

Entendiendo experimentalmente los efectos Talbot entero y fraccional

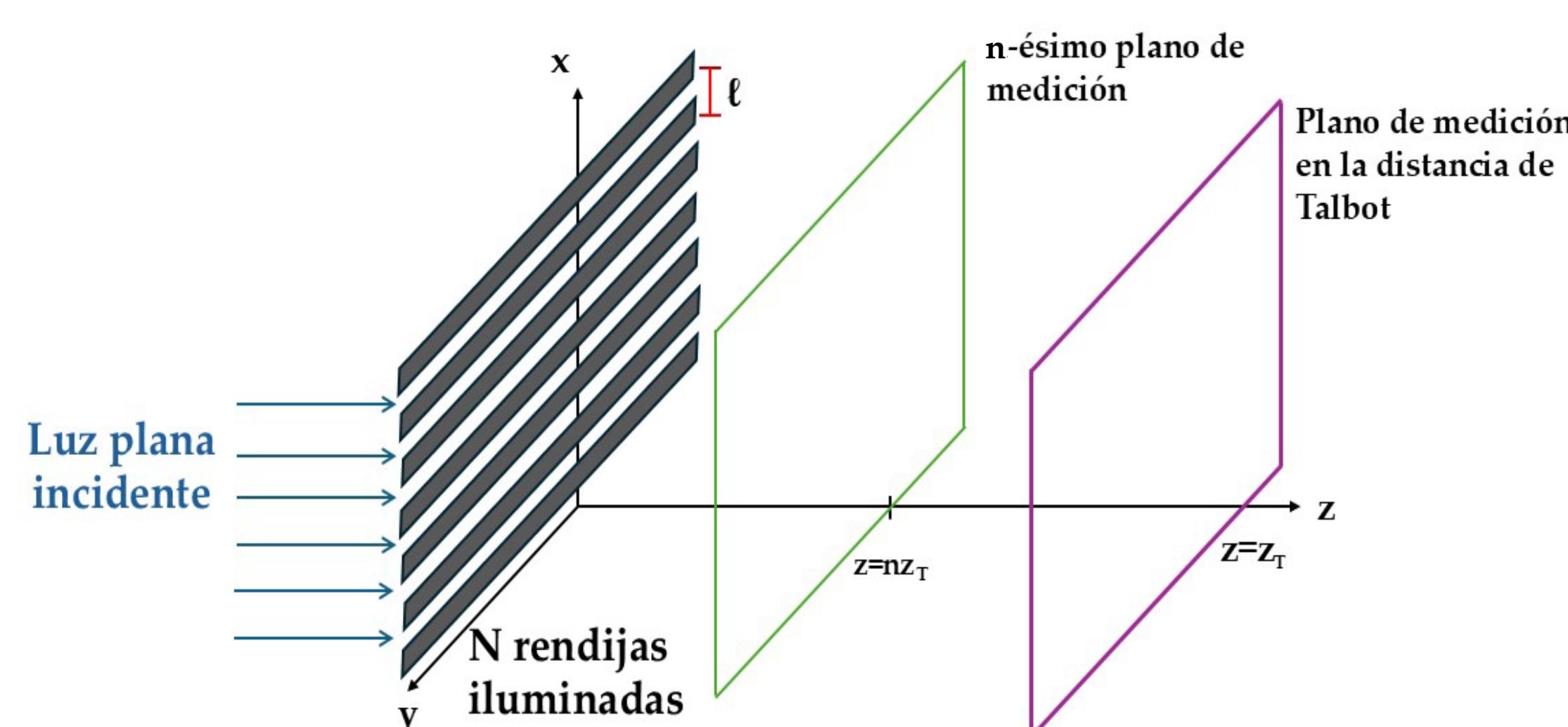
Samuel Mauricio Hernández Caballero, José Ricardo Mejía, Alejandra Catalina Valencia

¿Qué queremos medir?

