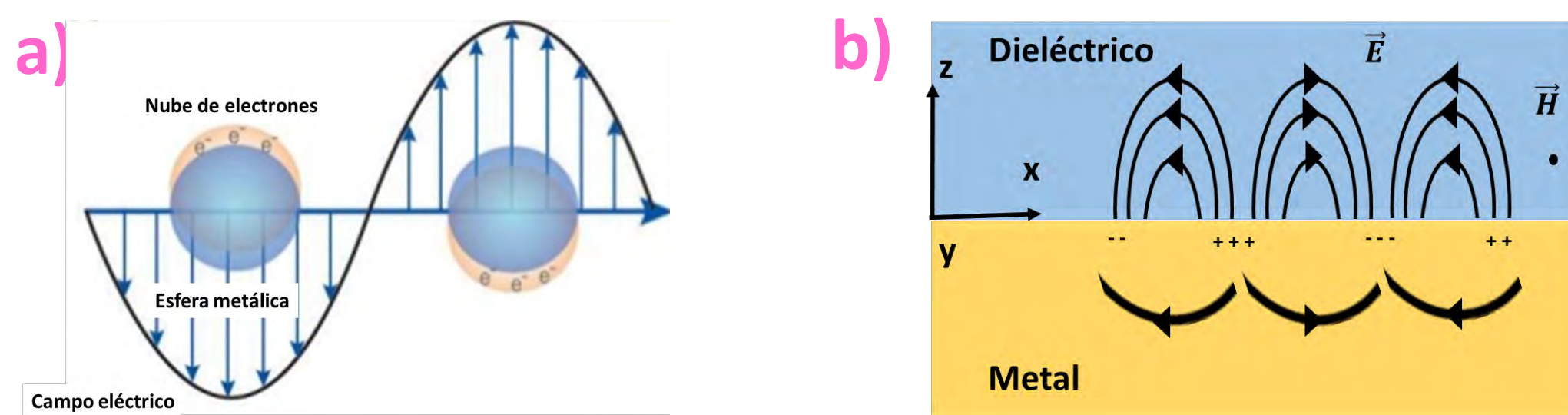


Fig. 1. Conceptos teóricos: a) Plasmón y b) Plasmon superficial (PS) [1].

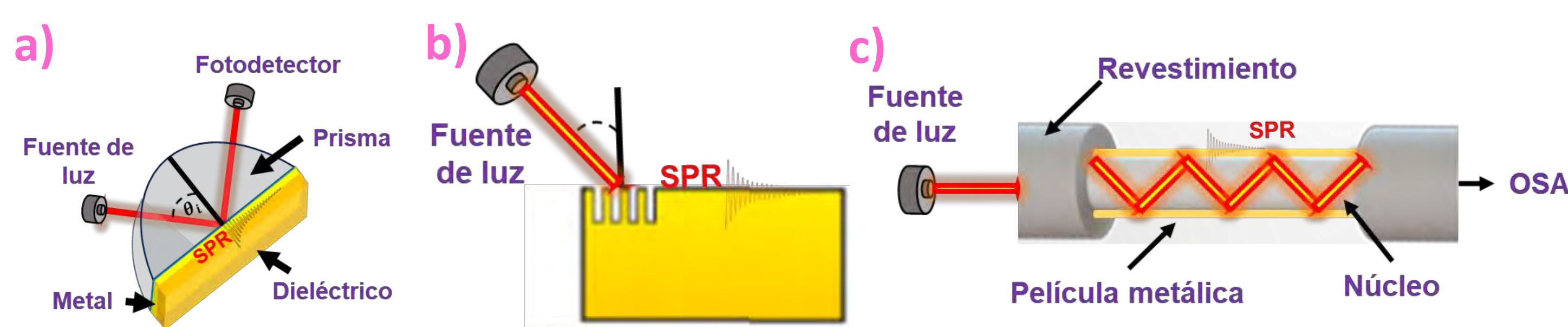


Fig. 2. Excitación del PS: a) Prisma, b) Rejilla y c) Fibra óptica [1].

