

Construcción de un perfilador láser portable mediante la adaptación de una webcam al microordenador *Raspberry Pi*.

Leidy Katherin Eraso John Fredy Suárez

Departamento de Física - Universidad de los Andes

lk.eraso@uniandes.edu.co jf.suarez@uniandes.edu.co

Resumen

En los últimos años ha habido gran interés por desarrollar equipo de laboratorio de alta calidad y de bajo costo [1]. En este trabajo construyó un perfilador láser de bajo costo, *BeamProfiler-SE*, mediante la adaptación de una webcam al microprocesador *Raspberry Pi* 3. El perfilador analiza la fotografía de un haz láser que incide sobre el sensor de la cámara y determina los parámetros de su patrón de intensidad, como la cintura del haz W_0 , el rango Rayleigh Z_R y la divergencia θ . En principio se hizo una calibración de la cámara para hallar la conversión de píxeles (px) a milímetros (mm), esto se logró mediante el análisis de un patrón de difracción de un láser de $633nm$ de longitud de onda producido por una doble rendija con $0,15mm$ de separación y se encontró un factor de conversión de $0,0093mm/px$. Para determinar el buen funcionamiento del perfilador se hicieron mediciones de la cintura del haz láser de HeNe de Thorlabs HRP005S del laboratorio de óptica con el Beam Master-Coherent® (BMC). Con el cual se obtuvo un valor de $W_0 = (0,58 \pm 0,01)mm$ en el eje horizontal y $W_0 = (0,53 \pm 0,03)mm$ en el eje vertical. Estos resultados fueron comparados con los obtenidos mediante el perfilador construido.

1. Marco teórico

El patrón de intensidad de un haz gaussiano es [2]:

$$I(\rho, z) = I_0 \left[\frac{W_0}{W(z)} \right]^2 e^{-\frac{2\rho^2}{W(z)^2}} \quad (1)$$

$$W(z) = W_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_R} \right)^2} \quad (2)$$

(Al 13,5 % de intensidad, $W(z) = 2\sigma$)

