

Modulación del Contenido Espacial de la Luz Utilizando un SLM

Borja Martinez Ramirez

Profesora: Alejandra Valencia

Laboratorio de Óptica Cuántica, Universidad de los Andes, A.A. 4976, Bogota, D.C., Colombia

E-mail: b.martinezr23@uniandes.edu.co

Resumen

Debido a sus muchas aplicaciones en optomecánica, astronomía, computación cuántica, y trampas atómicas, en este trabajo exploramos la generación de haces de orden alto con holografía digital. En concreto, se buscó generar haces Laguerre-Gauss por el momento rotacional intrínseco que tiene, y que lo hace ideal para la construcción de vórtices ópticos, además de dar otro grado de libertad para aplicaciones de computación cuántica. Para generar estos haces se utilizó la técnica de holografía SLM que consta en generar digitalmente una rejilla de difracción que posteriormente se proyecta en el modulador espacial de luz (SLM) en el que incide el haz original, generando una reflexión con el modo esperado. Para llevar esto a cabo en el arreglo se incluyó un divisor de haz que permite compartir el láser con otro experimento, un polarizador y una placa de media onda que en su conjunto permiten modular la polarización del haz incidente, y un iris que nos permite filtrar los órdenes que no sean de interés. La calidad de los modos generados no es la ideal, por lo que se plantea la adición un pinole además de la de un sistema telescópico para mejorar la calidad de estos modos generados. Además se propone continuar este trabajo generando haces Hermite-Gauss e Ince-Gauss, ya que se podría utilizar el mismo arreglo.