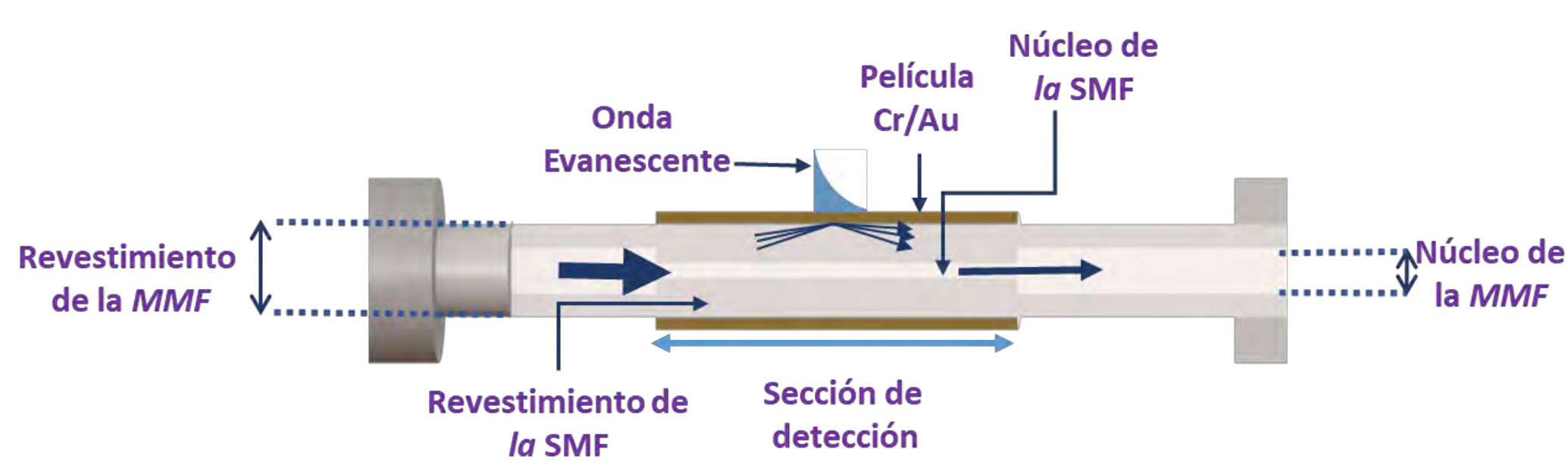


Fig. 3. Estructura hetero-núcleo de fibra óptica (MMF-SMF-MMF) [2].