En 1836 Lord Talbot midió por primera vez el fenómeno de **autoimágenes** que se da al difractar luz en una rejilla periódica. Al continuar el estudio de dicho efecto, se concluyó que el fenómeno se da en distancias que son múltiplos de la distancia de Talbot. Este fenómeno lo llamamos el **efecto Talbot entero**. Luego se generalizó este comportamiento para múltiplos racionales de dicha distancia. A este efecto lo llamamos el **efecto Talbot fraccional** [1]. En este proyecto se pretendió medir este efecto en el laboratorio.

Definición de los efectos Talbot entero y fraccional

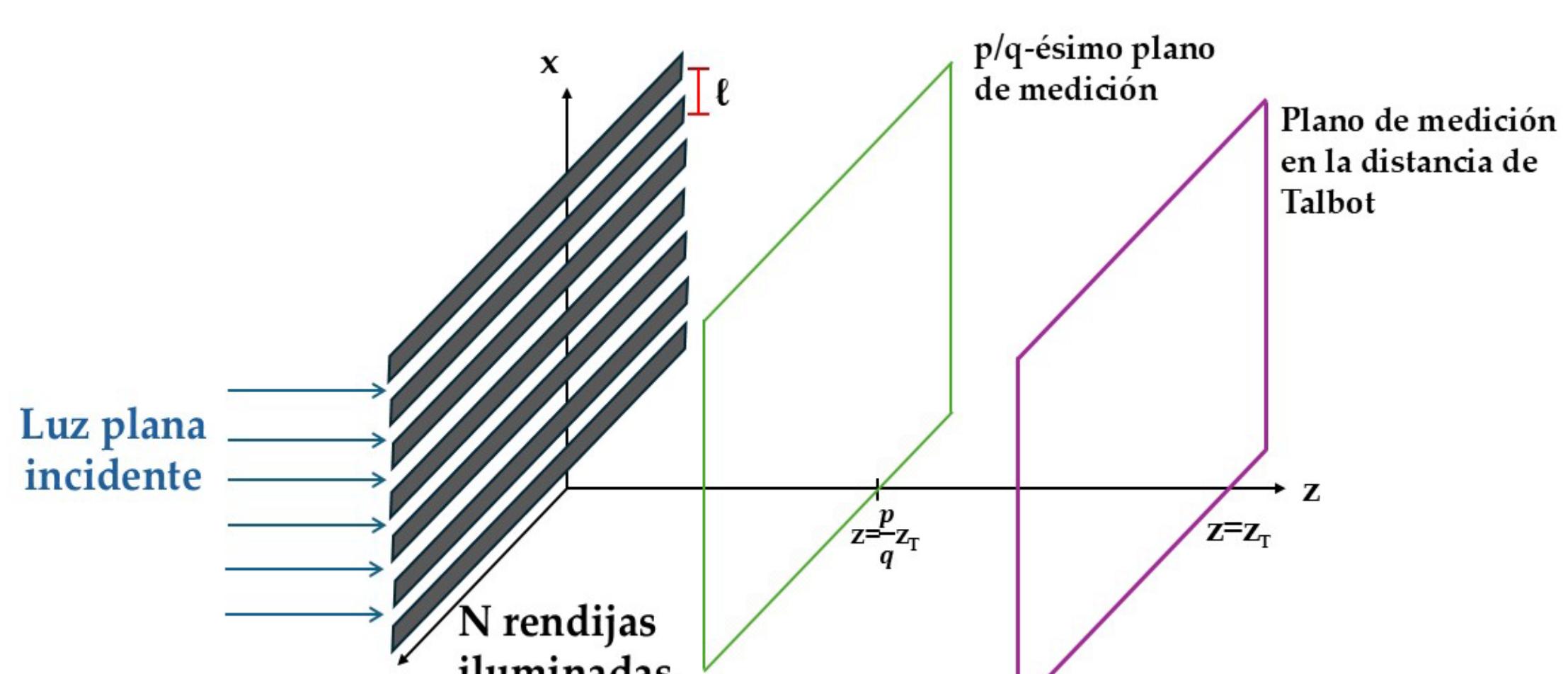
Talbot entero:



