

Gómez Arias, Andrés

Nellen Mondragón, Stefan Daniel

30 de septiembre de 2018

Resumen

1. Introducción

$$\delta = \alpha + \arcsin[\sin(A)(n^2 - \sin^2(\alpha))^{1/2} - \sin(\alpha)\cos(A)] - A \quad (1)$$

La fórmula de Cauchy para el índice de refracción es:

$$n(\lambda) = P + \frac{Q}{\lambda^2} + \frac{R}{\lambda^4} \quad (2)$$

donde según [1], para un vidrio común, el BK7, es una muy buena aproximación sólo usar los dos primeros términos. Éstos habiendo sido medidos como $P=1.5046$ y $Q=0.00420$ para λ en μm .

1.1. Objetivos

1.2. Desarrollo Experimental

2. Resultados

El ángulo del vértice principal del prisma medido fue $A = 55,39^\circ \pm 0,03^\circ = 0,9667 rad \pm 5,2 \times 10^{-4} rad$.

El experimento se realizó para 4 líneas espectrales: Naranja, verde, azul y violeta. Dichas líneas fueron las que se pudieron observar mediante la fuente que se tenía. Al principio no se podía observar la línea espectral del violeta, por lo que los datos de ésta son menos.

Las longitudes de onda de la luz en naranja están entre $0,581\mu m - 0,618\mu m$, por lo que se tomó $\lambda_n = 0,5995\mu m \pm 0,0185\mu m$; en verde están entre $0,497\mu m - 0,570\mu m$, por lo que se tomó $\lambda_{ve} = 0,5335\mu m \pm 0,0365\mu m$; en azul están entre $0,427\mu m - 0,476\mu m$, por lo que se tomó $\lambda_a = 0,4515\mu m \pm 0,0245\mu m$ y en violeta están entre $0,380\mu m - 0,427\mu m$, por lo que se tomó $\lambda_{vi} = 0,4035\mu m \pm 0,0235\mu m$ [2].

A continuación se muestran las 4 gráficas del conjunto de datos que corresponden al ángulo de desviación total para cada línea espectral (en azul). Se hizo un ajuste al modelo (1) para obtener el índice de refracción n . Además se comparó con el modelo teórico dado el índice de refracción por (2) para su respectiva longitud de onda.