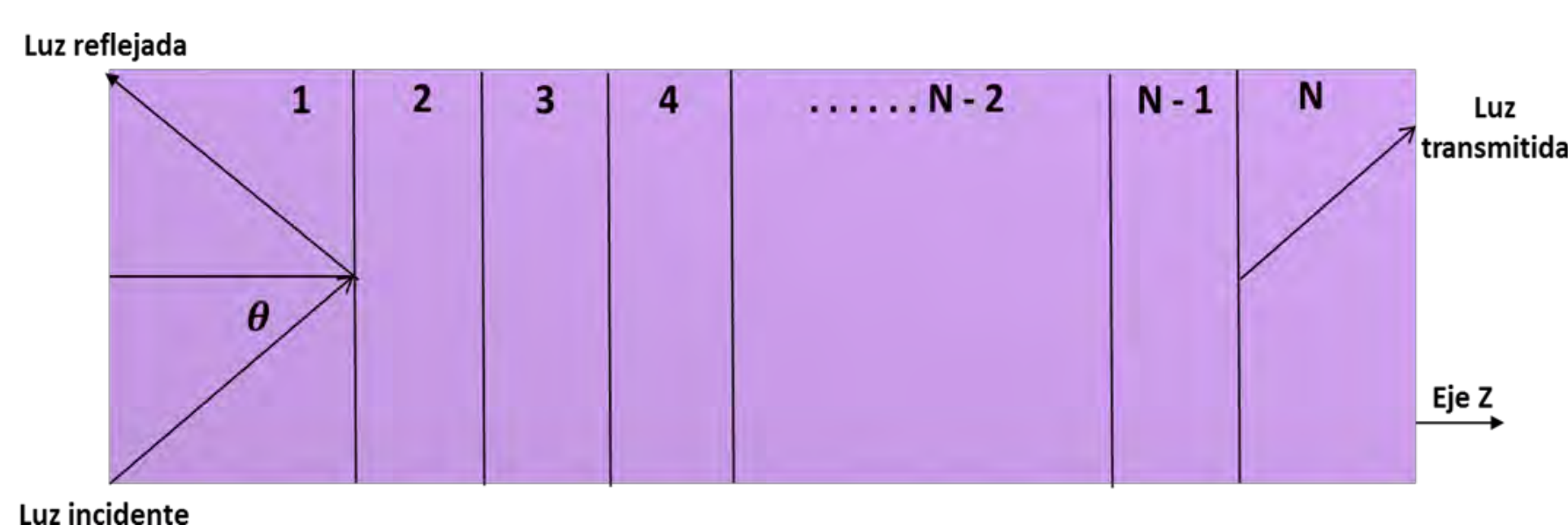


Fig. 4. Modelo multicapa para calcular la potencia transmitida normalizada [3].

**Matriz de transferencia**

$$M = \prod_{k=2}^{N-1} M_k = \begin{bmatrix} \cos \beta_k & -i \operatorname{sen} \beta_k \\ -i q_k \operatorname{sen} \beta_k & \cos \beta_k \end{bmatrix}$$

**Constantes de propagación**

$$\beta_k = \frac{2\pi d_k}{\lambda} (\epsilon_k - n_1^2 \operatorname{sen}^2 \theta_1)^{\frac{1}{2}}$$

$$q_k = \frac{(\epsilon_k - n_1^2 \operatorname{sen}^2 \theta_1)^{\frac{1}{2}}}{\epsilon_k}$$

**Intensidad del coeficiente de reflexión**

$$R_p = \left| \frac{(M_{11} + M_{12}q_N)q_1 - (M_{21} + M_{22}q_N)}{(M_{11} + M_{12}q_N)q_1 + (M_{21} + M_{22}q_N)} \right|^2$$

**Potencia transmitida normalizada**

$$P = \frac{\int_{\theta_c}^{\pi} R_p^{N_{ref}(\theta)} \left( \frac{n_1^2 \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{(1 - n_1^2 \cos^2 \theta)^2} \right) d\theta}{\int_{\theta_c}^{\pi} \left( \frac{n_1^2 \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{(1 - n_1^2 \cos^2 \theta)^2} \right) d\theta}$$

Referencias: [1] Gupta, B. D., Srivastava, S. K. & Verma, R. Fiber Optic Sensors Based on Plasmonics. (WSP Co 2015).

[2] Watanabe, K., Matsubara, S. & Kubota, Y. A Hetero-Core Fiber Sensor Using OTDR. Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers 35, 32-37

[3] F. Abelès, "Recherches sur la propagation des ondes électromagnétiques sinusoïdales dans les milieux stratifiés," Ann. Phys., vol. 12, no. 5, pp. 596-640, 1950

## Conclusiones

En este trabajo se mostró el análisis numérico de un sensor de índice de refracción basado en la resonancia de plasmón superficial en una estructura hetero-núcleo de fibra óptica. El modelo multicapa utilizado nos ofrece una aproximación del comportamiento y la sensibilidad del sensor propuesto, los cuales están en función del tipo de fibra óptica, la longitud de la sección de detección, el espesor de la película metálica y el medio circundante a la sección de detección.

## Agradecimientos

Los autores estamos agradecidos con:



## 2.- Análisis numérico: Obtención parámetros óptimos

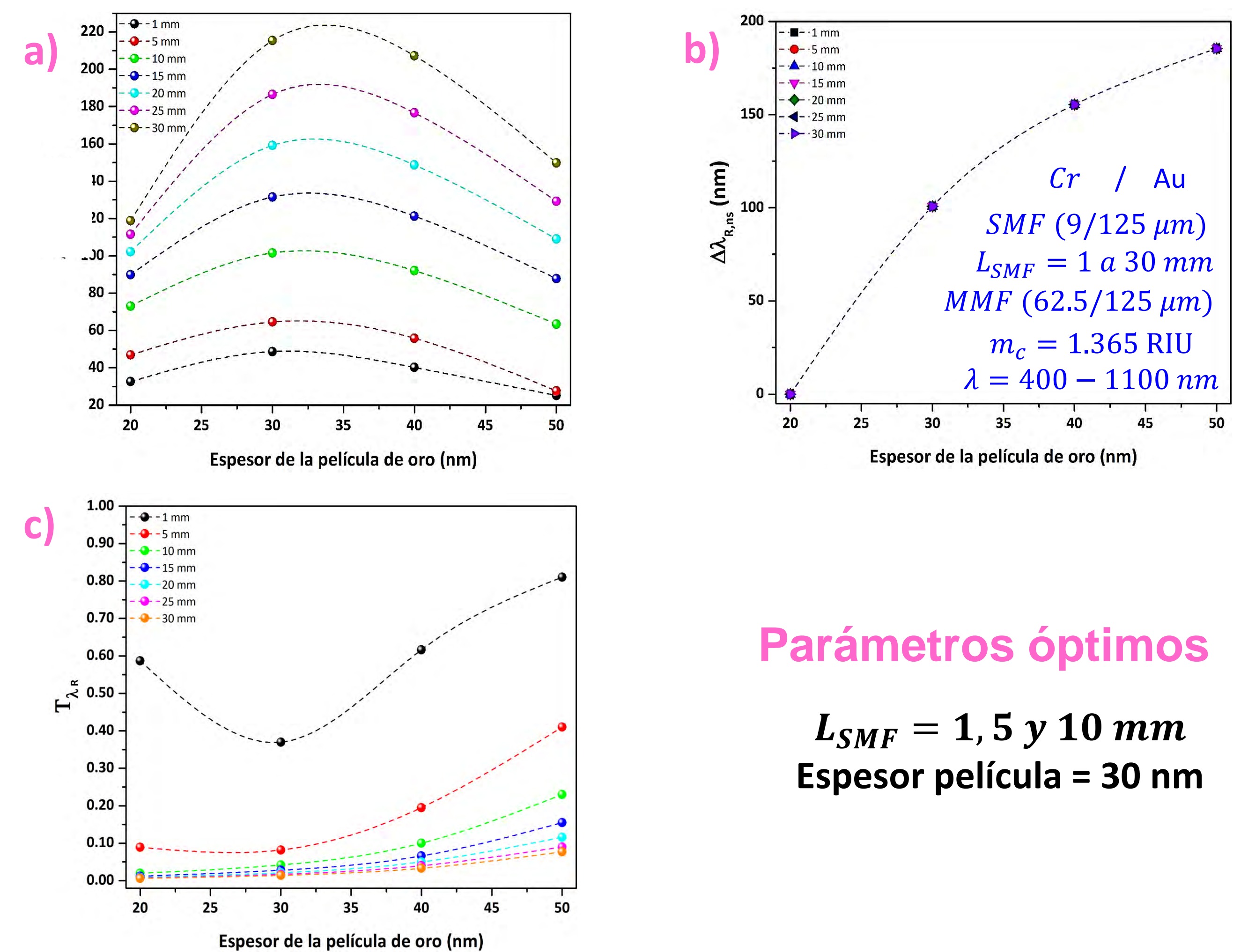


Fig. 5. Tendencia a) Ancho espectral, b) Desplazamiento de la longitud de onda de resonancia y c) Potencia de transmisión.