$$z_T = \frac{\lambda^2}{\ell}$$

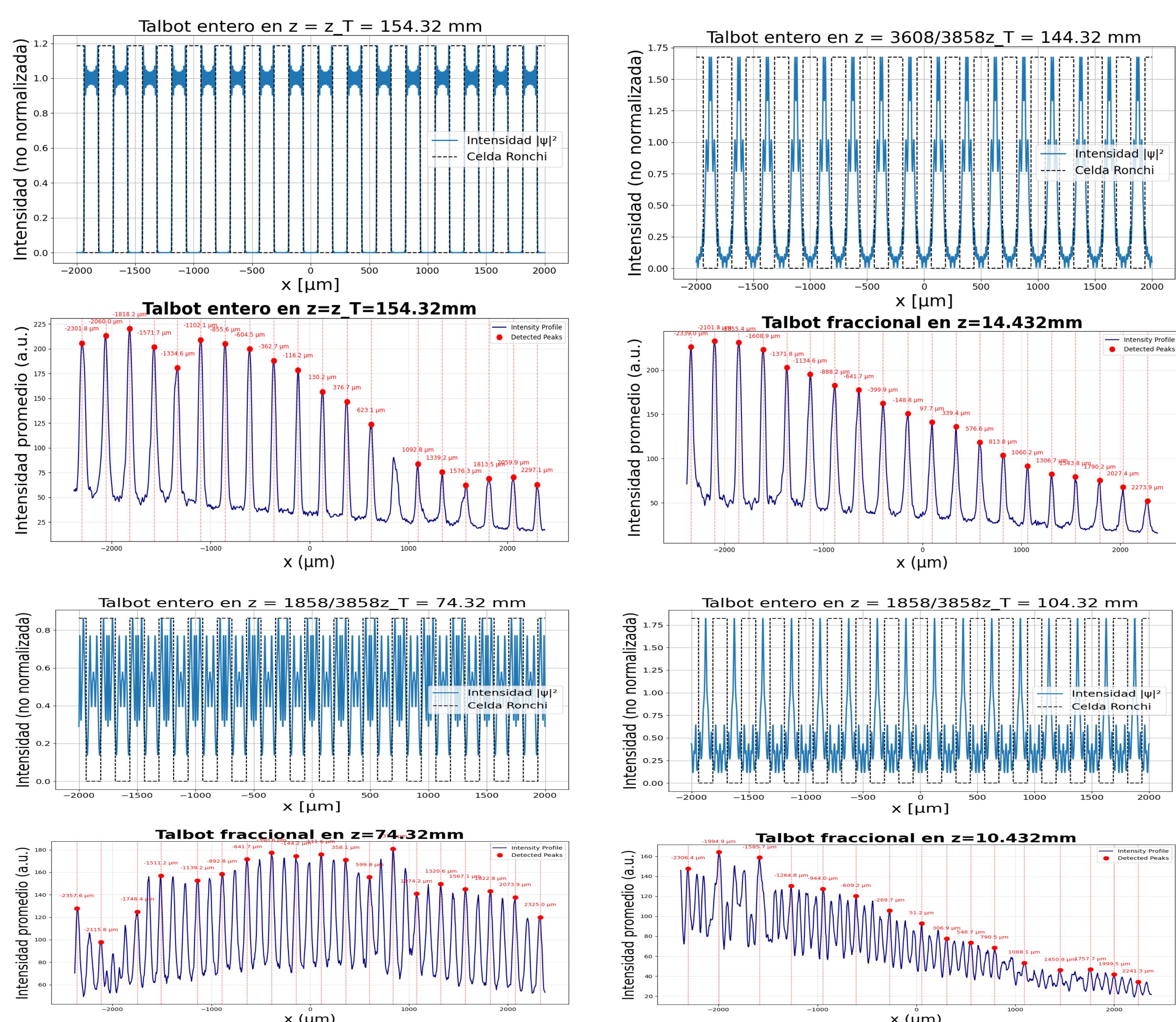
$$n \in \mathbb{Z}$$

Talbot fraccional:

