



Reconstrucción de la fase de un lente térmico usando inteligencia artificial

Heidy Valdelamar-Gonzalez¹ Dr. Mario Alan Quiroz-Juárez²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México, Blvd. Juriquilla 3001, C.P. 76230, Juriquilla, Querétaro, México ²Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada. Campus UNAM-Juriquilla Boulevard Juriquilla No. 3001 Santiago de Querétaro, Qro. C.P. 76230, México

Resumen

Un lente térmico se forma cuando la luz atraviesa un medio con variaciones de temperatura, alterando su trayectoria debido a cambios en el índice de refracción. Este fenómeno puede simular efectos de una lente óptica, enfocando o desenfocando la luz según el gradiente térmico. La propagación de campos escalares en estas interacciones implica comprender cómo se extienden en el espacio y el tiempo, determinado por las ecuaciones del campo[4]. Al emplear el modelo de propagación de luz a través de un lente convexo y el algoritmo iterativo de Gerchberg-Saxton[?], para revelar la fase del lente desde una fase aleatoria, se busca desarrollar un método de inteligencia artificial. Este método permitiría la reconstrucción de la fase efectiva de lentes térmicos generados por muestras, facilitando la comprensión de su formación y la caracterización de materiales mediante pruebas no invasivas.

Antecedentes

Los patrones de difracción que se producen cuando un haz transfiere potencia a un líquido, modifica dinámicamente su perfil térmico. A su vez, este perfil térmico modifica la propagación del haz incidente. La imagen digital de Fourier de una muestra puede considerarse su firma óptica o huella dactilar; así, parece factible diferenciar un líquido (muestra) de otro; también, si es puro o está mezclado con otro.[2]