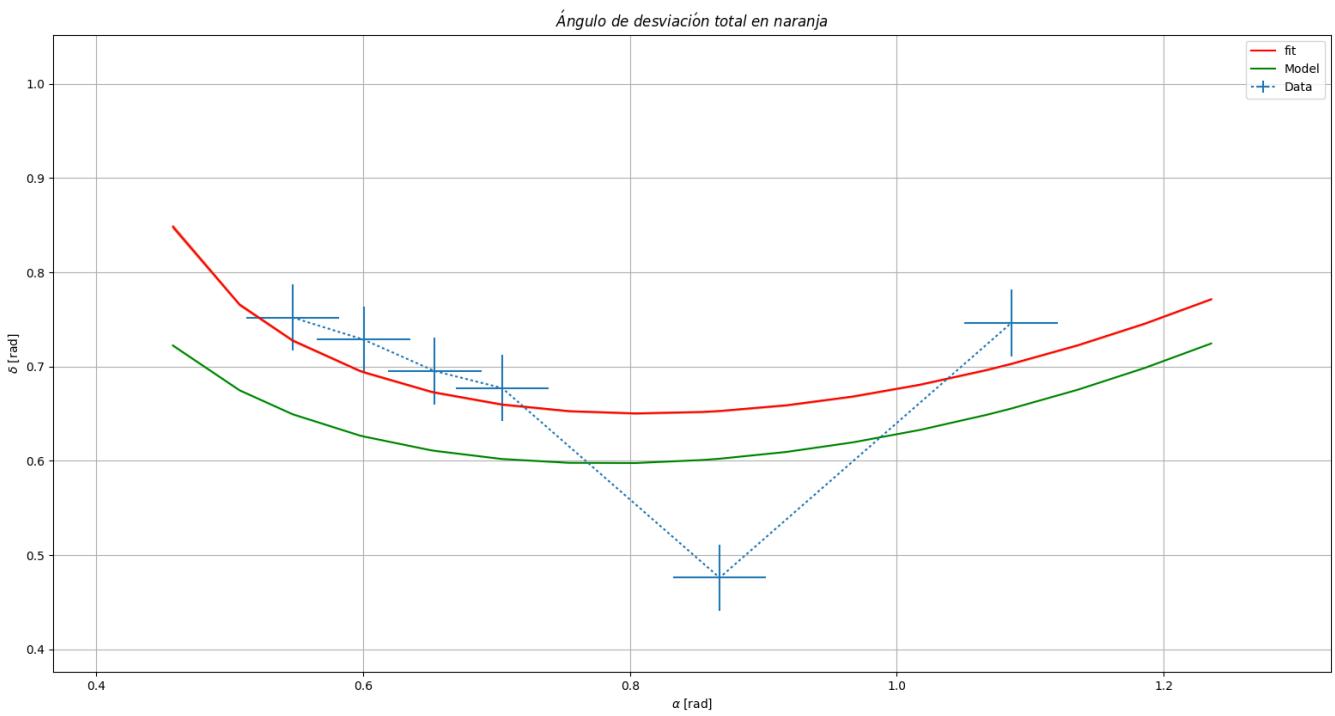


Figura 1: Ajuste para la ecuación (1) en Naranja

Según la ecuación (2) con los valores esperados de BK7, $n(\lambda_n) = 1,5163 \pm 0,0007$. El ajuste realizado arrojó un $n_n = 1,5562 \pm 0,0004$. Para ese ajuste, el ángulo de desviación mínima resultó ser $\delta_{min}^n = 0,8085\text{rad}$.