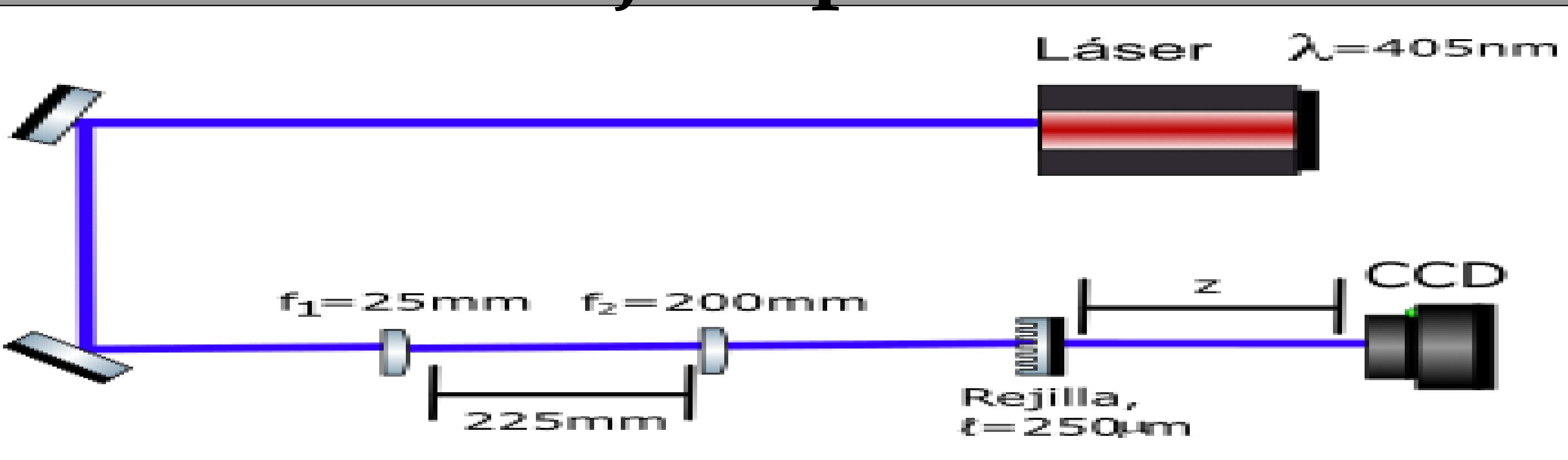


$$p, q \in \mathbb{Z}$$

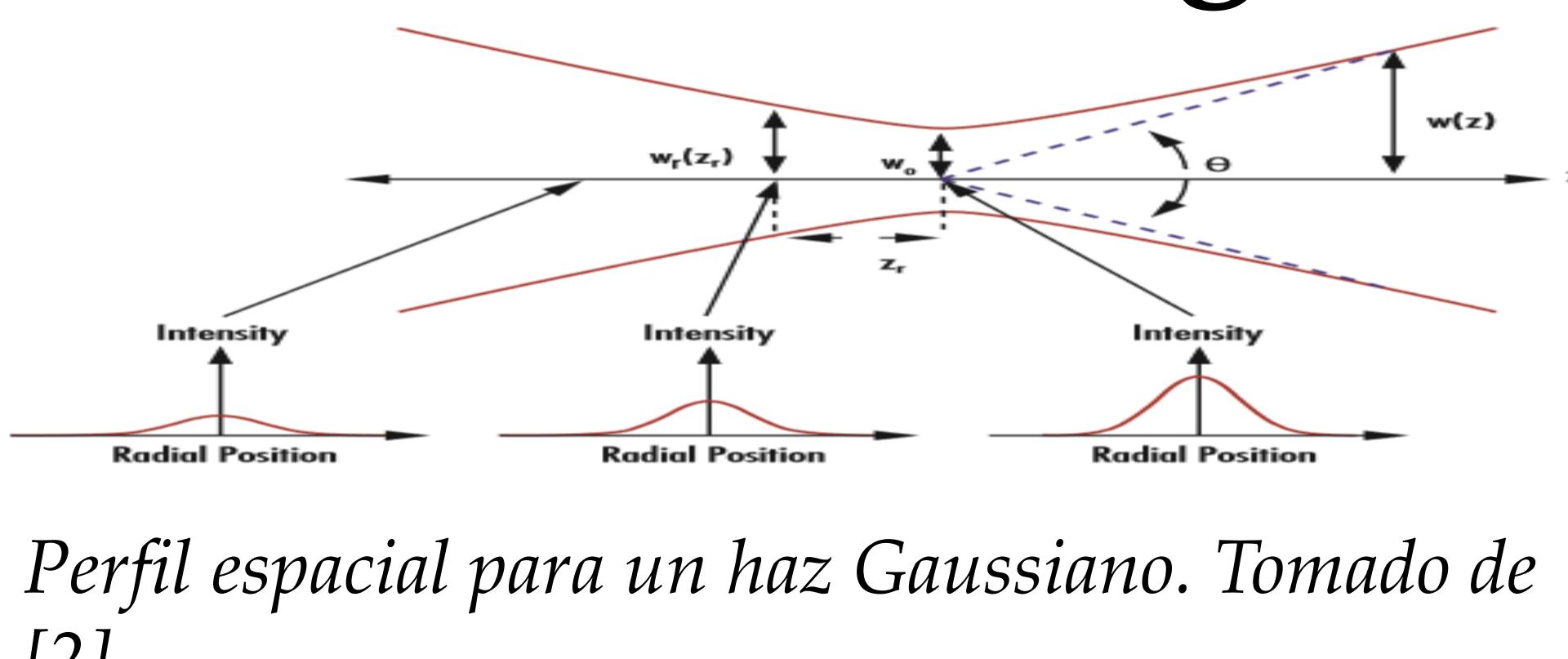
Gráficas teóricas y experimentales



Montaje experimental



Haces gaussianos



$$z_R = \frac{\pi \omega_0^2}{\lambda}$$

$$\omega(z) = \omega_0 \sqrt{1 + \frac{z}{z_R}}$$

Conclusiones

- Se partió del modelo ideal de una onda plana unitaria, como lo establece la teoría clásica del efecto Talbot. Sin embargo, al emplear haces gaussianos en lugar de ondas planas, las condiciones del modelo se modifican sustancialmente. Esto genera discrepancias entre los resultados teóricos y experimentales, lo que evidencia la necesidad de incorporar la naturaleza gaußiana del haz en el cálculo numérico.
- El montaje utilizado no permitió cumplir estrictamente con la condición de iluminación uniforme sobre la rejilla. Es necesario rediseñar el esquema experimental para aproximar mejor la hipótesis teórica de onda incidente con intensidad constante, o, alternativamente, adaptar el modelo teórico para incluir la modulación de amplitud impuesta por el perfil gaußiano.
- Se logró caracterizar tanto la rejilla de difracción como el láser empleado, obteniendo parámetros esenciales como el periodo de la rejilla y el diámetro de cintura del haz. Estos valores son fundamentales para calcular el número efectivo de rendijas iluminadas y el correspondiente número de Talbot.
