

**Cálculo de la apertura numérica (NA)
de la fibra Polymicro 200/220
Elisa E. Íñiguez Garín**

1. Arreglo experimental

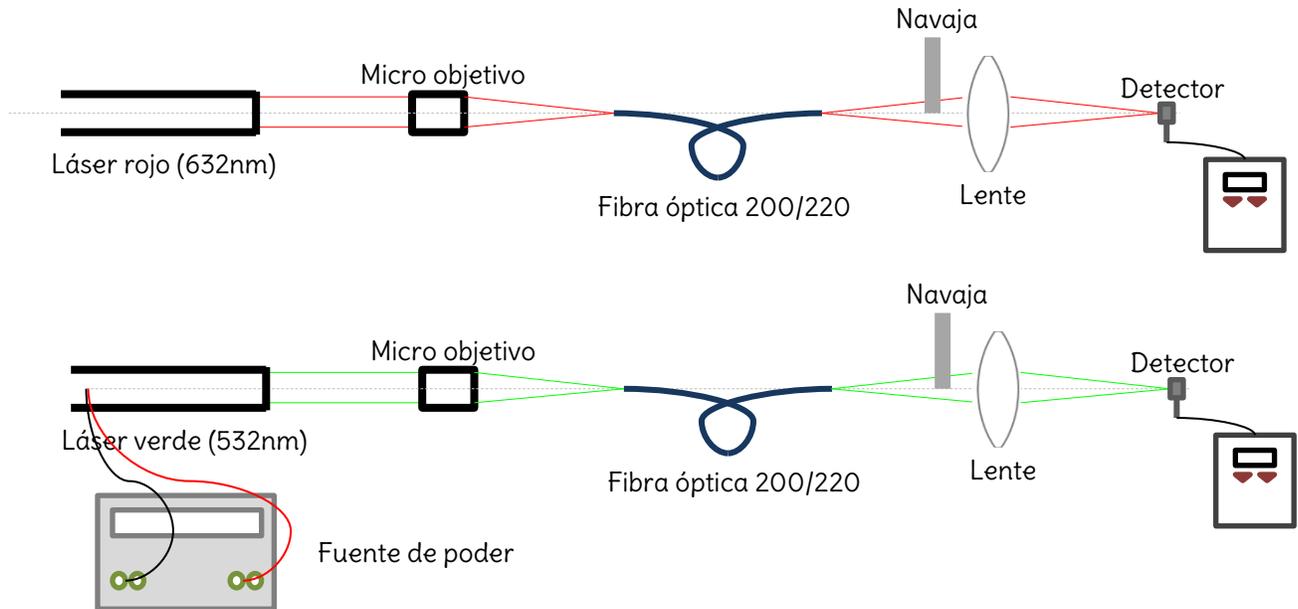


Figura 1. Representación gráfica del arreglo experimental utilizado para el cálculo de la apertura numérica con el láser de 632nm y de 532nm.

Se colocó un láser rojo de 632nm que por fabricación produce un haz colimado. Después se colocó un micro objetivo frente a él para enfocar la luz y poder acoplarla en la fibra óptica. A la salida de la fibra se colocó una lámina de metal que hacía la función de una navaja. Sobre un riel se montó la navaja, la cual fuimos se fue desplazando en pasos de un milímetro. Al final del arreglo se tomaban las medidas de la potencia de la luz que salía de la fibra con el detector. El arreglo experimental se muestra en la figura de arriba. Se realizó el mismo experimento con un láser verde de 532nm. La única diferencia con el anterior fue que se utilizó un apuntador en lugar de un láser de laboratorio ya que no se contaba con éste. Para mayor estabilidad, se removieron las baterías del apuntador y se le conectó una fuente de poder a 0.24 Amperes y 120 Volts.



