



# Medición de los lóbulos frontal y retrodispersión, de seis diferentes líneas, de los lasers de Ar y HeNe al atravesar neblina con diferentes densidades.

**Reynoso Lara E., Serrano Muñoz G., Dávila Pintle J.A., Rendón Marín M.**

Fac. de Cs. De la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

E-mail: ereynoso@ece.buap.mx

**Iturbe Castillo M.D., Treviño Palacios C.G.**

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México.

## RESUMEN

En este trabajo se muestran los resultados de las mediciones en laboratorio de los perfiles de intensidad, la razón de depolarización; así como el ensanchamiento de cinco diferentes líneas de un laser de Argón y una a 632nm de un laser de HeNe; al pasar a través de una cámara de neblina de gotas de agua con diferentes densidades. Los resultados obtenidos están en gran concordancia con los obtenidos Ryan y Carswell en [1]. Con la construcción de esta cámara de neblina, se pudo medir el ancho angular del lóbulo de dispersión frontal. Además con la ayuda de un arreglo interferométrico y un microscopio con un desplazamiento mínimo de una diezmilésima de pulgada, se pudo medir el tamaño de las gotas de agua; se observó que el mejor ajuste para la distribución del tamaño de las gotas, fue con la función gamma generalizada, del tipo propuesta por Deirmendjian [2]. Una vez que se obtuvieron el valor de las constantes, de la función gamma, que mejor ajustaron el histograma de frecuencia se obtuvo el número de densidad de gotas por unidad de volumen. Aunque la mayoría de los estudios realizados, se han centrado en la retrodispersión de la luz por diferentes medios, principalmente nubes; sin embargo, el estudio del lóbulo de dispersión frontal se han podido estudiar con extrema precisión muchos factores, tales como la existencia de simple o múltiple dispersión y la cantidad en que se llevó a cabo. Esto es de gran importancia en la estimación de retornos lidar pues con esta fundamentaciones se puede conocer datos importantes como los coeficientes de extinción y retrodispersión, de partículas contaminantes en la atmosfera y entender el modelo de funcionamiento de la naturaleza.

**Key words:** Dispersión retro y frontal, razón de depolarización, ensanchamiento del haz.

## INTRODUCTION

Aplicaciones recientes de técnicas lidar en la observación de los aerosoles atmosféricos y las nubes ha creado la necesidad de información más precisa sobre los efectos en tales medios de la propagación de haces. La mayoría de los estudios hasta la fecha se han preocupado principalmente con medidas de retro dispersión. Cuando los dispersores son algo más grande que la longitud de onda de la luz incidente, una fracción considerable de la luz se dispersa en un lóbulo estrecho angular en la dirección de avance. En algunas nubes atmosféricas, por ejemplo, la dispersión de adelante hacia atrás puede exceder 1000 a 1 en longitudes de onda visibles. Para las gotas de agua de un diámetro algo mayor que la longitud de onda, la teoría de la difracción se puede utilizar para estimar el medio ancho angular del lóbulo de dispersión hacia adelante. Esto significa que en nubes de la atmósfera que contienen gotas de varias micras de diámetro, el lóbulo frontal es sólo unos pocos grados de ancho en longitudes de onda visibles. Esto es de gran importancia en la estimación de retornos lidar a partir de nubes de espesor óptico altos, puesto que la anchura del haz del lóbulo frontal nos brinda información de cuanta luz es retro dispersada en un campo de visión dado.

## MÉTODOS Y RESULTADOS

Como primer paso se trabajó con las mediciones del diámetro de las gotas de agua de neblina artificial. Para hacer mediciones acertadas a tan pequeña escala se obtuvo una medida de referencia con el que se pudiera medir el diámetro de las gotas de agua generada por la neblina creada en laboratorio.

Con un microscopio, modelo TM-11 Titán se midió el tamaño de las células de una cáscara de ajo, teniendo así nuestra mediada de referencia de 10um, posteriormente sobre esta muestra se haría pasar la neblina artificial creada en laboratorio impregnándose sobre esta las gotas de agua de la neblina las cuales se midieron. Por cada muestra obtenida, las gotas de agua de la neblina depositadas sobre las células de cascara de ajo, se colocaron sobre el microscopio, para fotografiarlas para después estudiar la muestra. En computadora mediante un software básico se creó una cuadrícula de la medida de la referencia (10um), sobreponiendo sobre las fotografías, pudiendo hacer el conteo de una manera precisa del número de gotas por muestra y el diámetro de cada una de ellas. Un histograma de la

distribución del tamaño de las gotas de agua de la neblina se muestra en la figura 1. A partir de este histograma observamos que tiene una distribución asimétrica donde la mejor función que se ajustó a la distribución del tamaño de las gotas de agua fue la función gamma generalizada del tipo propuesta por Deirmendjian.