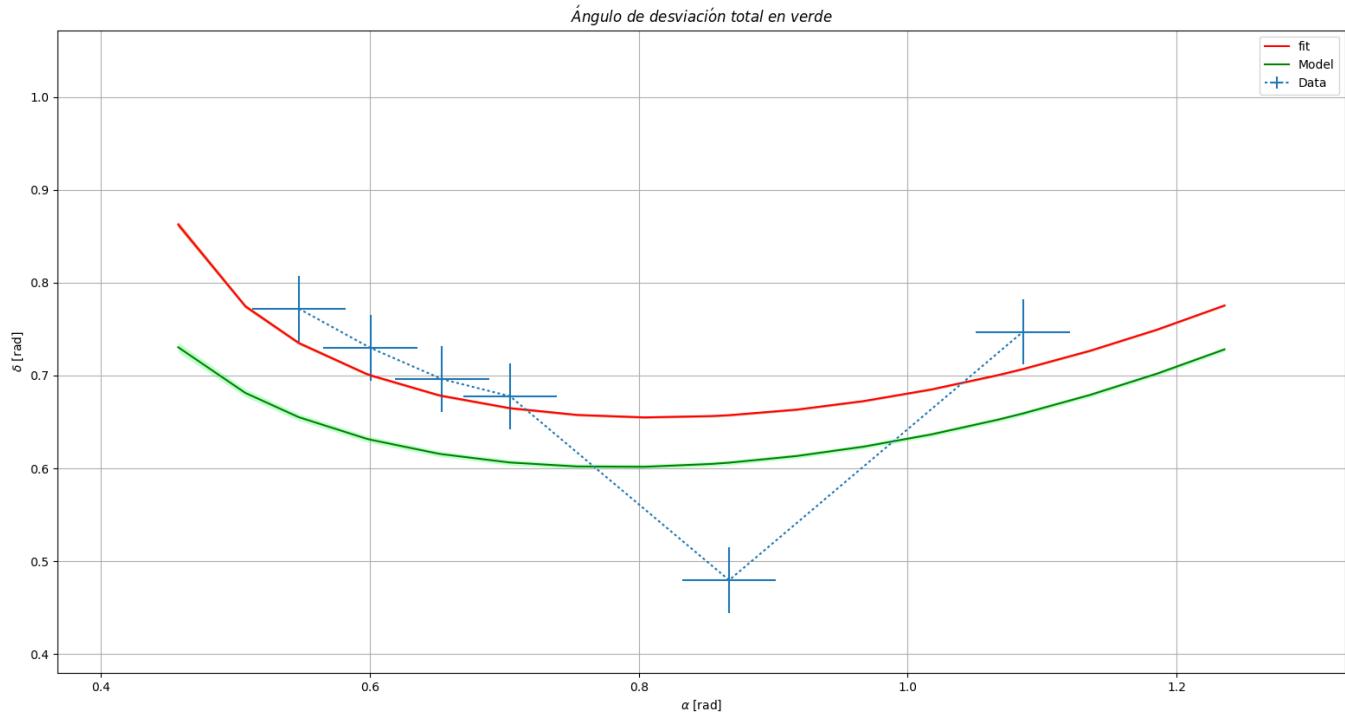


Figura 2: Ajuste para la ecuación (1) en Verde

Según la ecuación (2) con los valores esperados de BK7, $n(\lambda_{ve}) = 1,5194 \pm 0,0020$. El ajuste realizado arrojó un $n_{ve} = 1,5596 \pm 0,0004$. Para ese ajuste, el ángulo de desviación mínima resultó ser $\delta_{min}^{ve} = 0,8108rad$.