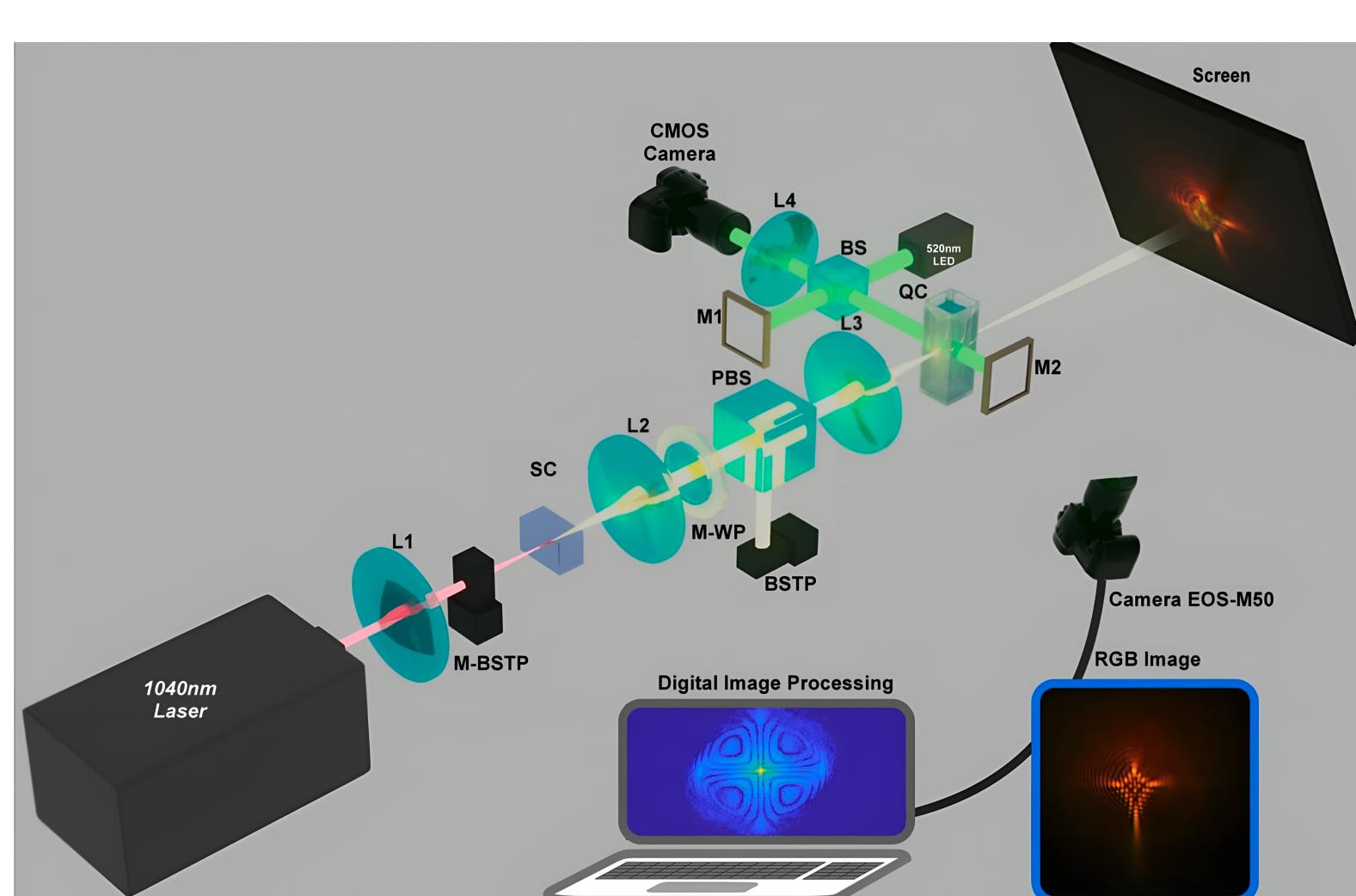


Figura 1. Método experimental de espectroscopía de lente térmica.[2]