$$n(r) = ar^b \exp(-cr^d)$$

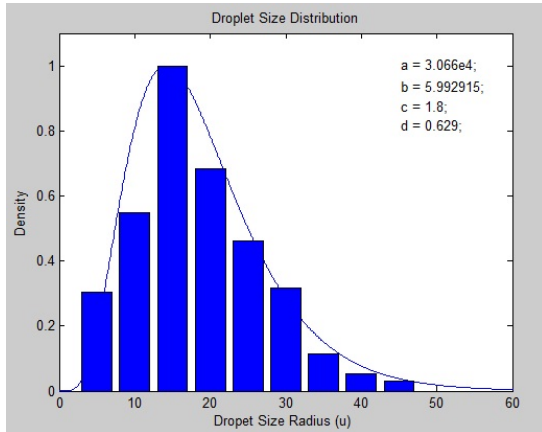


Figura 1. Ajuste de función gamma

Donde las constantes a, b, c, d fueron manipuladas para obtener el mejor ajuste. A partir función gamma generalizada y de los valores propios de sus constantes para su mejor ajuste, se puede obtener la densidad de gotas por unidad de volumen a partir de:

$$N = a \int_{\infty}^0 r^b \exp(-cr^d)$$

Para medir el coeficiente de extinción de la neblina se utilizó la ley de Beer-Lambert descrita a continuación bajo el siguiente arreglo experimental:

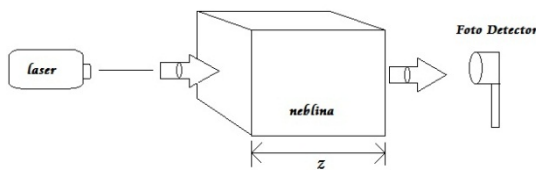


Figura 2. Arreglo experimental para medir el coeficiente de extinción de la neblina.

$$I_0 = I_i e^{-\alpha_{ext} z}$$

dónde:

- $I_i$  e  $I_0$  Son las intensidades de entrada y de salida a la neblina, respectivamente.

Para mantener un flujo constante de la neblina, se construyó una cámara, de material sintra negro, de un metro cúbico, a la

cual se le hicieron dos perforaciones en caras opuestas para que el haz de luz atravesara la cámara. El coeficiente de extinción está dado por la siguiente ecuación.

$$\alpha_{ext} = \alpha_a + \alpha_s$$

dónde:

- $\alpha_a$  Es el coeficiente de atenuación
- $\alpha_s$  Es el coeficiente de dispersión

En nuestro experimento el coeficiente de atenuación lo consideramos igual a cero, por lo tanto el coeficiente de extinción será igual al coeficiente de dispersión, teniendo entonces nuestra ecuación final para el cálculo de este coeficiente.

$$\alpha_{ext} = -\frac{1}{z} \ln \left( \frac{P_0}{P_i} \right)$$

2.1 Cálculo del coeficiente de extinción en laboratorio para diferentes longitudes de onda.

Para hacer un cálculo lo más exacto de coeficiente de extinción se realizaron varias mediciones, al variar las longitudes de onda, la potencia incidente y la densidad de la neblina dentro de la cámara.

Las longitudes de onda utilizadas en nuestro experimento fueron 457, 476, 488, 496, 514 nm de un láser de Argón, además de la línea de 633 nm de un láser HeNe. Para cambiar la potencia incidente de nuestra fuente de luz se utilizaron filtros con una densidad óptica (O.D.) específica, que la relacionaremos con la ecuación de transmitancia  $T=10^{-O.D.}$  que determina el porcentaje de luz que travesará estos filtros. Para modificar la densidad de la neblina dentro de la cámara, se varían las frecuencias acústicas de un humidificador que es el encargado de generar la neblina a estudiar. En la siguiente gráfica se muestran los resultados obtenidos del coeficiente de extinción para diferentes longitudes de onda.

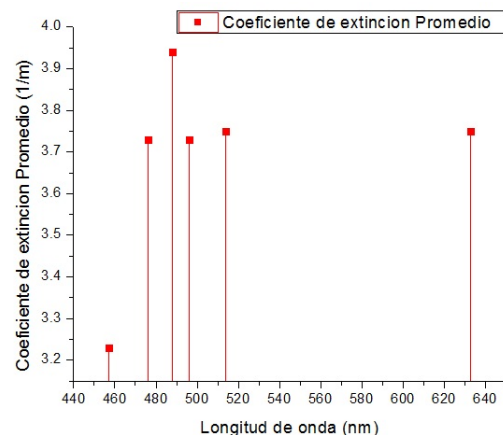


Figura 3. Gráfica de coeficientes de Extinción.

Una vez que se obtuvieron los valores, se calcula el coeficiente de extinción total promedio de nuestro experimento el cual es  $\rightarrow \alpha = 3,71 \text{ m}^{-1}$ .

2.2 Depolarización en la neblina.

La razón de depolarización es un parámetro muy conveniente para describir el estado de polarización de un haz de luz, el cual se define como  $\delta = \frac{I_2}{I_1}$  donde  $I_2$  es la irradiancia que se

obtiene con un polarizador, el cual su eje de transmisión está paralelamente alineado a la dirección de polarización del haz incidente, e  $I_1$  es la irradiancia medida a la salida de un polarizador con su eje de transmisión perpendicular a esta dirección (polarizador cruzado).