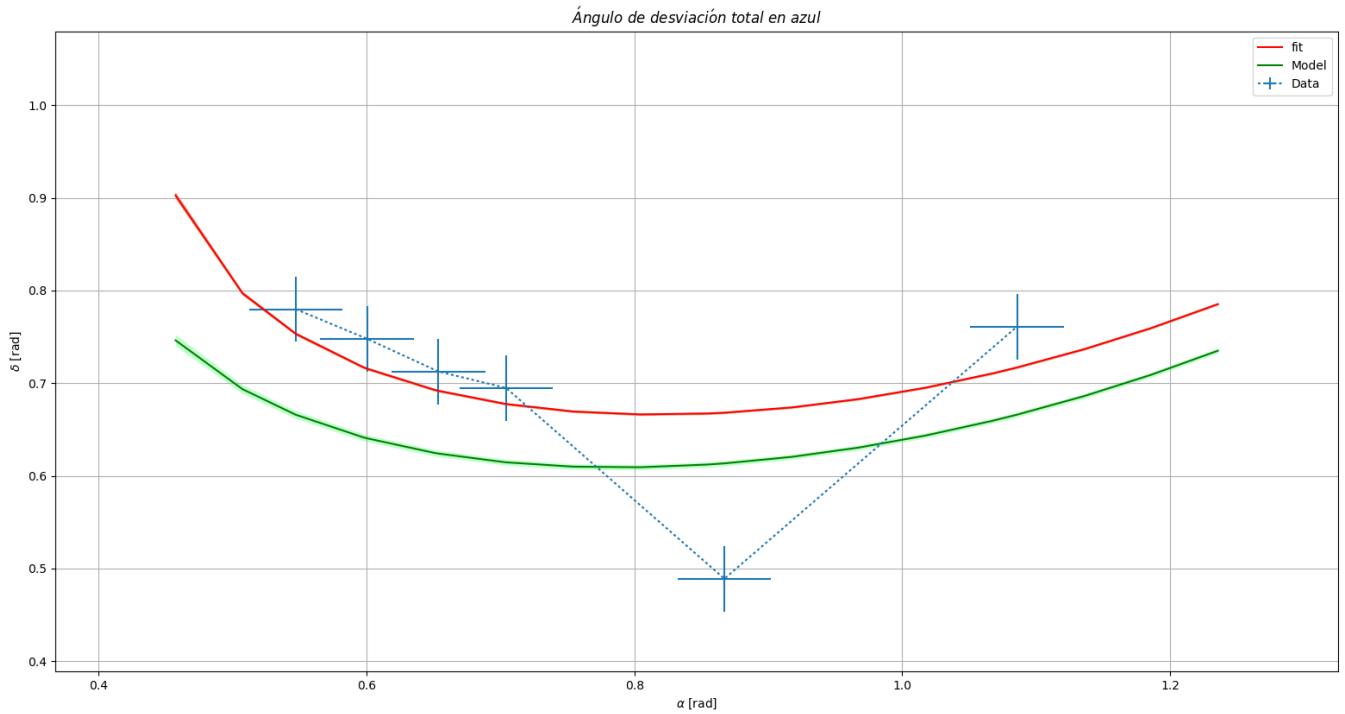


Figura 3: Ajuste para la ecuación (1) en Azul

Según la ecuación (2) con los valores esperados de BK7, $n(\lambda_a) = 1,5163 \pm 0,0007$. El ajuste realizado arrojó un $n_a = 1,5562 \pm 0,0004$. Para ese ajuste, el ángulo de desviación mínima resultó ser $\delta_{min}^a = 0,8164rad$.