Propagación de campos escalares en un lente térmico

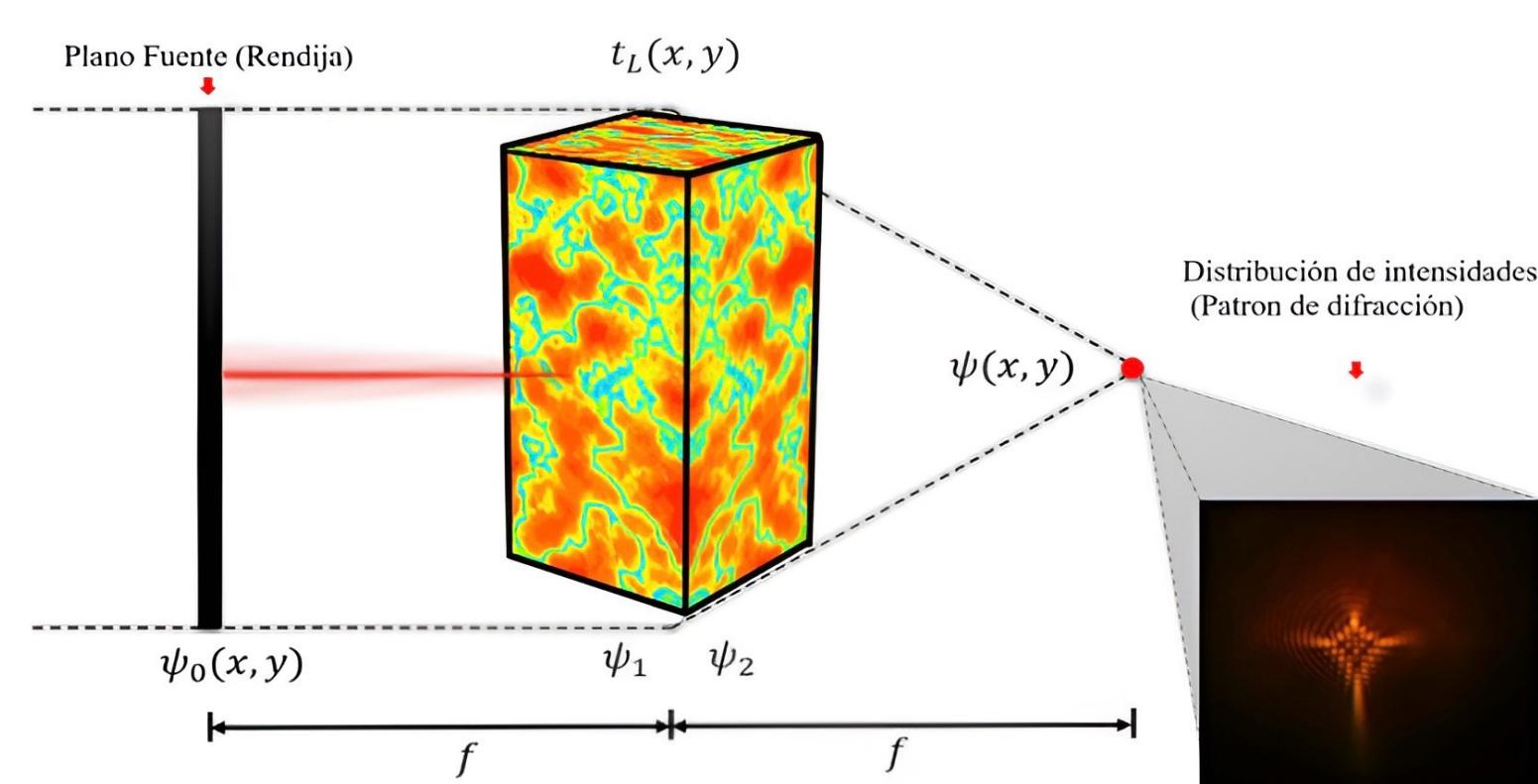


Figura 2. Propagación de un campo inicial $\psi_0(x, y)$ en un lente térmico.

Objetivos de Investigación

Objetivo general

Reconstruir la fase efectiva de un lente térmico generado por la interacción luz-materia en un lente convexo, con inteligencia artificial.

Objetivos específicos

1. Analizar el proceso de reconstrucción de la fase efectiva del lente térmico a partir de los patrones de refracción en mezclas bioquímicas binarias.
2. Desarrollar un modelo matemático que permita la reconstrucción de la fase del lente térmico basado en los patrones de refracción observados.
3. Investigar y seleccionar un algoritmo de inteligencia artificial que se ajuste al modelo de análisis propuesto y sea capaz de procesar los datos de refracción.
4. Realizar pruebas del algoritmo en el modelo de propagación de la luz a través de un lente convexo.