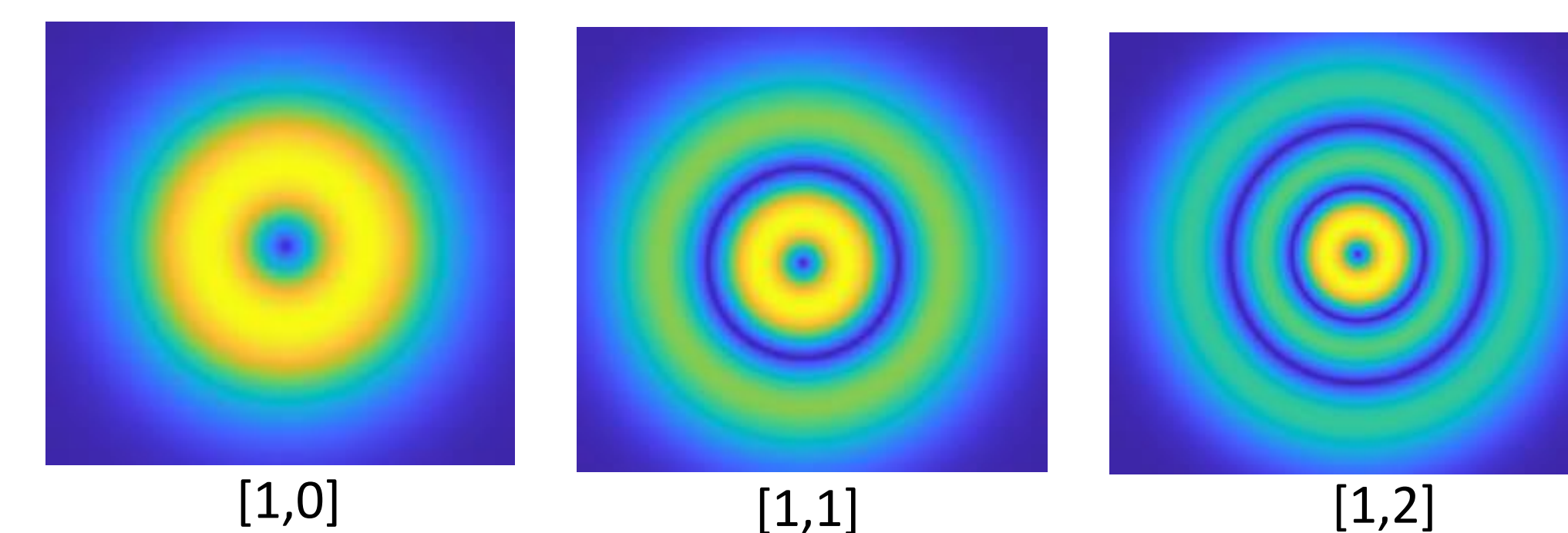
Haces Laguerre-Gauss

Son haces de orden alto, cuya estructura compleja los hace difíciles de generar, en especial cuando se aumenta su índice radial. A pesar de esta dificultad, propiedades como un momento rotacional intrínseco y el hueco que presentan todos los órdenes, han generado un gran interés que se ha materializado en el Amplio estudio de estas propiedades así como de los métodos de generación de estos haces.

$$E_{m,n}^L = \frac{e^{-i\phi}}{w(\zeta)} \left(\frac{\rho}{w(\zeta)} \right)^n L_m^n \left(\frac{2\rho^2}{w^2(\zeta)} \right) \exp \left[ikz - \frac{\rho^2}{w_0^2(1+i\zeta)} - i\psi_{n,m}^L \right]$$

Aplicaciones:

- Pinzas ópticas
- Optomecánica
- Astronomía
- Computación cuántica



Holografía SLM

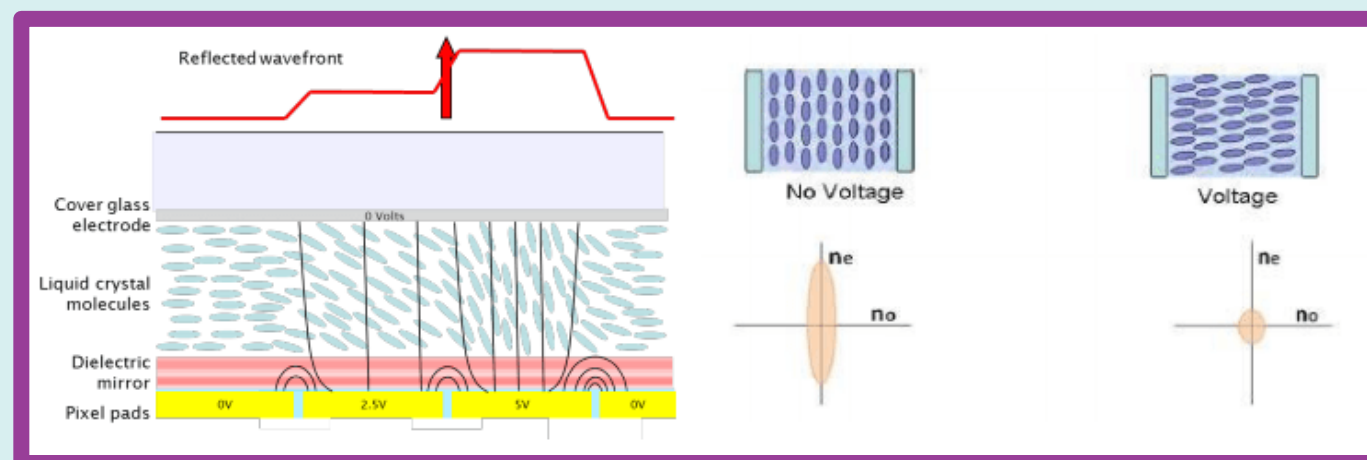
Consiste de 3 pasos principales:

(i) Generar de la rejilla de difracción.

(ii) Proyectarla en el SLM.

(iii) Incidir el haz en el SLM.

Los moduladores espaciales de luz (SLM), permiten ajustar la intensidad, fase, y polarización de un haz incidente a través de una pantalla de cristal líquido que actúa pixel a pixel como un retardador de fase.



