

Efecto del descentramiento e inclinación sobre la calidad óptica de lentes difractivas

Sheila García-Vicente, Laura Remón², Francisco José Torcal-Milla¹

¹ Tecnologías Ópticas Láser, ² Applied Mechanics and Bioengineering, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

INTRODUCCIÓN

- El tratamiento habitual de las cataratas consiste en reemplazar el cristalino por una **Lente Intraocular (LIO)**.
- Las **LIOS difractivas** permiten mejorar la visión a distintas distancias. Sin embargo, su rendimiento óptico puede verse afectado por desplazamientos tras la cirugía, como **descentramientos** o **inclinaciones**.



OBJETIVO

Realizar un estudio numérico preliminar del efecto del descentramiento y la inclinación sobre la calidad óptica de lentes intraoculares difractivas, evaluando su impacto mediante dos parámetros:

- La **anchura del foco principal**
- La **función de transferencia de modulación (MTF)**

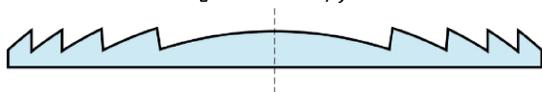
Este análisis busca contribuir al diseño de lentes más tolerantes a errores de posición, frecuentes tras la cirugía.

METODOLOGÍA

Se seleccionó una lente difractiva del tipo placa zonal de Fresnel, caracterizada por anillos concéntricos con el perfil de fase de una lente refractiva módulo 2π . La fórmula para los radios de los anillos viene dada por:

$$r_n = \sqrt{n \lambda f}$$

donde n es el orden del anillo, λ la longitud de onda y f la distancia focal.



Se evaluaron dos tipos de desviaciones postquirúrgicas:

- Descentramiento lateral** (desplazamiento de la lente respecto al eje óptico)
- Inclinación angular** (rotación de la lente respecto al eje óptico)

Además, se analizaron tres diámetros de pupila (4 mm, 5 mm y 6 mm), debido a su impacto en el comportamiento óptico.

Todas las simulaciones numéricas se realizaron utilizando el **paquete Diffractio (Python)**.

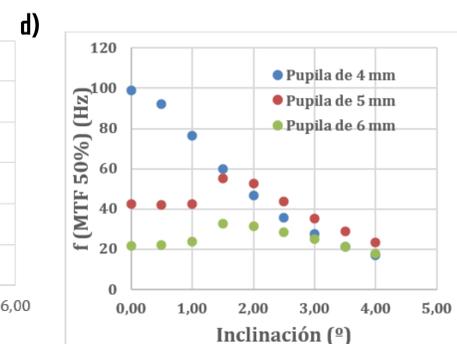
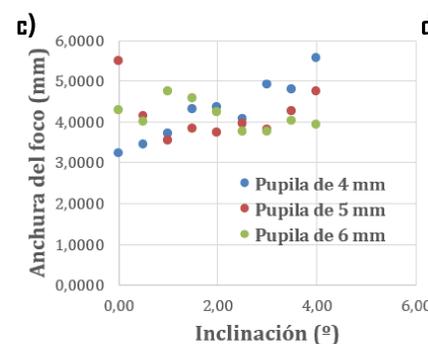
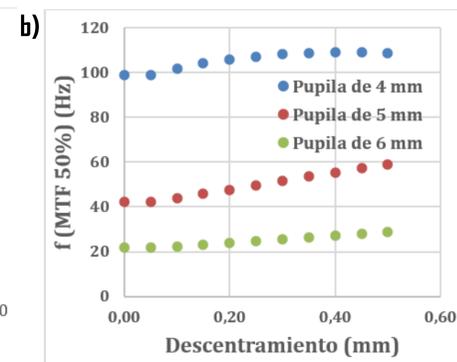
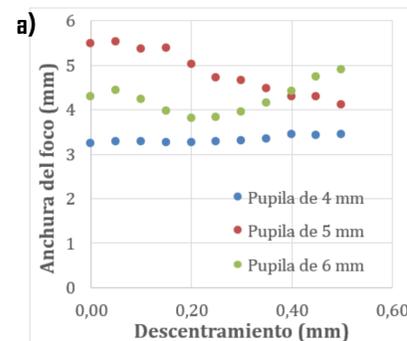
RESULTADOS

Efecto del descentramiento de la lente

- La **anchura del foco** permanece aproximadamente estable para los descentramientos evaluados. Figura a)
- La frecuencia a la que la **MTF** cae a la mitad de su valor máximo también resulta estable, incluso incrementándose ligeramente para descentramientos. Figura b)

Efecto de la inclinación de la lente

- La **anchura del foco** permanece aproximadamente constante, Figura c).
- Por el contrario, la frecuencia a la que **MTF** cae a la mitad de su valor máximo sí que se ve afectada, reduciéndose drásticamente para descentramientos, Figura d). Este efecto es aún más visible para una pupila de 4 mm de diámetro.



CONCLUSIONES

- El descentramiento, dentro de los límites establecidos, no afecta significativamente a la calidad óptica.
- La inclinación reduce notablemente el rendimiento, especialmente en la MTF, este efecto se acentúa con pupilas más grandes.
- Los hallazgos subrayan la importancia de considerar la sensibilidad angular en el diseño de LIOS difractivas, para hacerlas más tolerantes a desviaciones post-quirúrgicas.

Agradecimiento

Este trabajo ha sido financiado por el I3A mediante una beca obtenida en la convocatoria 2025 de Becas para Prácticas de Estudiantes de Grado Universitario en el marco de su TFG, el programa IMPULSO 2024 del I3A y el Grupo de Tecnologías Ópticas Láser del I3A (proyecto E44_23R).

Referencias

- REMÓN, L., et al. Fractal-structured multifocal intraocular lens. PLoS One, 2018, vol. 13, no 7, p. e0200197
- SORIA-GARCIA, A., et al. Fourier series diffractive lens with extended depth of focus. Optics & Laser Technology, 2023, vol. 164, p. 109491.
- SANCHEZ-BREA, L. M., et al. Diffractio: an open-source library for diffraction and interference calculations. En Optics and Photonics for Advanced Dimensional Metrology III. SPIE, 2024, p. 236-243.