Metodología

Propagación de campos escalares en un lente convexo

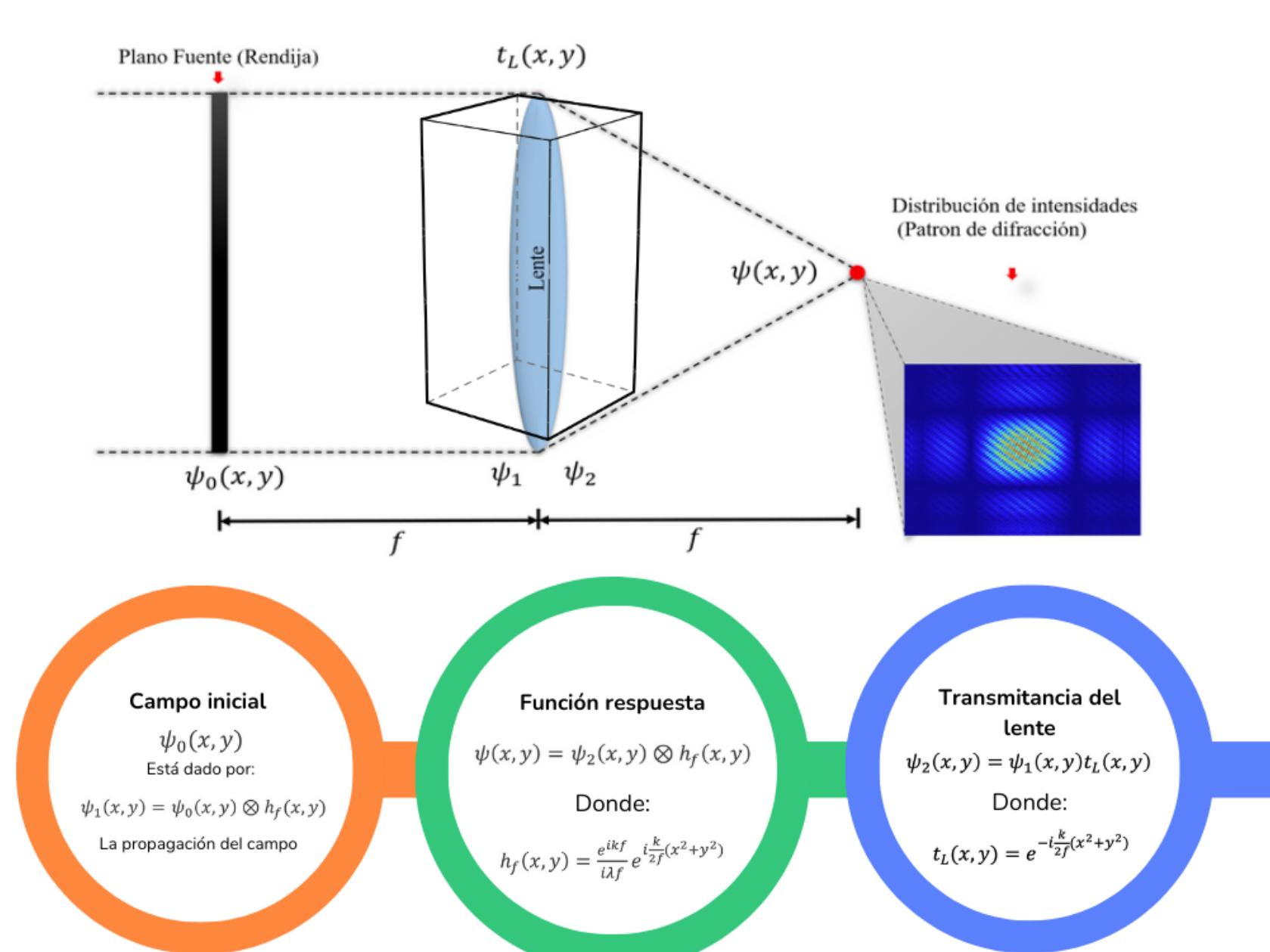


Figura 3. Propagación de un campo inicial $\psi_0(x, y)$. en un lente convexo[5].

Primero realizamos las ecuaciones de propagación de campos escalares en un lente convexo en MATLAB, para usar los datos obtenidos en el algoritmo de reconstrucción de fase.

