

MICROLIDAR DE BAJA POTENCIA PARA EL ESTUDIO DE LA TROPOSFERA BAJA.

Mario Lavorato^{1,2}, Mauricio Pagura^{1,2}, Pablo Cesarano¹, Pierre H. Flamant³

¹⁾ División Radar Láser, CEILAP (CITEFA - CONICET) – J. B. de La Salle 4397 – V. Martelli – Argentina.

²⁾ Grupo Tecnología Ambiental, SeCyT (FRBA – UTN) – Medrano 951 – Argentina.

³⁾ Laboratoire de Meteorologie Dynamique, École Polytechnique, Palaiseau, France

mlavorato@citefa.gov.ar

Resumen: Desarrollo de un Microlidar para la observación, estudio y determinación del contenido aerosólico de la Capa Límite Atmosférica (CLA) en Buenos Aires. Se presentan resultados preliminares, utilizando como fuentes emisoras dos láseres infrarrojos de diferentes longitudes de onda y frecuencias de repetición. El sistema de recepción consta de un telescopio Cassegrain acoplado a un detecto-amplificador de gran ancho de banda y alta ganancia. Este trabajo nos permitirá diseñar un microlidar transportable para la observación y el estudio de la evolución de los aerosoles en toda la troposfera.

Abstract: A Microlidar system was developed to study and analyze the aerosol layer profile in the Atmospheric Boundary Layer (ABL) at Buenos Aires. Preliminary results are presented, using two infrared lasers sources. They work at different wavelengths and frequencies rates. The reception system is based on a Cassegrain telescope coupled to a silicon detector and a signal conditioning system of high bandwidth and high gain. This work will allow us to design a portable microlidar to measure and study the aerosols layer evolution in all the troposphere.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a los constantes cambios climáticos a nivel global, surge la necesidad de efectuar un monitoreo continuo de la atmósfera en todos sus niveles. El análisis y estudio de la evolución de las distintas capas aerosólicas en la atmósfera es uno de los objetivos considerado prioritario para los científicos^{[1], [2]}. Por ello el propósito de este trabajo es el desarrollo de un prototipo de Microlidar para la observación, estudio y determinación del contenido aerosólico dentro de la Capa Límite Atmosférica (CLA). Los Microlidares, a diferencia de los lidares convencionales, permiten realizar un monitoreo continuo sin sufrir deterioros ni desgastes.

El presente trabajo pretende realizar un estudio práctico para el diseño y desarrollo de un microlidar de retrodifusión que cumpla con los siguientes objetivos:

1. Detectar, caracterizar y estudiar con precisión las capas de aerosoles troposféricos que suelen observarse dentro de la CLA (basados en los datos suministrados por la estación lidar de retrodifusión que opera en Buenos Aires).
2. Determinar los niveles de potencia de emisión del láser requeridos para que la señal retrodifundida mantenga una relación señal / ruido mayor que 3.
3. Determinar los niveles de potencia de emisión (microláser y/o diodo láser de alta repetición) necesarios para estudiar la evolución de los aerosoles, nubes y cirrus en toda la troposfera.
4. Realizar un sistema autónomo que pueda trasladarse a cualquier lugar del país donde se quiera estudiar la evolución de los parámetros atmosféricos (capa aerosólica troposférica). El sistema propuesto deberá operar en permanencia (las 24 hs del día) con mantenimientos mínimos y en forma automática.

En el presente trabajo se quiere estudiar, en particular, la respuesta de la atmósfera a la emisión de dos láseres de baja potencia ($\approx 45 W_{\text{pico}}$) y alta repetición que trabajan en 1064 nm (microláser) y 905 nm (diodo láser). Esto nos permitirá observar la dispersión de Mie (scattering de

partículas) en la CLA frente a una componente de Rayleigh despreciable (scattering de moléculas); típico para estas longitudes de onda. La información suministrada por estas mediciones permitirá estudiar y analizar con mayor precisión la evolución temporal de los coeficientes de retrodifusión y atenuación volumétricos en cualquier lugar donde se requiera realizar las mediciones^[3].

II. INSTRUMENTAL

Como ya se indicó en los párrafos anteriores, el sistema emisor consta de dos láseres infrarrojos que operan en forma independiente para poder comparar los resultados finales. El sistema de recepción está integrado por un telescopio Cassegrain acoplado a través de un filtro de banda ancha y alta transmitancia a un detecto-amplificador de gran ancho de banda y alta ganancia. El filtro debe responder a los 905 nm y a los 1064 nm. El receptor utiliza como detector un fotodiodo de silicio, con dopaje especial, que opera en modo fotocorriente con una eficiencia cuántica del 50% en 1064 nm (y 90% en 905 nm) a diferencia de los fotodiodos PIN y avalancha (APD) de silicio, cuya eficiencia cuántica a esa longitud de onda es inferior al 10 %. La señal pasa por un preamplificador de bajo ruido con 100 K Ω de ganancia de trasresistencia y un ancho de banda de 20 MHz (DC – 20 MHz). Otro amplificador es colocado a continuación y la señal se amplifica nuevamente con una ganancia de 30 dB con características eléctricas similares a las del dispositivo anterior. La señal resultante, se captura en un sistema de adquisición de datos (Osciloscopio digital Tektronix TDS540)s y se graba en una PC para su posterior análisis. La figura 1 muestra la distribución esquemática y montaje del sistema implementado.

III. ESPECIFICACIONES GENERALES

EMISOR 1 [Láser Bombeado por Diodo]

Longitud de Onda	1064 nm
Energía por Pulso	1,7 μ J
Frecuencia de Repetición	1 KHz

Divergencia del Haz	< 2 mrad
Diámetro del Haz	< 2,5 mm
Ancho de Pulso	< 30 ns

EMISOR 2 [Diodo Láser]

Longitud de Onda	905 nm ± 5 nm
Energía por Pulso	1,5 µJ
Frecuencia de Repetición	5 KHz
Divergencia del Haz	< 4 mrad
Área del Haz	8x8 mm ²
Ancho de Pulso	15 ns

TELESCOPIO [Tipo Cassegrain]

Espejo Primario (Diámetro)	10 cm
Focal	f/10 a f/16

AMPLIFICADOR [Preamplificador + Amplificador]

Detector (fotodiodo)	YAG-100
Ganancia (A _R)	> 150 KΩ
Ancho de Banda	DC a 15 MHz

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

(Osciloscopio Digital)

Ancho de Banda (máxima)	500 MHz
Frecuencia de Muestreo	100 MS/s

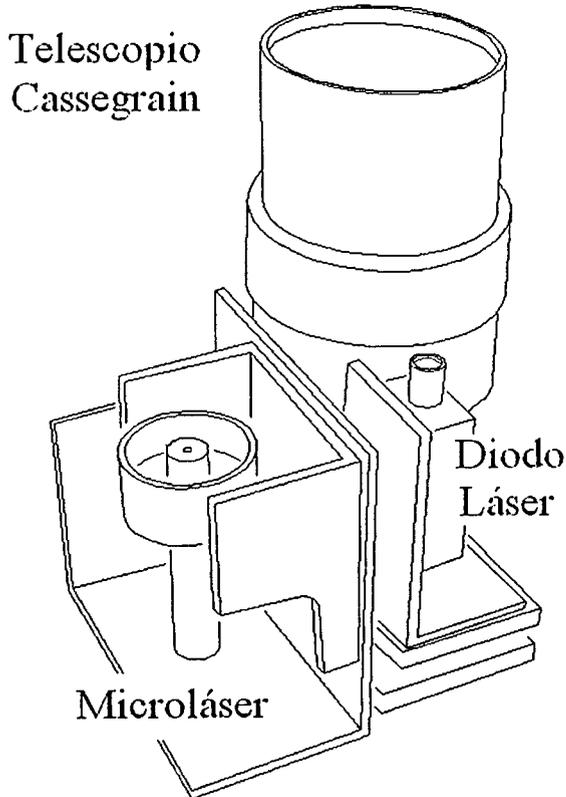


Figura 1: Distribución y montaje del Microlidar

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se realizaron mediciones de prueba para alinear los láseres emisores con respecto al telescopio. Se optimizó la emisión ajustando la ganancia del amplificador teniendo en cuenta tres factores importantes: i) el bajo nivel de señal de salida de los láseres, ii) el ruido gaussiano (del orden de ±5 mV_{pp}) y iii) las interferencias radioeléctricas presentes en la zona (que suelen tener

niveles de hasta ±100 mV_{pp} - Figura 2). Para contrarrestar el efecto de las interferencias radioeléctricas se conectó un circuito de guarda que el fotodiodo posee, colocando en paralelo, con el diodo detector, un diodo con idénticas características constructivas trabajando en contraposición. Este montaje eléctrico responde como un sistema de entrada a modo diferencial para la interferencia y al mismo tiempo a modo común para la señal. Con este tipo de montaje se logró bajar la interferencia a menos de ±20 mV_{pp}. En la figura 2 se puede observar el nivel de interferencia electromagnética presente en el lugar donde se realizaron las mediciones. En esta figura, la señal de interferencia se encuentra sincronizada con su nivel propio de disparo y además está promediada. En la figura 3 se muestra la misma señal pero esta vez esta siendo disparada en forma externa por la señal del láser (sin que éste sea visto por la detección). Al encontrarse fuera de sincronismo luego de 5000

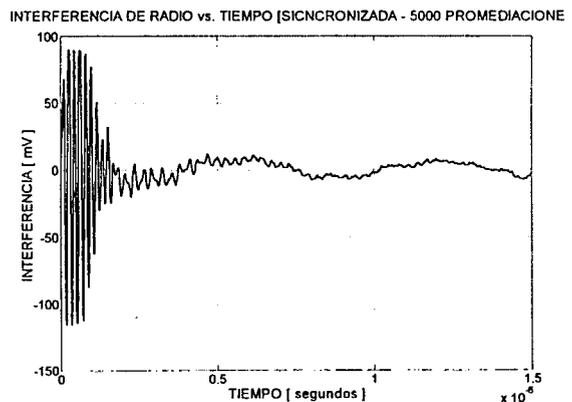


Figura 2: Interferencia radial detectada junto con la señal del Microlidar

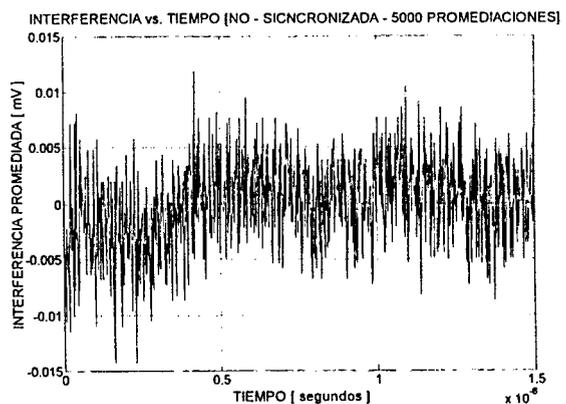


Figura 3: Interferencia radial promediada con el sincronismo de la señal de disparo del láser.

promediaciones el nivel de ruido se reduce a ± 10 mV. El inconveniente mas serio, se presenta en el momento de la alineación, ya que no se pueden promediar las señales al mismo tiempo que se alinean los láseres con la detección.

Las figuras 4 y 5 muestran las señales adquiridas en el mismo día, con decenas de minutos de diferencia y en forma alternada para estudiar el efecto de los dos sistemas emisores bajo las mismas condiciones atmosféricas. Se eligió realizar las mediciones ante la presencia de nubes bajas ya que estas tienen mayor nivel de señal de

retrodifusión que la correspondiente a la señal aerosólica mas la molecular en la CLA. Estas series de mediciones nos permitieron determinar el nivel de detectividad del sistema en su conjunto.

La figura 4 muestra una de las señales adquiridas con el EMISOR 1 (láser bombeado por diodo). Se pudo adquirir una serie de señales inmersas en ruido y con interferencias electromagnéticas. Mayor tiempo de promediación no mejoraría la relación señal / ruido. Se puede observar la característica propia de la atmósfera con la exponencial decreciente entre 0 y 150 m debido a la presencia de aerosoles. Se observa así mismo, centrado en los 400 metros, la presencia de una nube de la cual se puede rescatar su altura (400 m) y su espesor geométrico (\approx 60 m). No se puede calcular ni el espesor óptico de la nube ni los parámetros atmosféricos como ser los coeficientes de atenuación y retrodifusión en los primeros 200 m de altura debidos a la presencia de aerosoles, ya que el nivel de ruido es comparable al de la señal. Se puede concluir que si el láser tuviera al menos 4 veces mas energía la señal sería suficiente

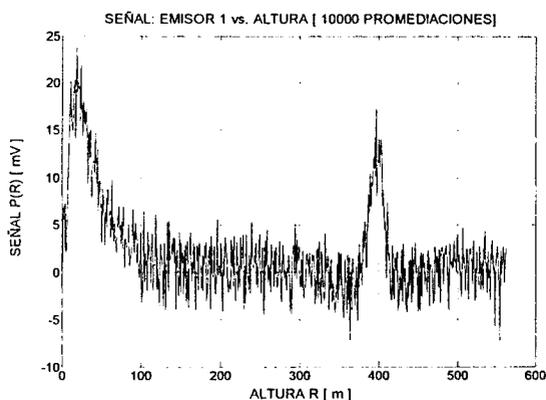


Figura 4: Señal adquirida con el Emisor 1 (microláser).

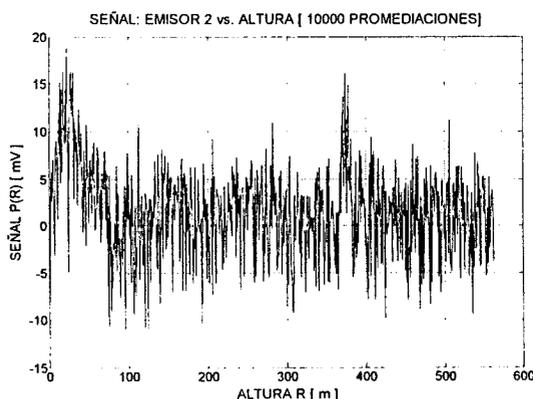


Figura 5: Señal adquirida con el Emisor 2 (diodo láser).

como para calcular los parámetros de la CLA.

La figura 5 muestra una de las señales adquiridas con el EMISOR 2 (diodo láser). En este caso, como el anterior, se adquirió una serie de señales inmersas en ruido y en presencia de interferencias electromagnéticas. En este caso la alineación fue mas difícil y como se puede observar en la figura apenas se aprecian la exponencial decreciente de la señal entre 0 y 120 m y la nube a 380 m. El EMISOR 2 con respecto al EMISOR 1, tiene el área del 'spot' del láser 13 veces mayor y una divergencia también mayor. La emisión mejoró cuando se colimó el haz de salida. Como en el caso anterior, ningún cálculo se puede realizar con esta señal ya que la relación señal / ruido es casi uno.

Si bien la promediación disminuyó el nivel de ruido, aún con la aplicación de un filtrado numérico, el problema de detectividad subsiste ya que para mejorar la relación señal / ruido solo queda incrementar el nivel de señal que se emite a la atmósfera, es decir hay que aumentar la potencia de los láseres.

IV. CONCLUSIONES

De los láseres utilizados el que dio mejores resultados fue el láser bombeado por diodo que opera en 1064 nm. El diodo emisor láser de 905 nm con mejores características de emisión y potencia, presentó señales pobres y ruidosas. Se deberá trabajar en la colimación del haz para mejorar su performance. Las señales resultaron muy débiles y no se pudieron realizar los cálculos de espesor óptico ni del coeficiente de atenuación. Como este trabajo representa un estudio práctico para determinar los niveles de señal requeridos para el diseño de los sistemas nuevos, estamos en condiciones de fijar los parámetros de diseño del nuevo microlidar. Para la detección de aerosoles en la atmósfera, es necesario contar con un microláser bombeado por diodo de mas de 10 μ J, siendo ideal uno de 100 μ J (para cubrir toda la troposfera). En este caso se podrá realizar el doblado óptico para tener la línea de 532 nm. Con respecto al diodo láser la tarea principal es la de colimar el haz de salida para disminuir el área del 'spot' y bajar la divergencia. Las ventajas de utilizar el diodo láser son dos: i) con la misma configuración se puede aumentar la potencia de emisión mas de 20 veces y ii) en la longitud de onda de trabajo los detectores tienen su máxima eficiencia cuántica.

La detección operó de acuerdo a lo esperado pero sería conveniente poseer al menos una etapa adicional para mejorar la detectividad. Es preferible contar con un fotomultiplicador que opere en la banda de infrarrojo ya que poseen mejor relación señal / ruido. El principal inconveniente es que el diodo detector es muy sensible a las interferencias electromagnéticas, lo cual hace aún más crítica la detección de señales débiles.

Los trabajos futuros son: por un lado se va a encarar la construcción de láseres bombeados por diodo de la potencia requerida. Por otro lado se está trabajando en el desarrollo de un colimador ajustable para el diodo láser.

IV. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dibujante Proyectista Carlos Morales por su desinteresada dedicación y sugerencias para que este trabajo pudiera realizarse.

V. REFERENCIAS

1. Peter V. Hobbs - Aerosol-Cloud-Climate Interactions - INTERNATIONAL GEOPHYSICS SERIES - Volume 54 - ACADEMIC PRESS, INC. (1993).
2. James R. Holton - An Introduction to Dynamic Meteorology - INTERNATIONAL GEOPHYSICS SERIES - Volume 23 - ACADEMIC PRESS, INC. (1979).
3. E. D. Hinkley [Editor] - Laser Monitoring of the Atmosphere. - Topics in Applied Physics - Volume 14 - Springer-Verlag (1976).