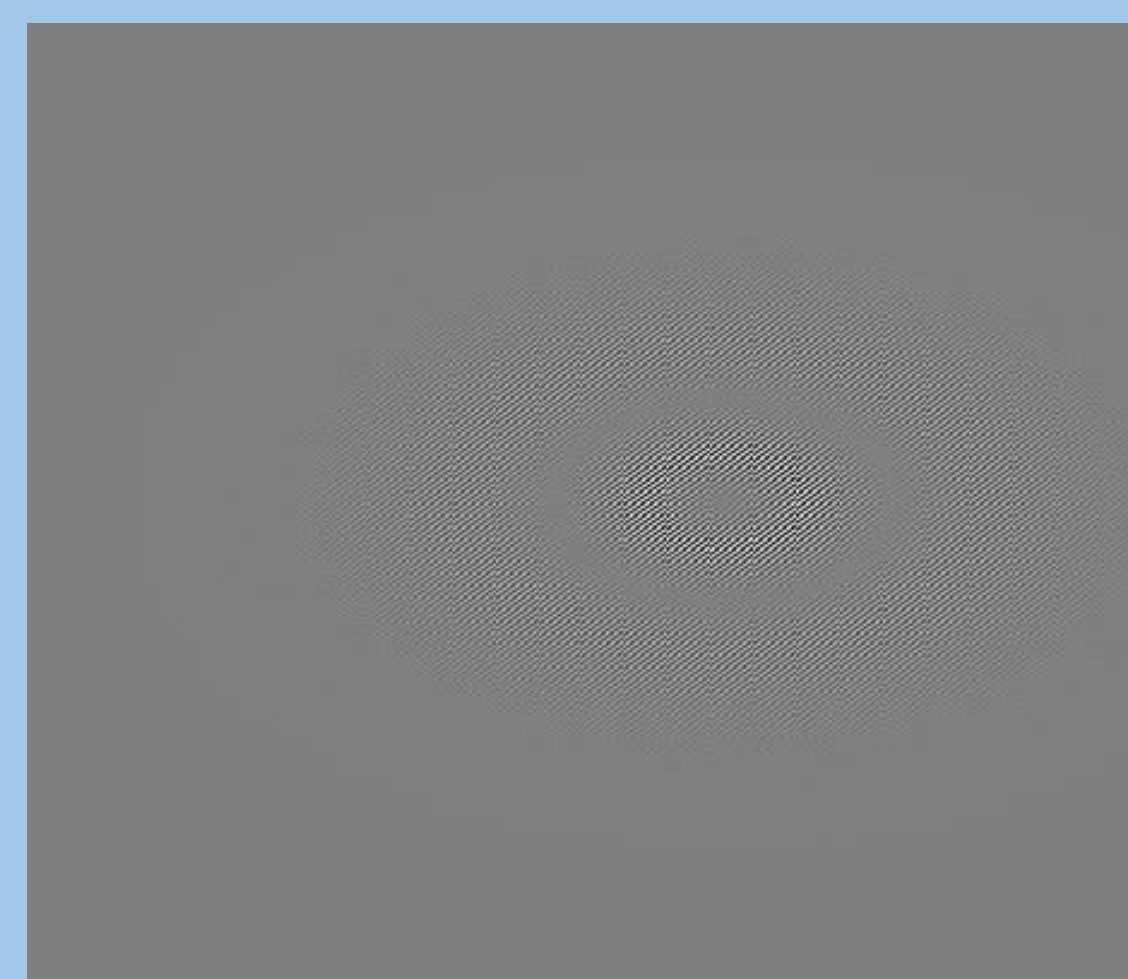
El SLM con el que se trabajó fue un SDE 1024 de Cambridge Correlators. Con resolución de 1024x768 pixeles en 9.3x7 mm.

[1] La holografía SLM es un tipo de holografía digital, por lo tanto, tenemos que generar digitalmente la rejilla de difracción.

[2] Para esto simulamos un haz con el modo que buscamos generar, así como un haz gaussiano de referencia con las características del láser que se utilizará, y simulamos el patrón de interferencia que se generaría al incidir ambos en una superficie.