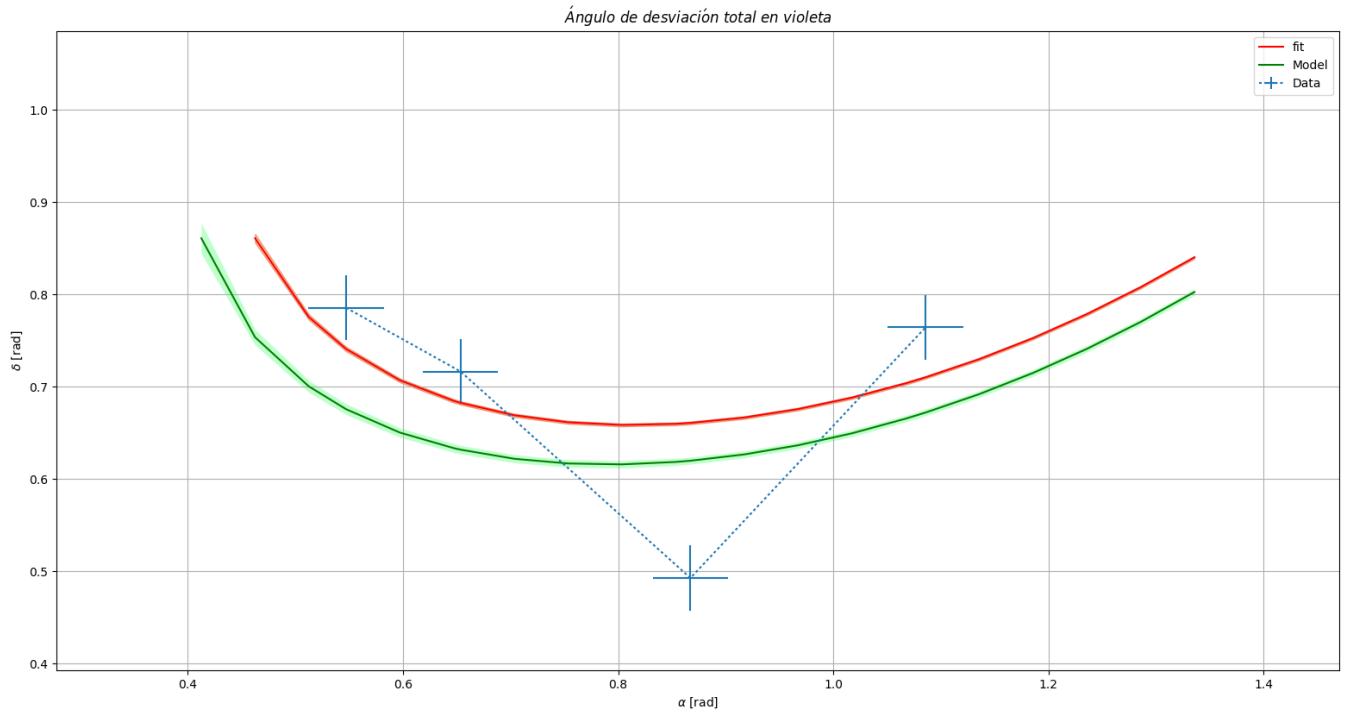


Figura 4: Ajuste para la ecuación (1) en Violeta

Según la ecuación (2) con los valores esperados de BK7, $n(\lambda_{vi}) = 1,5163 \pm 0,0007$. El ajuste realizado arrojó un $n_{vi} = 1,5562 \pm 0,0004$. Para ese ajuste, el ángulo de desviación mínima resultó ser $\delta_{min}^{vi} = 0,8127 rad$.

Habiendo medido (ajustado) los 4 índices de refracción para sus longitudes de onda, se hizo un ajuste para la fórmula de Cauchy (2), despreciando el tercer término. También se muestra el modelo con los valores teóricos (o medidos anteriormente) de BK7, dados por [1].

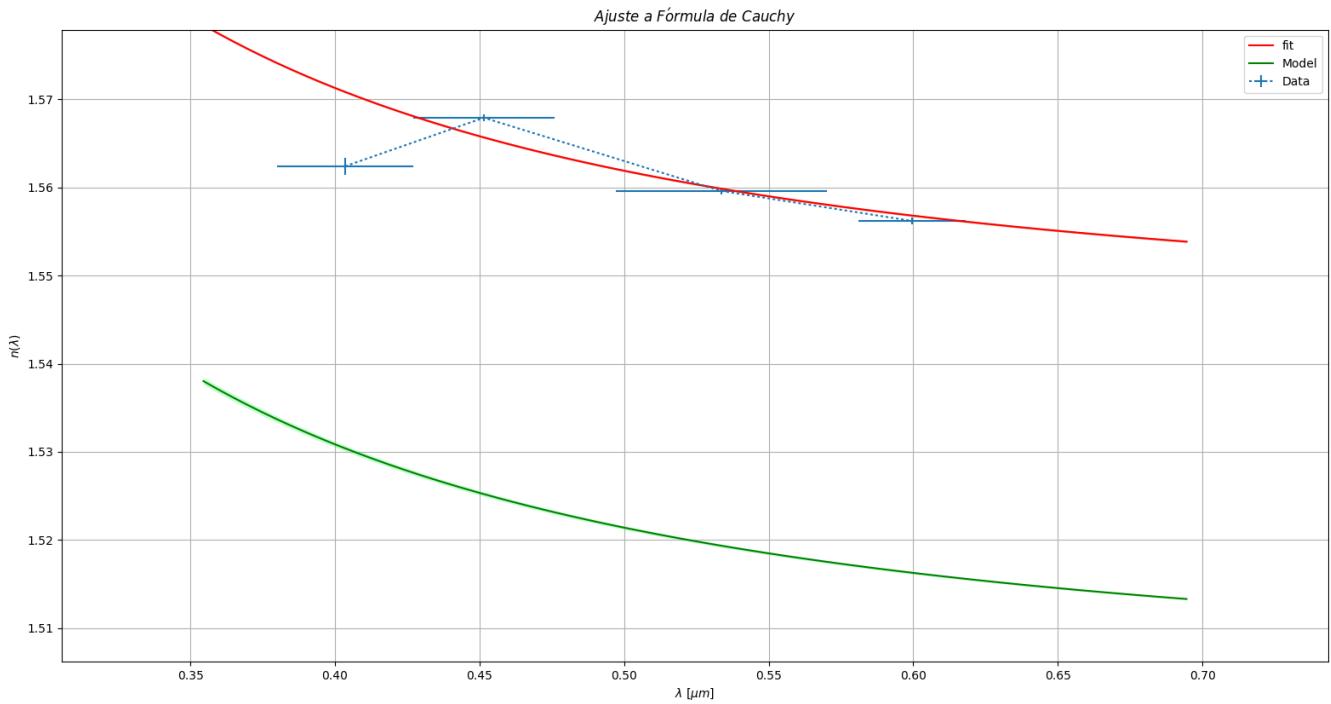


Figura 5: Ajuste para la ecuación (2)

El ajuste realizado arrojó que $P = 1,5452 \pm 4,15 \times 10^{-5}$ y $Q = 0,00417 \pm 2,61 \times 10^{-6}$.