2. Resultados

Láser rojo (632nm)		Láser verde (632nm) Prueba 1		Láser verde (632nm) Prueba 2	
Posición [mm]	Potencia [microWatts]	Posición [mm]	Potencia [microWatts]	Posición [mm]	Potencia [microWatts]
20	63.700	70	0.033	70	0.0084
21	63.700	69	0.028	69	0.0103
22	63.700	68	0.027	68	0.0104
23	63.700	67	0.030	67	0.0147
24	63.700	66	0.035	66	0.0167
25	63.700	65	0.008	65	0.0288
26	63.600	64	2.980	64	0.0498
27	63.600	63	15.400	63	0.28
28	63.500	62	28.500	62	2.09
29	63.500	61	51.600	61	5.76
30	63.400	60	82.000	60	12.65
31	63.400	59	122.300	59	20.6
32	63.000	58	139.500	58	31.9
33	62.600	57	177.100	57	50.5
34	62.300	56	218.300	56	63.7
35	61.400	55	260.500	55	76.6
36	60.900	54	305.000	54	104.8
37	59.800	53	308.000	53	146.9
38	57.900	52	350.000	52	168.6
39	54.700	51	400.000	51	203.5
40	52.500	50	455.000	50	246.1
41	49.700	49	447.000	49	292

42	46.900	48	486.000	48	341
43	43.200	47	488.500	47	381
44	40.100	46	500.000	46	421
45	37.600	45	528.000	45	461
46	33.800	44	605.000	44	501
47	31.000	43	670.000	43	542
48	28.800	42	715.000	42	569
49	25.010	41	720.000	41	602
50	21.470	40	712.500	40	627
51	18.420	39	730.000	39	641
52	15.900	38	750.000	38	645
53	12.920	37	753.500	37	658
54	9.600	36	830.000	36	664
55	8.590	35	820.000	35	671
56	6.000	34	815.000	34	678
57	3.960	33	820.000	33	682
58	2.600	32	805.000	32	685
59	1.218	31	822.500	31	689
60	0.573	30	805.000	30	692
61	0.122	29	790.000	29	695
62	0.098	28	815.000	28	696
63	0.078	27	-	27	696
64	0.080	26	-	26	696
65	0.077	25	-	25	-
66	0.073	24	-	24	-
67	0.073	23	-	23	-
68	0.063	22	-	22	-
69	0.065	21	-	21	-
70	0.060	20	-	20	-

En las tablas anteriores se presentan las potencias en micro Watts medidas a la salida de la fibra, como se explica anteriormente en la sección 1. Las columnas 1,3 y 5 se refieren a las posiciones en milímetros de la navaja a partir del punto de referencia, ver figura 2. Las columnas 2, 4 y 6 se refieren a las potencias medidas en micro Watts de la luz que salía de la fibra. La razón por la cual existen dos pruebas para el láser verde es porque la prueba 1 arrojaba resultados que no eran compatibles con la teoría, por lo que se decidió repetir el experimento.

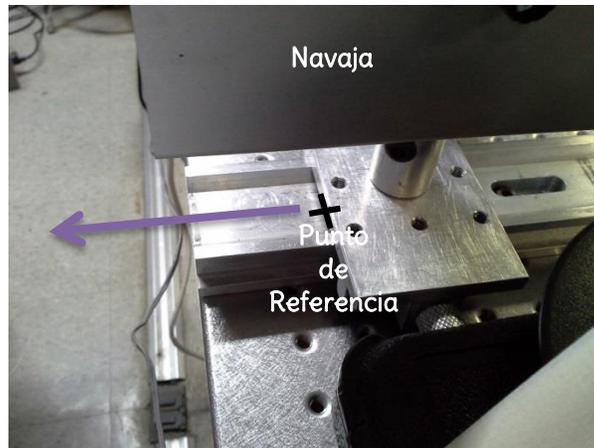


Figura 2. Punto de referencia a partir del cual se empezó a desplazar la navaja. La flecha morada indica la dirección de movimiento de esta última.

En las figuras 3, 4 y 5 se presentan las gráficas de los resultados presentados en la tabla anterior.