Parámetros

W_0 : Cintura del haz

$z_R = \frac{\pi W_0^2}{\lambda}$: Rango Rayleigh

$\theta = \frac{\lambda}{\pi W_0}$: Divergencia del haz

λ : Longitud de onda del haz

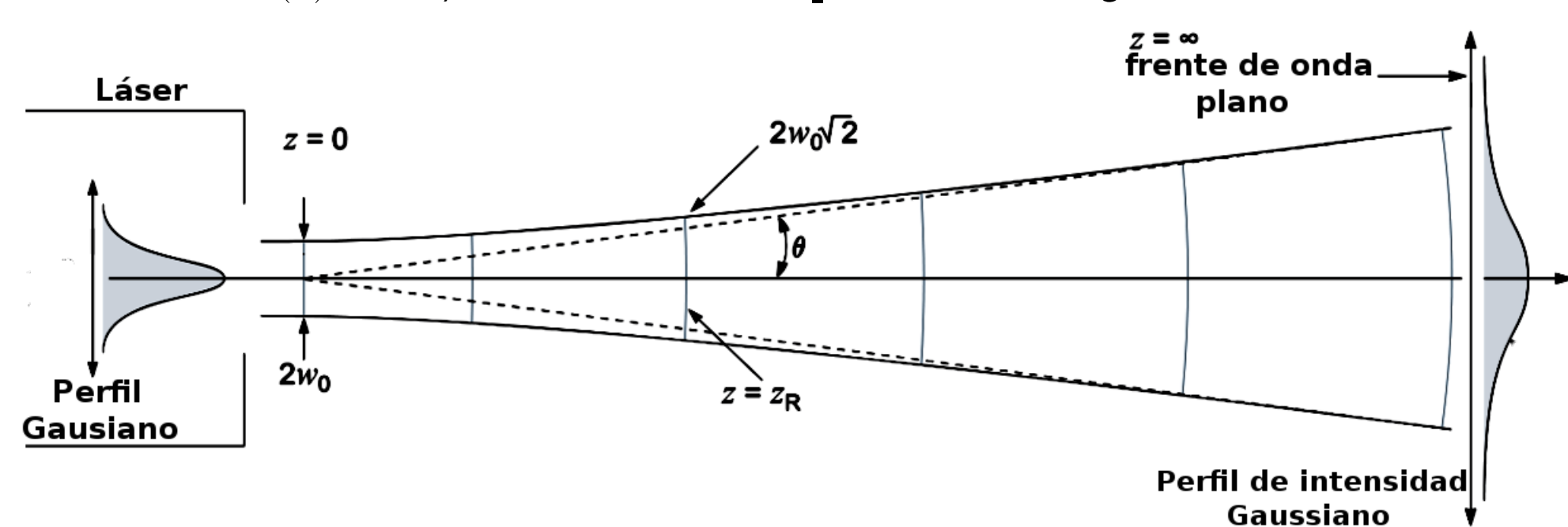


Figura 1: Perfil de un haz gaussiano (Imagen tomada de [3])

2. Metodología

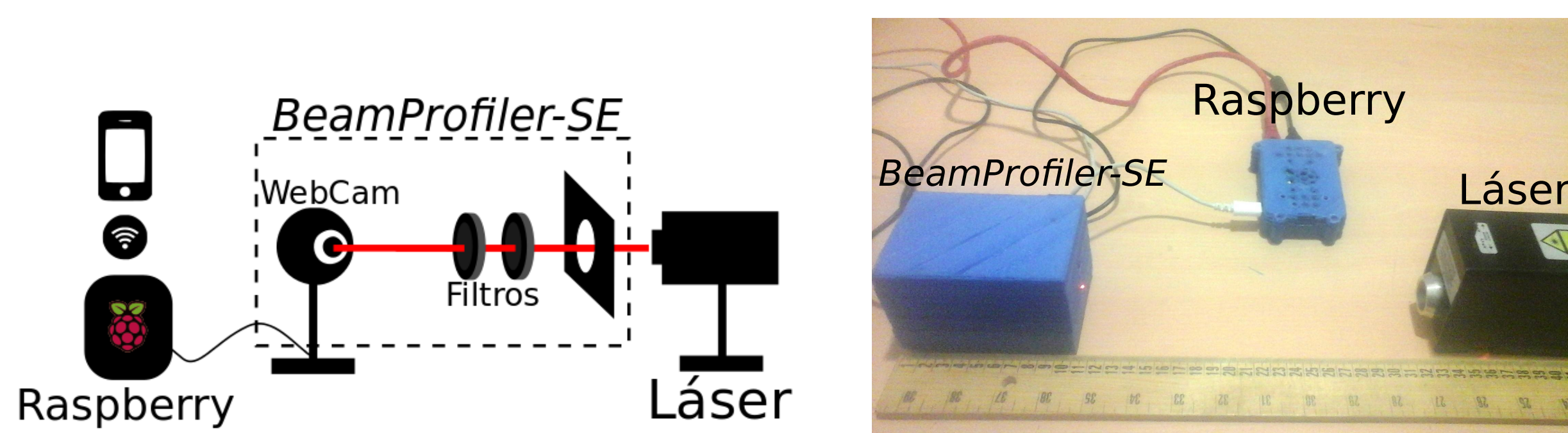


Figura 2: (a) Esquema del dispositivo *BeamProfiler-SE*. (b) Montaje final usando piezas elaboradas con la impresora 3D Make-R.