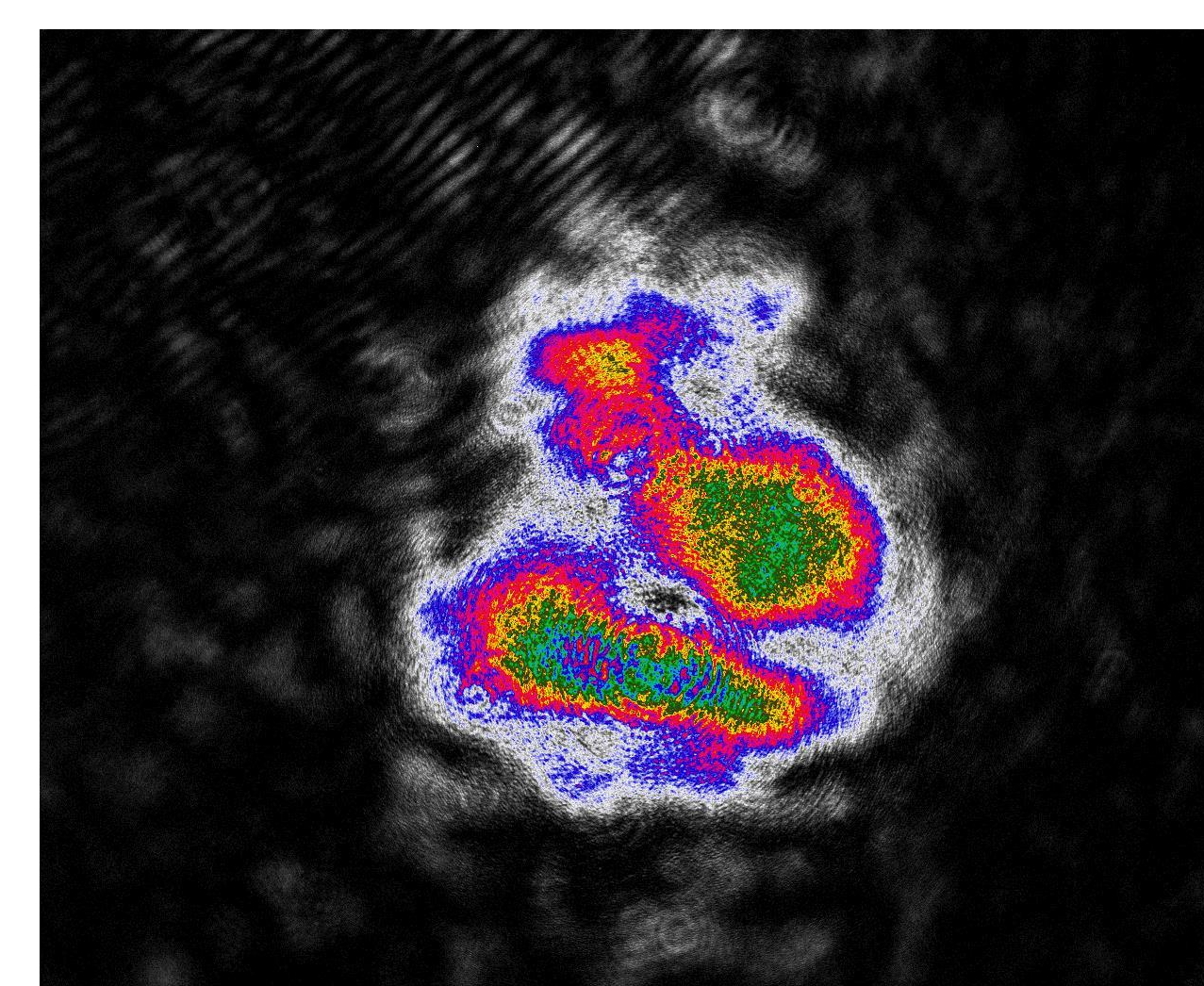
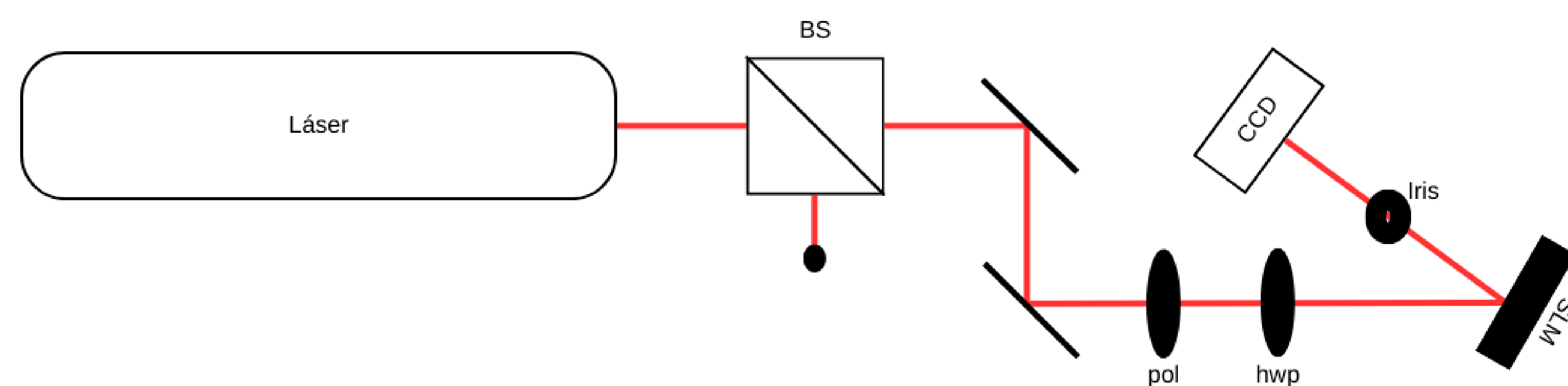
[3] De este campo resultante, "impreso" en nuestra pantalla simulada tomamos únicamente la fase. Esta imagen se traduce a "intensidades" que el programa interpretará como escala de grises al momento de generar la rejilla final.