El arreglo experimental que se utilizó para medir la razón de depolarización delta, se detalla en la figura 4:

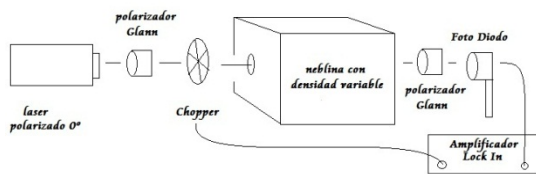


Figura 4. Arreglo experimental para medir depolarización en neblina de gotas de agua.

En este arreglo experimental se utilizó un Amplificador Lock-in para medir las bajas intensidades del polarizador cruzado, la frecuencia de referencia con la cual se modulo es de 100 Hz. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos a la salida del polarizador cruzado con desplazamientos transversales al eje de transmisión del haz, estos resultados solo incluyen dispersión hacia adelante.

fuente de luz ( $\lambda=633\text{nm}$ )	
Posición del foto detector	Salida Lock In
1 cm a la derecha	0.305 mv
2 cm a la derecha	0.330 mv
3 cm a la derecha	280 uv
4 cm a la derecha	25 uv
Eje de Transmisión	30.25 mv
1 cm a la izquierda	2.9 mv
2 cm a la izquierda	1.6 mv
3 cm a la izquierda	0.45 mv
4 cm a la izquierda	100 uv

Tabla 1. Datos de la depolarización de la luz

Estos datos se graficaron de manera polar y se ajustaron con la función de fase de Henyey-Greenstein donde  $g$  es el parámetro de asimetría (para nuestro caso=0.7) y  $\theta$  es el ángulo de dispersión.

$$p(\theta) = \frac{1-g^2}{4\pi} (1+g^2-2g\cos\theta)^{-1.5}$$

CONCLUSIONES

Con la ayuda de un microscopio, modelo TM-11 Titán el cual tiene un desplazamiento mínimo de una diezmilésima de pulgada (aprox. dos micras) se pudo medir el tamaño de las gotas de agua de la neblina, observándose que tienen una distribución del tipo de la función gamma generalizada. La

cual es útil para sacar la densidad de gotas por unidad de volumen. Se pudo observar que la neblina presenta diferentes coeficientes de extinción en diferentes longitudes de onda,

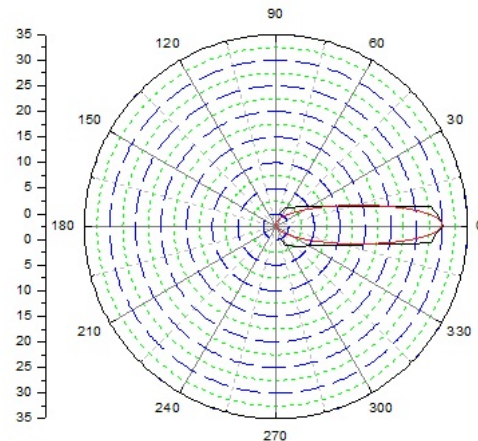


Figura 5. Ajuste de los datos medidos experimentalmente con la función de fase Henyey-Greenstein.

A continuación se muestra una gráfica que muestra la razón de depolarización con respecto a la distancia transversal.

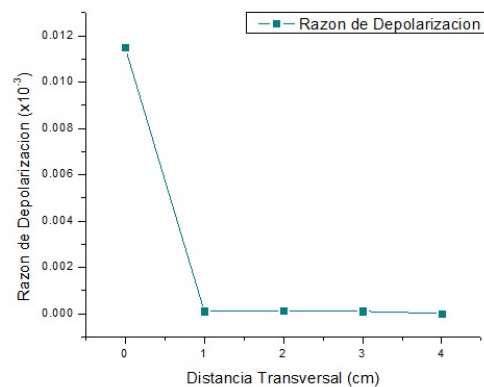


Figura 6. Razón de depolarización

existiendo una diferencia máxima de  $0,2 \text{ m}^{-1}$  entre las longitudes de onda de 488 y 457 nm. En las longitudes de onda de 476, 496, 514 y 633 nm en promedio el coeficiente de extinción es  $3,71 \text{ m}^{-1}$ .

Se puede observar en la gráfica de depolarización que conforme se aumenta la distancia transversal la razón de depolarización disminuye debido a que el lóbulo frontal formado es muy estrecho y la abertura de salida de la cámara es de 1cm.

REFERENCIAS

[1] . J.S. Ryan and A.I. Carswell. Optical Society of America. "Laser beam broadening and depolarization in dense fog".900-908. (1977).

[2] . John H. Scofield A Frequency-Domain Description of a Lock-in Amplifier, Department of Physics, Oberlin College, Oberlin, OH 44074, American Journal of Physics 62 (2) 129-133 (Feb. 1994).