- Aunque las coincidencias entre teoría y experimento fueron limitadas, el trabajo permitió comprender en profundidad la sensibilidad del efecto Talbot frente a las condiciones de iluminación y la alineación. Este conocimiento servirá como base para el desarrollo de un montaje optimizado y simulaciones más realistas.

Perspectivas

- En vista de la discrepancia experimental y teórica, se sugiere mejorar nuestro sistema de lentes para ensanchar más el haz. Esto con la intención de acercarnos más al modelo teórico, donde asumimos intensidad constante. Eso simplifica los cálculos numéricos.
- Otra opción es realizar todos los cálculos en el espacio de Fourier, dado que en este los cálculos se simplifican bastante. Luego, simplemente aplicamos la transformada inversa. Esto puede suponer una mejora en el código.
- Dada la estructura en el espacio de fase que presenta el espacio de Talbot y su similitud con el formalismo de variables modulares, se propone usar el efecto Talbot como una opción para implementar computación cuántica.

Bibliografía:

[1] Berry, M. V., & Klein, S. (1996). Integer, fractional and fractal Talbot effects. *Journal of Modern Optics*, 43(10), (Berry & Klein, 1996)

[2] Edmund Optics. (n.d.). Gaussian beam propagation. Recuperado de https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/lasers/gaussian-beam-propagation/?srsltid=AfmBOorw1wK9G97gb3qb_8jJybbv23nY56sC8YU_pU4ywF8LL3-AMT