[4] La imagen resultada es proyectada en la pantalla del SLM de la misma forma en que se haría para una televisión y el haz incide en esta. Cada pixel interactúa con la luz de forma distinta, según lo que la imagen marque, generando el modo deseado.

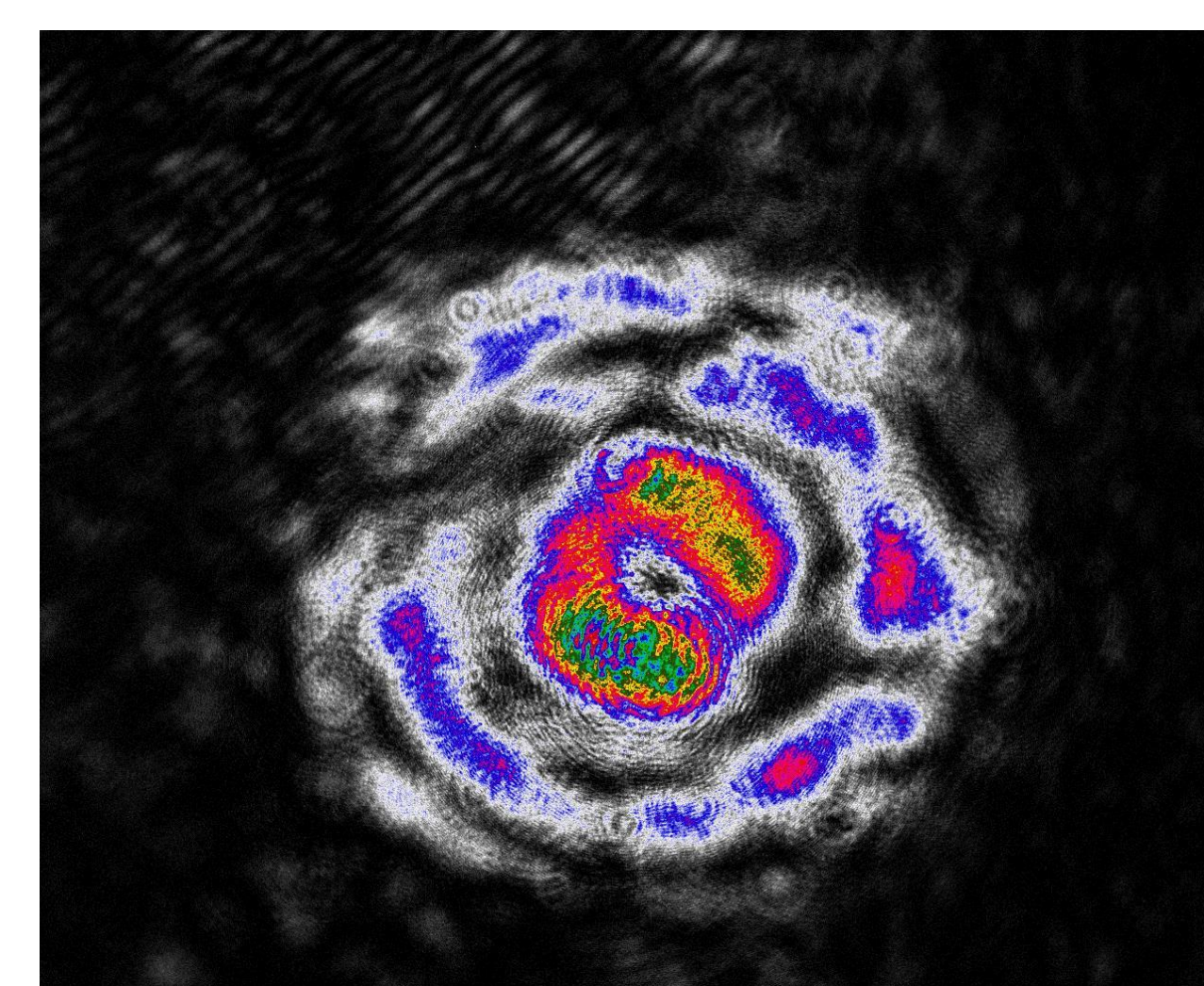


Rejilla de difracción para el modo [1,1]