Adaptación del Algoritmo iterativo de Gerchberg-Saxton

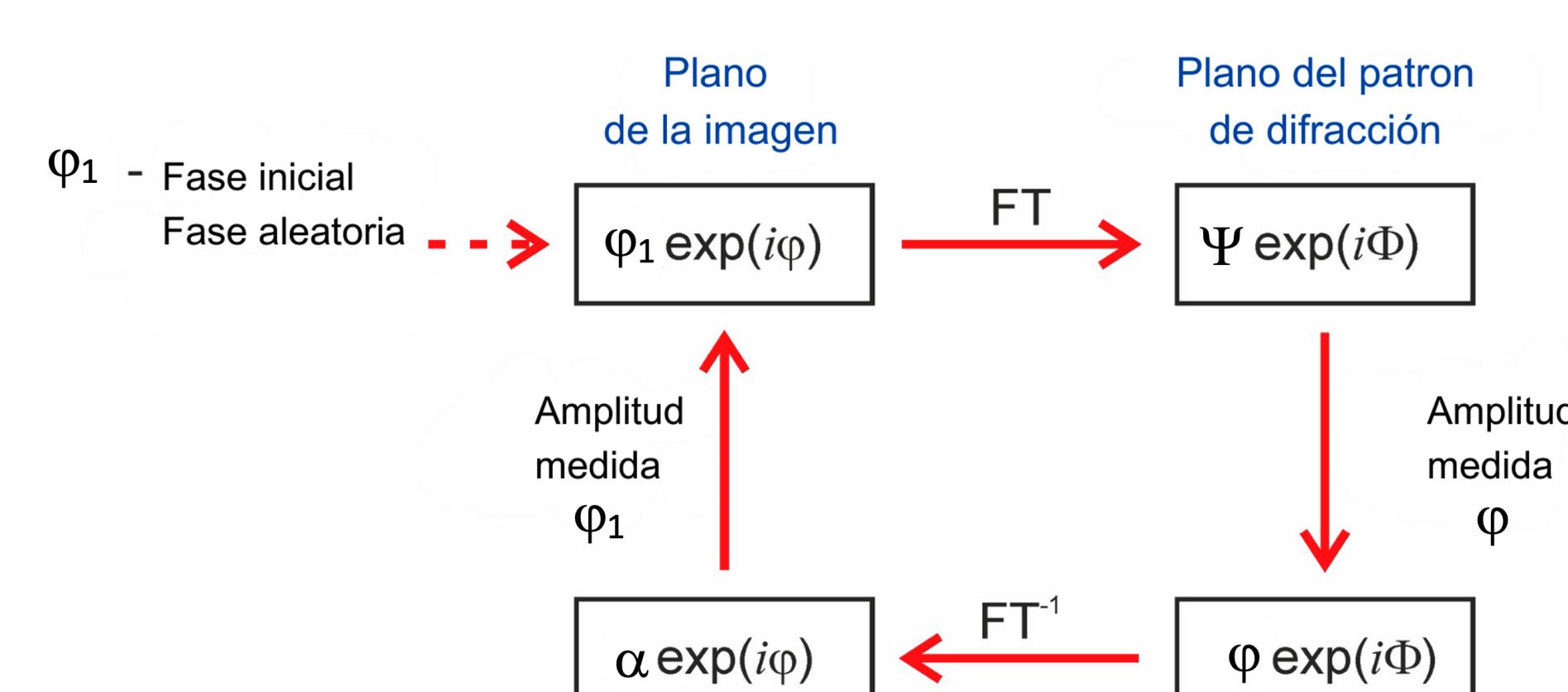


Figura 4. Algoritmo de Gerchberg-Saxon.[3]

Este modelo fue implementado en MATLAB utilizando el fenómeno de propagación de campos escalares para un lente convexo. Donde usamos un criterio de convergencia el cual converge cuando el patrón de difracción del lente convexo es parecido al obtenido durante el ciclo del algoritmo. Al obtener los resultados usaremos el patrón de difracción reconstruido observaremos la fase generada.