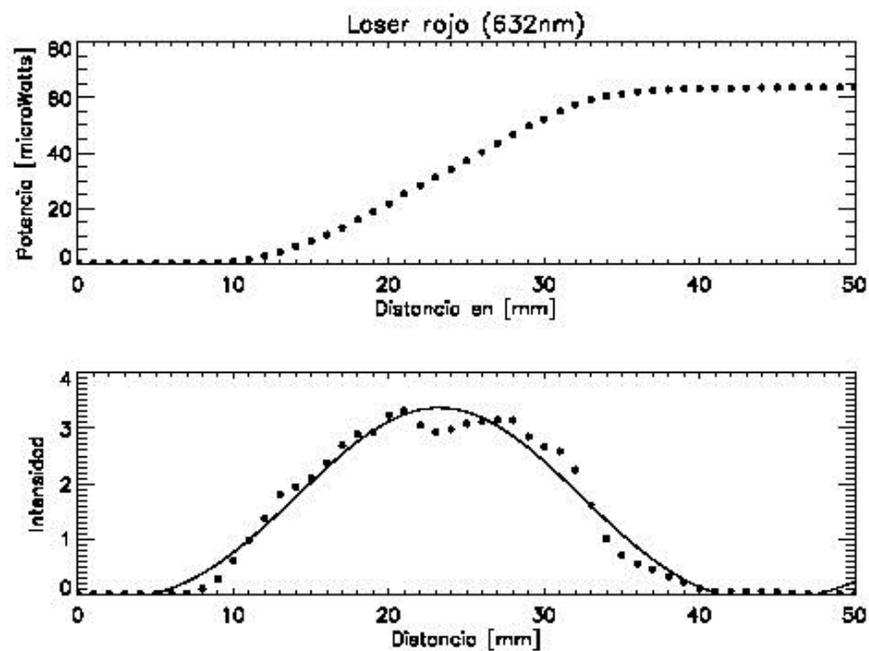


Figura 3. Ilustración de la prueba que se realizó con el láser de 632nm para medir la potencia en micro Watts (gráfica de arriba) y la intensidad (gráfica de abajo) a la salida de la fibra óptica.

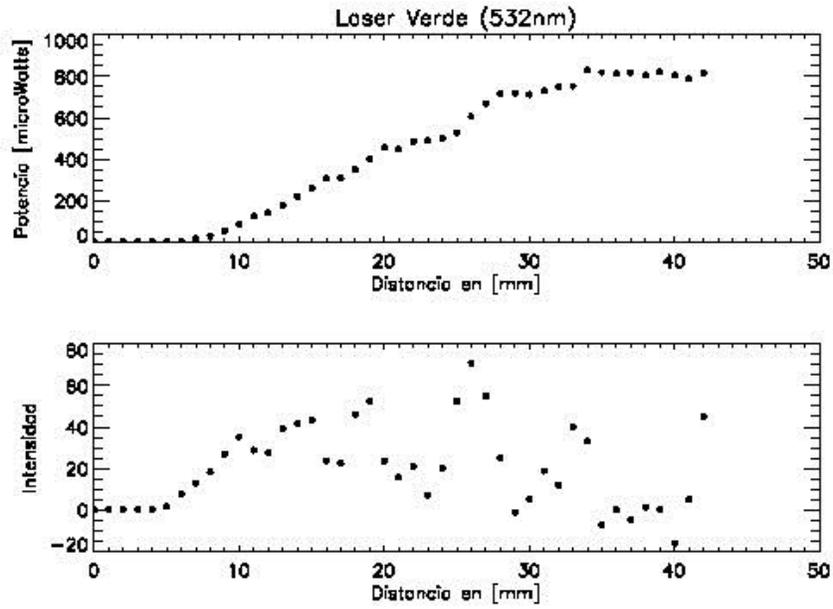


Figura 4. Ilustración de la primera prueba que se realizó con el láser de 532nm para medir la potencia en micro Watts (gráfica de arriba) y la intensidad (gráfica de abajo) a la salida de la fibra óptica.