**Parámetros óptimos**

$L_{SMF} = 1, 5 \text{ y } 10 \text{ mm}$   
Espesor película = 30 nm

## 3.- Análisis numérico: Resultados sensor RI SPR FO

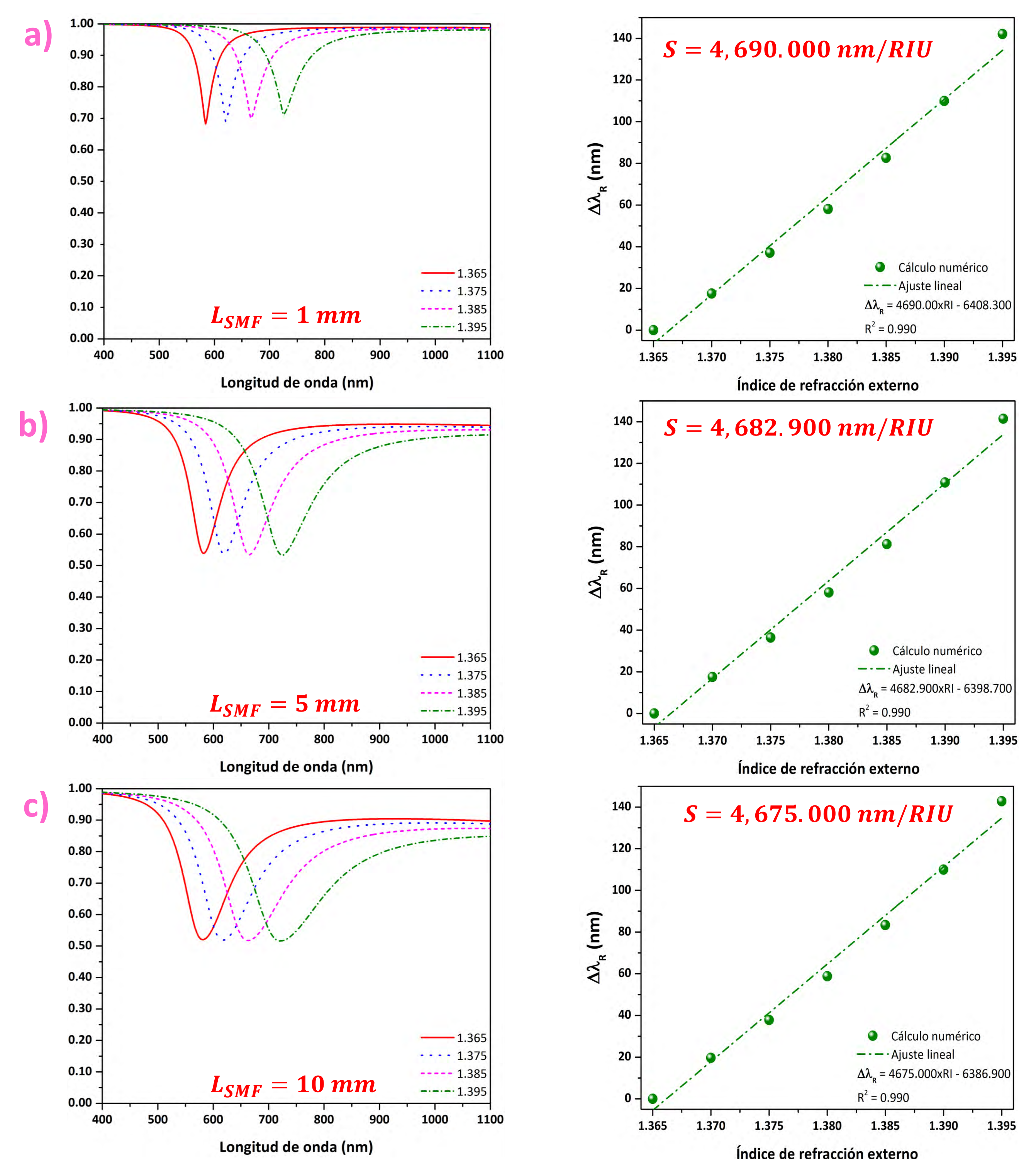


Fig. 6. Espectro de transmisión normalizado y curva de caracterización para los sensores de índice de refracción basados en la SPR en la estructura MMF-SMF-MMF con una sección de detección de: a) 1mm, b) 5mm y c) 10 mm, recubiertos con una película de oro de 30 nm.

**Mayor información:**

[jvelazquezg@cio.mx](mailto:jvelazquezg@cio.mx), [monsealo@cio.mx](mailto:monsealo@cio.mx), [osvaldorq@cio.mx](mailto:osvaldorq@cio.mx),  
[carmendmz@cio.mx](mailto:carmendmz@cio.mx) y [dmonzon@cio.mx](mailto:dmonzon@cio.mx)