Resultados y Discusión

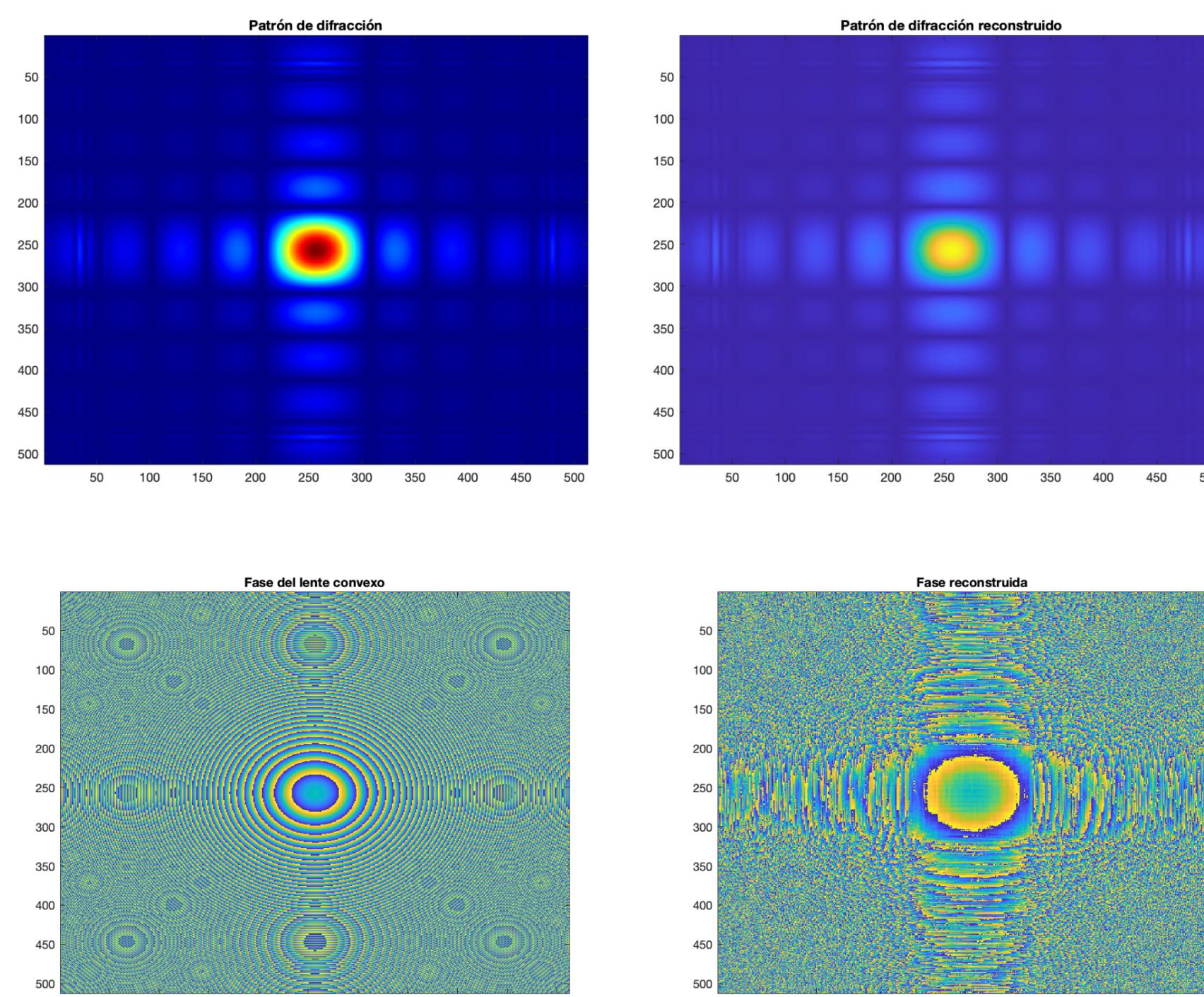


Figura 5. Comparación del patrón de difracción y fase del lente convexo contra el patrón de difracción y fase generados por el algoritmo con una fase aleatoria inicial.

Al realizar la reconstrucción del patrón de difracción con campos escalares sólo se recuperó la distribución de intensidades ya que se manipularon matrices por pixel a partir del campo inicial generado por el plano fuente. Al recuperar la fase reconstruida por iteración toma en cuenta la apertura generando una fase correspondiente a un lente convexo con círculos concéntricos.

Conclusiones

El algoritmo adaptado para recuperar la fase de un lente que se ajuste al modelo de análisis propuesto fue capaz de procesar los datos de refracción. La implementación de modelos de propagación de luz y el uso del algoritmo de Gerchberg-Saxton, respaldados por técnicas de inteligencia artificial, permitieron obtener una reconstrucción aproximada de la fase del modelo de lente convexo mediante la propagación de campos escalares. Este enfoque ofrece la posibilidad de mejorar la comprensión de la formación de lentes térmicos y posibilita la caracterización no invasiva de materiales.

Agradecimientos

Agradezco de manera especial al Dr. Jesús Emmanuel Solís Pérez por asesorarme para la presentación y darle seguimiento a mi estancia de investigación.

Quiero extender un sincero agradecimiento al Dr. Mario Alan Quiroz Juárez, por su orientación y asesoría continua en cada etapa del desarrollo del proyecto de investigación.

Referencias

- [1] J. L. Domínguez-Juárez, M. A. Quiroz-Juárez, J. L. Aragón, R. Quintero-Bermudez, and R. Quintero-Torres. Complete numerical description of the laser-induced thermal profile in a liquid, to explain complex self-induced diffraction patterns. *Laser Physics Letters*, 20(3):036003, 2023.
- [2] JL. Domínguez-Juárez, R. Quintero-Torres, and M.A. et al. Cardoso-Duarte. Unveiling the properties of liquids via photothermal-induced diffraction patterns. *Communications Physics*, 6:154, 2023.
- [3] Tatiana Latychevskaia. Iterative phase retrieval in coherent diffractive imaging: practical issues. *Applied Optics*, 57(25):7187–7197, 2018.
- [4] E. Lescano, N. Barreiro, and V. Slezak. Técnica de lente térmica pulsada para detección de trazas de cr(vi) en agua. *Anales (Asociación Física Argentina)*, 26(3):113–117, 2015. Recuperado en 12 de octubre de 2023.
- [5] M. A. Quiroz-Juárez. Reconstrucción de patrones de difracción. Diapositivas, s. f.