Por último, se midió de nuevo el ángulo de desviación mínima para una fuente de luz Láser (roja) que en principio no conocemos su longitud de onda λ_L :

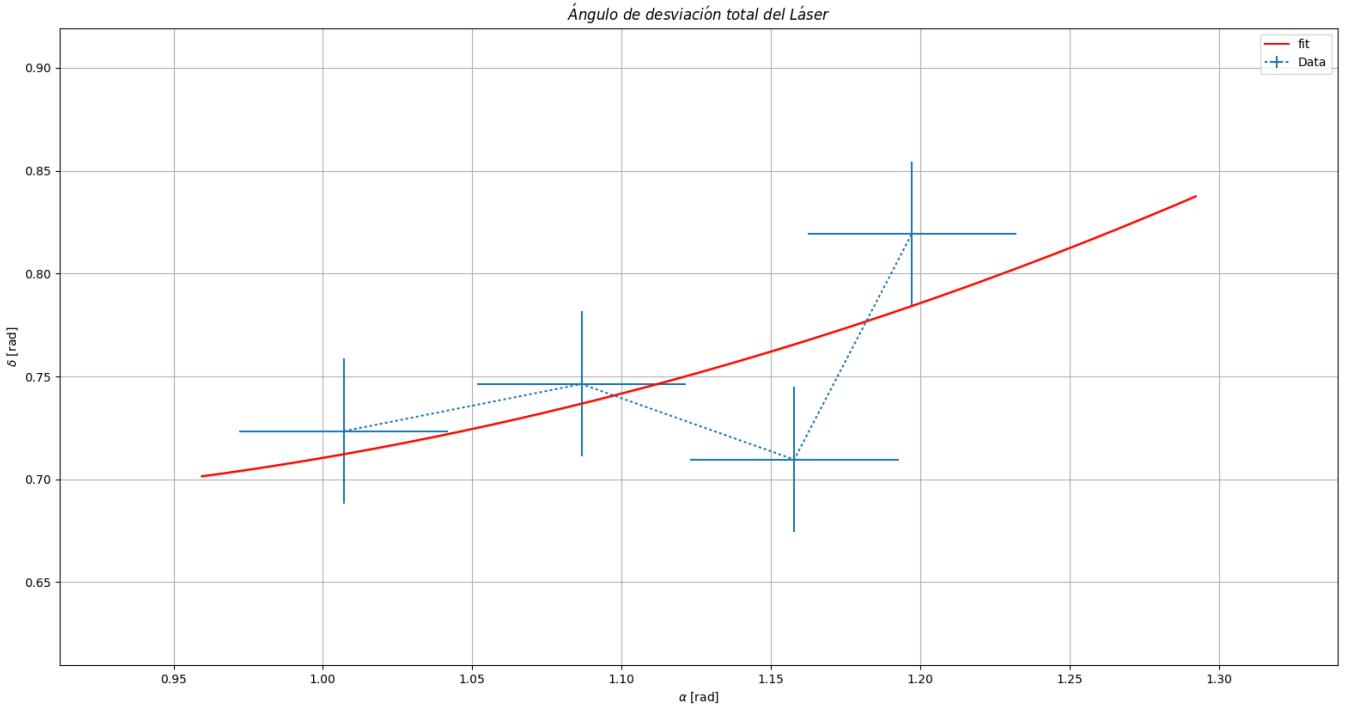


Figura 6: Medición de ángulo de desviación total del Láser

El ajuste arrojó un $n_L = 1,5840 \pm 0,0002$ y un $\delta_{min}^L = 0,8274\text{rad}$. Conociendo ésto, al despejar λ de la ecuación (2) con los parámetros P y Q obtenidos del ajuste anterior (sin el tercer término), se obtuvo que $\lambda_L = 0,3278\mu\text{m} \pm 0,0023\mu\text{m}$.