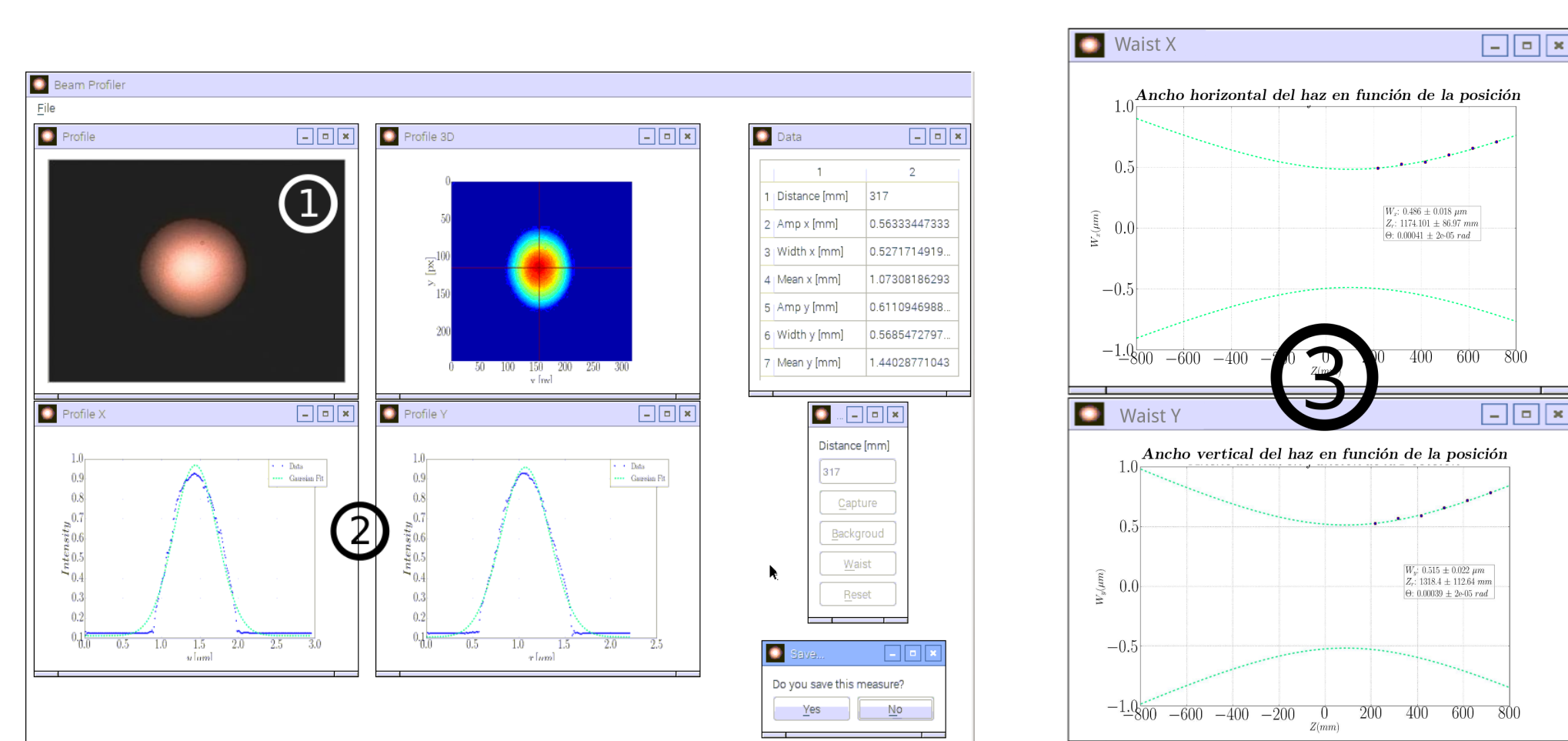


Figura 3: Screenshot de la interfaz del software *BeamProfiler-SE*, diseñado por nosotros, mostrando el proceso de medición en tres etapas, pensando en un entorno amigable para el usuario.