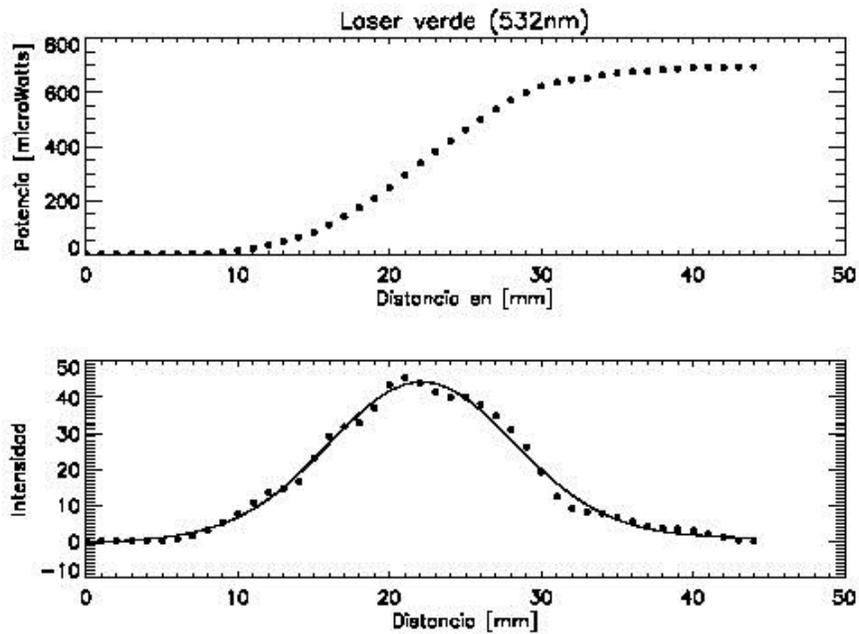


Figura 5. Ilustración de la segunda prueba que se realizó con el láser de 532nm para medir la potencia en micro Watts (gráfica de arriba) y la intensidad (gráfica de abajo) a la salida de la fibra óptica.

Se puede observar que las mediciones de la primera prueba para el láser verde (figura 4) no salieron como se esperaba, ya que se utilizó un apuntador común. Por lo que se concluyó que la prueba era ineficiente y no confiable y se procedió a realizar la segunda prueba, pero esta vez conectando el apuntador con la fuente de poder.

El ajuste que se realizó fue un ajuste gaussiano hecho en IDL. Éste se realiza con la función siguiente:

$$f(x) = A_0 e^{-z/2} + A_3 + A_4 x + A_5 x^2$$

con

$$z = \frac{x - A_1}{A_2}$$

Los términos A_0 , A_1 , A_2 , A_3 , A_4 y A_5 corresponden a la altura, centro, desviación estándar (ancho), término constante, término lineal y término cuadrático de la gaussiana respectivamente.

Para el láser rojo (632nm):

$$\begin{aligned} A_0 &= 5.33265 \\ A_1 &= 23.2560 \\ \mathbf{A_2} &= \mathbf{9.93143} \\ A_3 &= -0.375859 \\ A_4 &= -0.135020 \\ A_5 &= 0.00288221 \end{aligned}$$

Para el láser verde (532nm):

$$\begin{aligned} A_0 &= 42.7892 \\ A_1 &= 22.0915 \\ \mathbf{A_2} &= \mathbf{6.05596} \\ A_3 &= -0.654025 \\ A_4 &= 0.170237 \\ A_5 &= -0.00315590 \end{aligned}$$

Con la desviación estándar se puede determinar el Ancho a Media Altura (*Full Width at Half Maximum* o FWHM en inglés), representando el radio de la imagen formada a la salida de la fibra óptica mediante la siguiente ecuación:

$$FWHM \approx 2\sqrt{2 \ln(2)} A_2$$

Teniendo así para el láser rojo: **FWHM = 16.5369** y para el láser verde: **FWHM = 10.08384**

Con el radio (FWHM) y la distancia de la punta de salida de la fibra a la navaja (x) se puede calcular el ángulo de máxima aceptación (θ_a):

$$\theta_a = 2\sin^{-1} r/x$$

Con $x = 66\text{mm}$

Entonces:

$$\theta_a(\text{rojo}) = 29.0211$$
$$\theta_a(\text{verde}) = 17.5768$$

Es fácil obtener la NA a partir del ángulo de máxima aceptación ya que: $NA = \sin(\theta_a)$. Obteniendo:

$$NA(\text{rojo}) = 0.485$$
$$NA(\text{verde}) = 0.3019$$

Y por último, calculando el número F de la fibra:

$$F/\# = \frac{1}{2(NA)}$$

$$F/\# (\text{rojo}) = 1.09$$
$$F/\# (\text{verde}) = 1.66$$

3. Comparación de datos con los del fabricante (Polymicro Technologies):

$$NA = 0.22$$
$$\theta_a = 25.41 \text{ (Ángulo completo)}$$
$$F/\# = 2.27$$