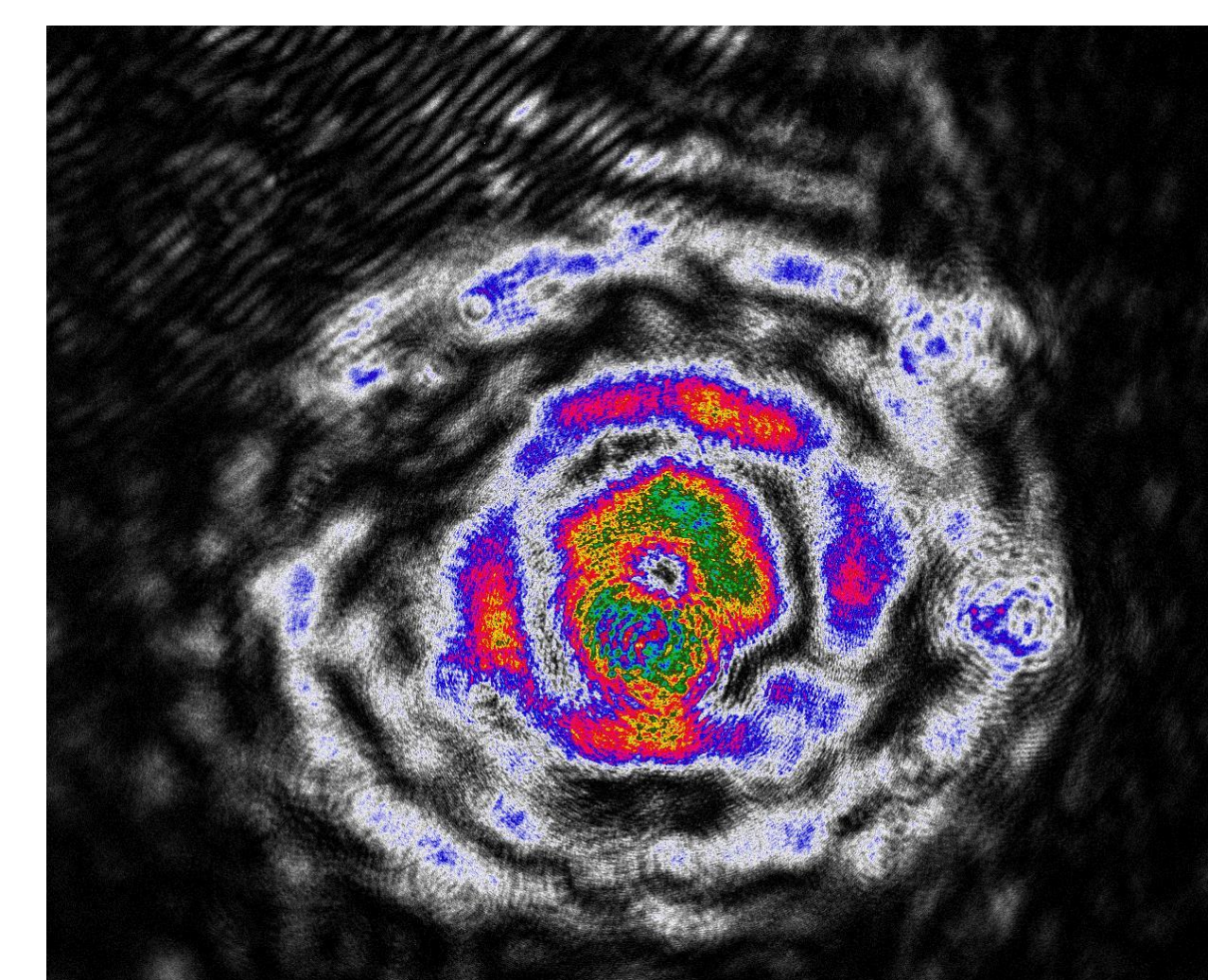
Arreglo experimental



Modo [1,0]



Modo [1,1]



Modo [1,2]

En el arreglo experimental se incluye un divisor de haz para compartir el láser con otro experimento, un polarizador y una placa de media longitud de onda para modular la polarización del haz incidente, y un iris para filtrar el orden cero, en el que no observamos los modos esperados.

Conclusiones y trabajo futuro

- Se pudieron observar modos Laguerre-Gauss de orden bajo y medio.
- La calidad de los modos generados no es la deseada, por lo que aún se puede mejorar el arreglo.
- Al pasar el haz por un pinhole antes de que incida con el SLM, se podría limpiar el ruido y homogeneizar el frente de onda, lo que permitiría mejorar la calidad de los haces.
- Colimar el haz a un diámetro pequeño podría mejorar la calidad del modo resultante.
- Con este mismo arreglo se podría intentar generar haces Hermite-Gauss, Ince-Gauss, etc.
- Se ha mostrado interés en aplicar la generación de haces Laguerre-Gauss en codificación de información en el contexto de la computación cuántica