3. Resultados y análisis de Datos

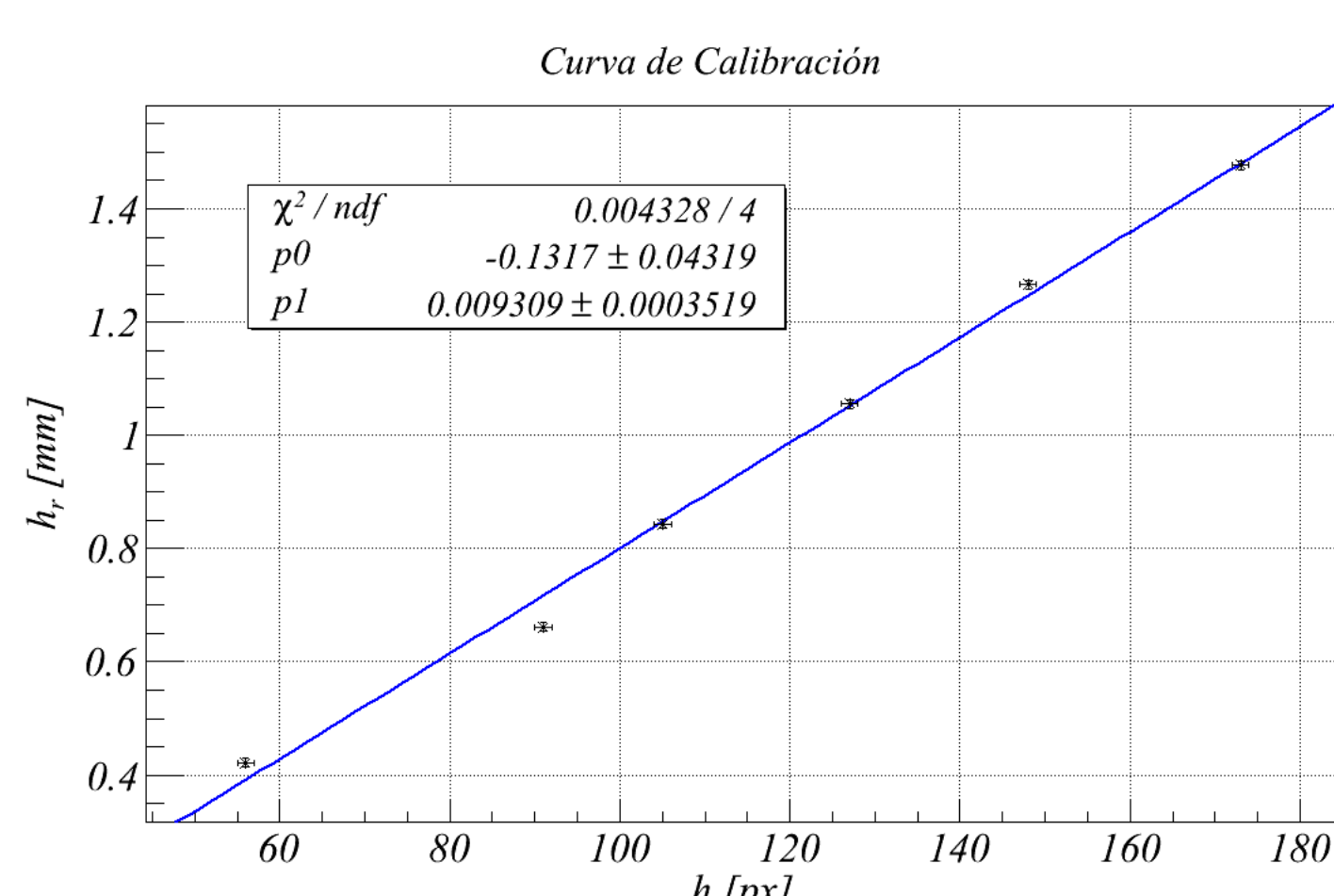


Figura 4: Curva de calibración lineal ($h_r = p_1 h + p_0$) para obtener el factor de conversión de píxeles (px) a milímetros (mm).

De esta manera se obtuvo la relación de calibración para la cámara de:

$$h_r(mm) = (0,0093 \pm 0,0003)(mm/px)h(px) - (0,13 \pm 0,04)(mm) \quad (3)$$

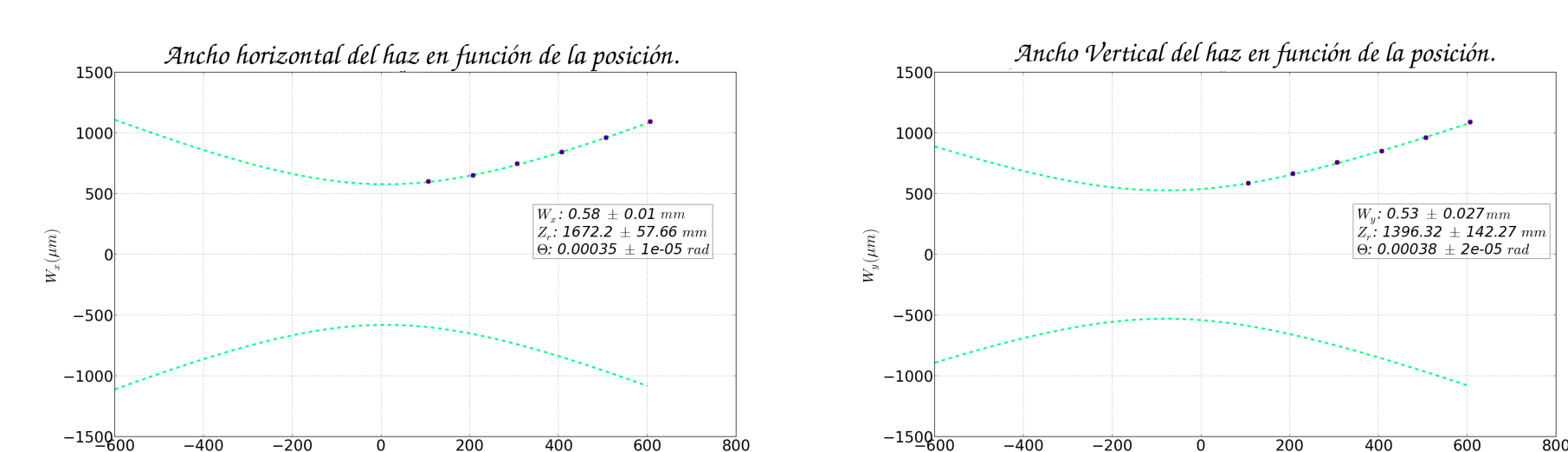


Figura 5: Cintura W horizontal y vertical, respectivamente, junto con los parámetros z_R y θ obtenidos usando el BMC.

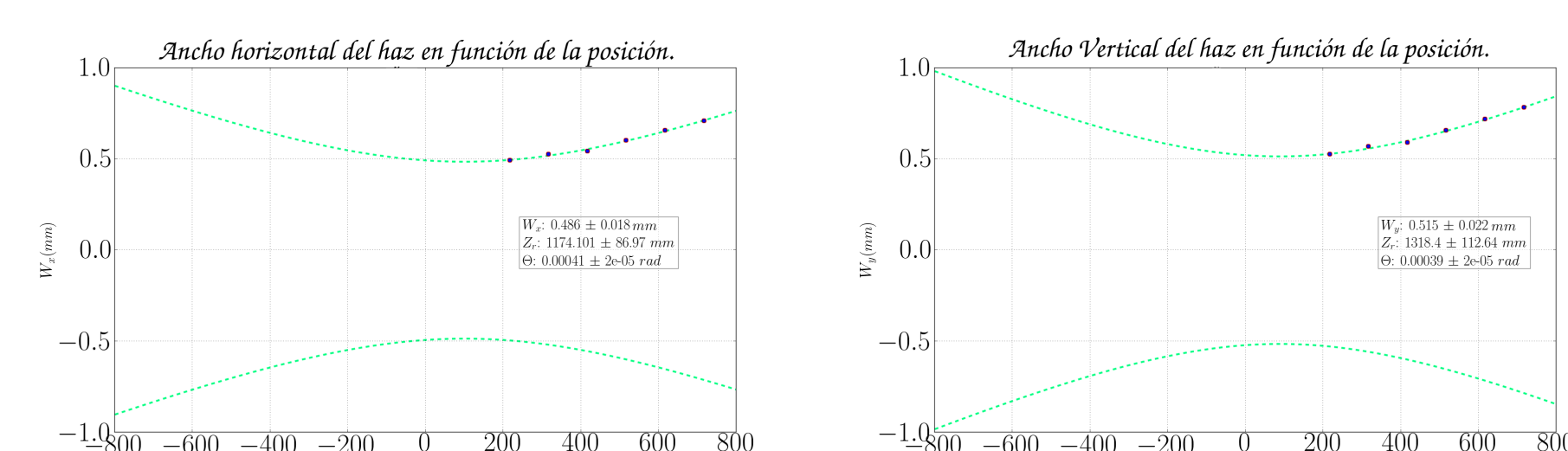


Figura 6: Cintura W horizontal y vertical, respectivamente, junto con los parámetros z_R y θ obtenidos usando nuestro perfilador y un filtro de $DO=3.0$