3. Discusión

Los datos para el ángulo de desviación total para las cuatro líneas espectrales no son muy favorables. Se puede observar que en la mayoría de los datos hay un claro error sistemático, donde el ángulo de desviación total medido fue mayor al esperado. Hay un dato que no cumple ésto: el de $\alpha = 0,8672\text{rad}$. En éste caso la medición fue menor con respecto al esperado y mucho menor con respecto a los otros medidos. Como las mediciones se hicieron para las 4 líneas espectrales al mismo tiempo para cada ángulo, las 4 gráficas cumplen lo mismo. Ésto nos dice que el error no fue debido a la medición del ángulo de desviación de la respectiva línea espectral, sino al momento de posicionar el cero de la medición para cada ángulo α .

De forma errónea, éste dato diferente hizo que el ajuste se pareciera un poco más al esperado, pero claramente no sigue el comportamiento del mismo ajuste. Al menos los demás datos si siguen la ecuación (1); sólo hay un desfase por una constante. Éste puede tener su origen también en una mala medición del ángulo del vértice principal del prisma A.

Habiendo visto ésto, es de esperar que todo lo demás no ajuste. El mismo error sistemático lo hereda el ajuste a la ecuación (2) de la Figura 5. Como el violeta tuvo menos datos, el ajuste le dio más peso al dato anómalo, por lo que su índice de refracción salió un poco menor al dado por la tendencia de los demás. El error sistemático hizo que en éste ajuste, P tuviera un error de 0.04 con respecto al esperado; pero Q ajustó bien, como era de esperar, con un error de 0.00003 con respecto al esperado. Ésto tiene sentido, pues P es la constante del modelo que tiene todo el peso del error sistemático y Q determina el comportamiento general independientemente de éste.

Por último, la longitud de onda del Láser rojo salió completamente desproporcionada, como era de esperar. Para el rojo se esperaba que $\lambda = 0,699\mu\text{m} \pm 0,081\mu\text{m}$, lo cual está completamente fuera de lugar. De hecho, el valor medido ni siquiera entra en el espectro de la luz visible. Lo interesante es que si se usan los P y Q dados por [1],

nos da un $\lambda = 0,230\mu m$ lo cual es peor. Ésto nos dice que el error grande fue al medir n_L . Pero éste resultado fue independiente a los experimentos anteriores a excepción de un parámetro: el ángulo del vértice principal del prisma A usado en la ecuación (1). Con ésto concluimos que su medición fue inexacta y fue la causa de los errores sistemáticos que impidieron que el experimento arrojara resultados exitosos.

4. Conclusiones

Se comprobaron, salvo un error sistemático, las ecuaciones (1) y (2). Se lograron recrear las tendencias de éstas ecuaciones (excepto por un dato anómalo), pero no hubieron resultados muy exitosos para considerar útiles a muchos datos. El ajuste a Q de la ecuación (2) resultó favorable debido a que los errores sólo tenían una constante involucrada. Ésa constante resultó tener su origen en una medición inexacta del ángulo del vértice principal del prisma A . Una remediación de éste ángulo bastaría para que todos éstos datos fueran mucho más exactos.

Referencias

- [1] Neil C. Bruce. (2010). *Análisis espectral por un Prisma*. 29/09/2018, de CCADET Sitio web: http://www.academicos.ccadet.unam.mx/neil.bruce/Design/4_Prisma.pdf
- [2] Desconocido (2018). *Espectro visible*. 30/09/2018, de Fundación Wikipedia, Inc. Sitio web: https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible