

# DIAGNOSTICO Y CALIBRACIÓN DE DOS INSTRUMENTOS MICROTUPS II PARA MONITOREO DE OZONO TOTAL.

Gerardo Carbajal Benítez<sup>1</sup>, Svetlana Cherkasova<sup>1</sup>, Federico Giménez<sup>1</sup>  
[gcarbajal@smn.gob.ar](mailto:gcarbajal@smn.gob.ar). Autor/a correspondiente.

<sup>1</sup>Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

**Palabras clave:** MICROTUPS II, Ozono Total, Estabilización, Factor de calibración, Validación.

## 1) INTRODUCCIÓN

Para este trabajo, nosotros presentamos dos equipos de bajo costo modelo Ozone Monitor Sunphotometer MICROTUP II de SOLAR LIGHT n/s 16803 y 16804, donde este modelo, principalmente se usa para medir la columna de ozono total (COT). Estos equipos son manuales, se han diagnosticado y calibrado en la ciudad de Buenos Aires (34°35' S, 58°29' O), mediante comparación con el Espectrofotómetro Dobson que es patrón estándar secundario #070 de la red de medición de la capa de ozono del Servicio Meteorológico Nacional y del programa Global Atmospheric Watch de la World Meteorological Organization (GAW/WMO).

Los Microtops II tienen 5 longitudes de onda, de los cuales usan 3 para medir COT en pares de longitudes de onda en la región del UV (305.5/312.5 y 312.5/320.5 nm)

$$\lambda \begin{cases} 305.5 \text{ nm} & i, j = 1 \\ 312.5 \text{ nm} & i, j = 1 \\ 320.0 \text{ nm} & i, j = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Donde los índices  $i, j$  indican el número de filtros que se usan para medir la COT para cada longitud de onda en cada banda del UV. Esto es: canal I;  $\Omega_{12}$  y canal II  $\Omega_{23}$  Según la fórmula:

$$\Omega_{ij} = \frac{LNV_{12} - \ln\left(\frac{V_i}{V_j}\right) - \beta_{ij} m \frac{P}{P_0}}{\alpha_{ij} \mu} \quad (2)$$

Inicialmente, estos MICROTUPS II (MII) fueron calibrados en la estación Mauna Loa, obteniendo los coeficientes de absorción de ozono ( $\alpha_{ij}$ ), coeficientes de dispersión Rayleigh ( $\beta_{ij}$ ) y el logaritmo natural de la relación entre la radiación solar extraterrestre y la entrante ( $LNV_{ij}$ ) a esas  $\lambda$ ,  $m$  representa la masa de aire y  $\mu$  la masa de aire óptica de ozono y se calcula según Morys y otros, (2001); Komhyr y otros, (1989).  $P_0$  es la presión estándar (1013.25 mb) y  $P$  es la presión de la estación de medición. Combinando los valores de los dos canales anteriores se obtiene el canal III ( $\Omega_{123}$ ):

$$\Omega_{123} = \frac{\Omega_{12}\alpha_{12} - \Omega_{23}\alpha_{23}}{\alpha_{12} - \alpha_{23}} \quad (3)$$

## 2) METODOLOGÍA

Las mediciones con los MICROTUP II 16803 y 16804, se realizaron en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en la sede central del Servicio Meteorológico Nacional (34°35' S, 58°29' O)

Se usa la presión estándar (P) debido a que la estación a orilla del Río de La Plata ( $P_o = P$ ) El instrumento de referencia que se usa para calibración es el Espectrofotómetro Dobson (D#070) patrón estándar regional secundario que, se encuentra en el Observatorio Central Buenos Aires  $\sim 7$  km de distancia, por lo tanto se considera comparables, debido a la naturaleza de distribución del ozono en la estratosfera (Dobson and Harrison, 1926). Se realizan las mediciones a cielo abierto, sin nubes. La radiación de baja densidad (ds) sin nubes, cercano al medio solar que, para estas fechas es pasado las 13:00 hs en CABA.

### 3) DIAGNOSTICO

Una condición necesaria para el diagnóstico y buen funcionamiento para este tipo de instrumentos es que los datos COT tienen una incertidumbre del 3 % para las masas de aire de ozono  $\mu \leq 3$  (Morys, 2011). Esto verificamos en la Figura 1 y figura 2 (Método Langley), las cuales muestran que el equipo MII 16804 se obtiene una mejor respuesta respecto al patrón estándar D#070 en tanto que, el MII 16803 tiene problemas para reproducir los datos de COT.

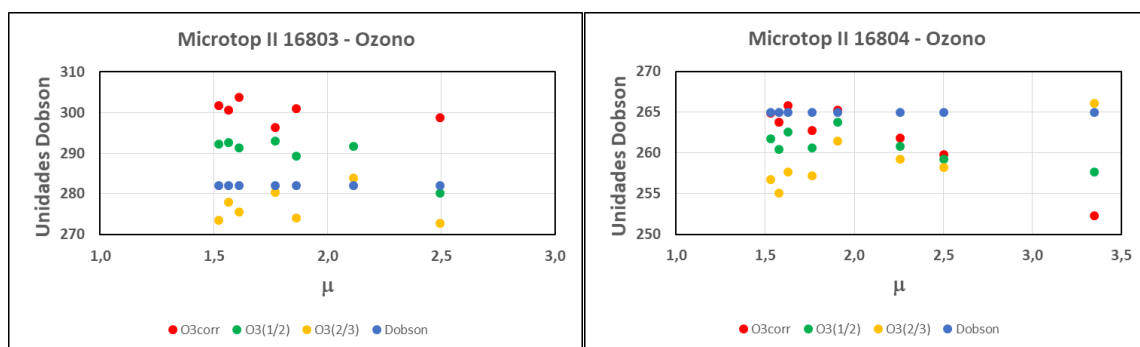


Figura1. Respuesta de los instrumentos a diferentes masas ópticamente con ozono ( $\mu$ ), en un día en particular (29 de abril del 2025) siendo  $\mu = 1.5$  cercano al medio día solar.

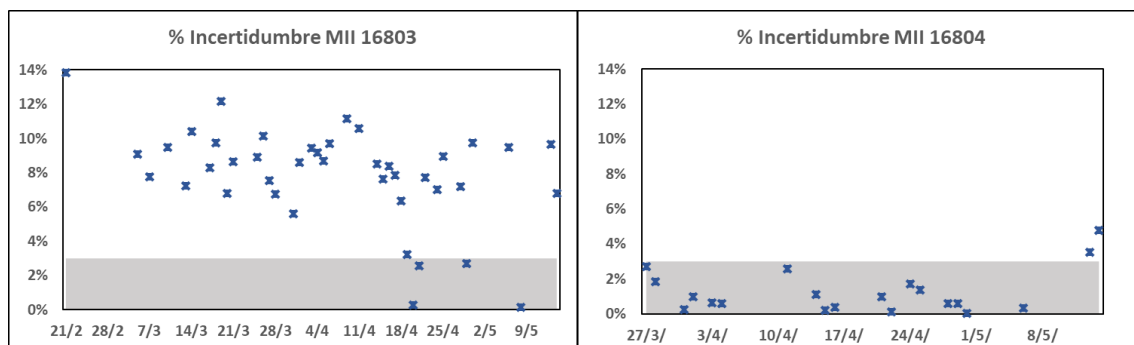


Figura2. Porcentaje de incertidumbre diario donde el área gris contiene los valores por debajo del 3%. Todos las mediciones son al medio día solar ( $\mu \sim 1.5$ )

### 4) FACTOR DE CORRECCIÓN (FC)

Después de observar las figuras se puede decir que el MII 16803 necesita de calibración ( $R^2=0.6136$ ), no solo con lampas UV en laboratorio o a través de un factor de corrección a través del D#070, mediante el cual ya se transfiere la trazabilidad y corrección a través de la temperatura efectiva. Mientras que el MII 16804, no requiere de una calibración ( $R^2=0.9466$ ) se presentan en la figura 3, ya que, además se han realizado pruebas complementarias que no están contenidas en este trabajo, de tal manera que solo se procede a calcular el FC del MII 16803 con la ecuación:

$$FC = \frac{COT_{D\#070}}{COT_{MII\ 16803}} \quad (4)$$

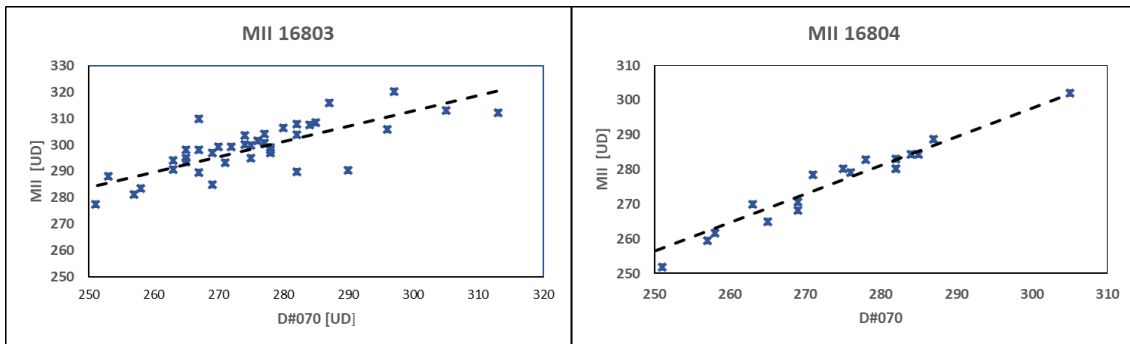
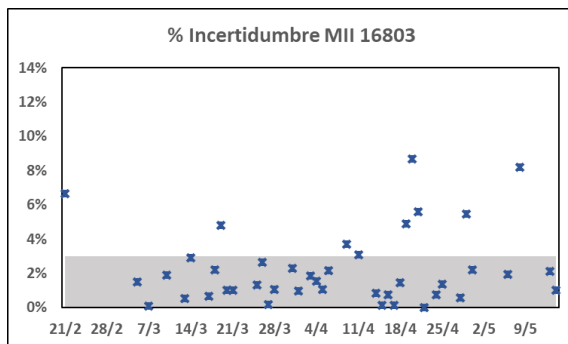


Figura 3. Correlación de los MII vs D#070.



El factor obtenido es  $FC = 0.9228$  que tiene trazabilidad al patrón secundario  $D\#070$ . Este factor obtenido, lo vamos a multiplicar por cada medición de ozono del MII 16803, así evaluamos el porcentaje de incertidumbre en la figura 4, donde se observa una mejora de los datos diarios de la COT.

Figura 4. Corrección de los datos con el factor obtenido.

## 5) CONCLUSION

Aunque es menos preciso que los espectrofotómetros tradicionales, el MII es un instrumento más económico que puede generar datos de buena calidad si se calibra anualmente y se opera con rigor. Si bien el MII cuenta con sensores de estado sólido para medir la temperatura del aire y la presión atmosférica, utilizados para corregir la deriva electrónica térmica de sus componentes y compensar el efecto de dispersión de Rayleigh de las mediciones de COT, respectivamente, el algoritmo de recuperación de los valores de COT no tiene en cuenta la temperatura efectiva instantánea real de la atmósfera, lo que aumenta la incertidumbre de la medición debido a la dependencia térmica de los coeficientes de absorción de ozono. Si aplicamos el FC al MII 16803 está en condiciones de medir en una estación seleccionada. Mientras que MII 16804 puede medir sin aplicación, ni corrección a los datos de la COT.

## REFERENCIAS

- Dobson, G.M.B. and D.N. Harrson. 1926:** Measurements of the amount of ozone in the earth's atmosphere and its relation to other geophysical conditions: Part I. Proc. Roy. Soc. London, A110: 660–693.
- Komhyr, W. D., Grass, R. D., & Leonard, R. K. (1989).** Dobson spectrophotometer 83: A standard for total ozone measurement, 1962–1987. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 94, 9847–9861.
- Morys, M., Mims, F. M., Hagerup, S., Anderson, S. E., Baker, A., Kia, J., et al. (2001).** Design, calibration, and performance of MICROTOPS II handheld ozone monitor and Sun photometer. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 106, 14573–14582.