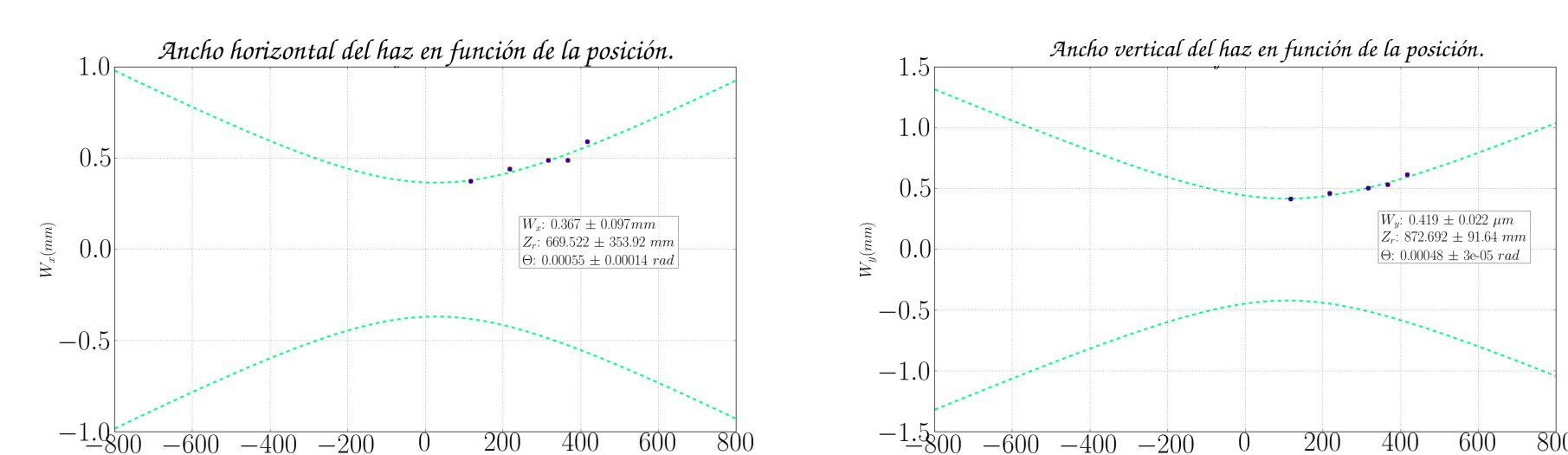


Figura 7: Cintura W horizontal y vertical, respectivamente, junto con los parámetros z_R y θ obtenidos usando nuestro perfilador y un filtro de $DO=4.0$

Conclusiones

El perfilador que construimos, *BeamProfiler-SE*, permitió obtener los parámetros que caracterizan un haz gaussiano (con longitud de onda $\lambda = 632,8nm$) en comparación a los obtenidos con el BMC, se encontró que la medición fue óptima cuando se empleó el filtro de $DO = 3,0$ de acuerdo a los errores obtenidos (15 % y 2 %).

El perfilador es portable y se facilita su traslado dentro del laboratorio ganando espacio y facilitando el acceso a éste desde cualquier dispositivo en red (PC, Portátil, Smartphone, Tablet). El software que diseñamos, escrito en *Python*, es eficiente y permite medir el ancho del haz a diferentes distancias. A diferencia del software del BMC, *BeamProfiler (SE)* permite calcular la cintura del haz inmediatamente después de realizadas las mediciones a diferentes distancias.

En comparación al BMC el perfilador construido tuvo un costo bastante bajo, aproximadamente \$100 USD, a diferencia del costo del BMC que es de \$9,935 USD sin contar gastos de importación, esto demuestra el bajo costo del perfilador construido.

Referencias

- [1] K. Cook A. Jamalipour J. Canning, M. A. Hossain. Smartphone laser beam spatial profiler. *Opt. Lett.*, 40(22):5156–5159, 2015.
- [2] S. Martinez G. Rodriguez, F. Sánchez. Ingeniería de haces láser: propiedades, manipulación y aplicaciones. *Ingenierías*, 12(44):16–23, 2009.
- [3] IDEX Optics Photonics. Gaussian beam propagation, https://marketplace.idexop.com/store/SupportDocuments/Gaussian_Beam_PropagationWEB.pdf. [Online; accessed 10-February-2016].

Agradecimientos a todo el equipo de óptica cuántica por su ayuda en el desarrollo de este proyecto. Asesorado por la profesora Alejandra Valencia, PhD.