Referencias

- [1] Y. Lian, X. Qi, Y. Wang, Z. Bai, Y. Wang, and Z. Lu, "bibfield journal "bibinfo journal Optics and Lasers in Engineering" "textbf "bibinfo volume 151," "bibinfpages 106923 ("bibinfo year 2022).
- [2] J. Yu, X. Zhu, F. Wang, Y. Chen, and Y. Cai, "bibfield journal"bibinfo journal Progress in Quantum Electronics" "textbf "bibinfo volume 91-92," "bibinfo pages 100486("bibinfo year 2023).
- [3] G. Gouesbet, "bibfield journal "bibinfo journal Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer" "textbf "bibinfo volume 318," "bibinfo pages 108949 ("bibinfo year 2024).
- [4] T. Liu, M. Tian, Q. Sheng, S. Fu, W. Shi, and J. Yao, "bibfield journal "bibinfo journal Infrared Physics " & Technology" "textbf "bibinfo volume 141," "bibinfpages 105459 ("bibinfo year 2024).
- [5] F. Pampaloni and J. Enderlein, (2004).
- [6] Y. Ohtake, T. Ando, N. Fukuchi, N. Matsumoto, H. Ito, and T. Hara, "bibfield journal "bibinfo journal Optics Letters" "textbf "bibinfo volume32," "bibinfo pages 1411 ("bibinfo year 2007), publisher: Optica Publishing Group.