

# Trazabilidad de los datos y calibraciones de la red Dobson del SMN

Nota Técnica SMN 2021-107

**Ricardo Sánchez<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Dirección de Productos de Modelación Ambiental y de Sensores Remotos, SMN

Octubre 2021

### *Información sobre Copyright*

*Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.*

*La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.*

## Resumen

La red de espectrofotómetros Dobson que opera el SMN en Argentina, permite conocer con detalle cómo evoluciona a diario el estado de la capa de ozono en el territorio desde Ushuaia hasta La Quiaca y en particular el fenómeno de la disminución o anomalía que se presenta en Antártida cada primavera austral (Agujero de Ozono). Para ello, es necesario mantener dicho instrumental en óptimas condiciones de funcionamiento para obtener mediciones precisas y así poder contribuir a la red estandarizada mundial existente dedicada al control y seguimiento del estado de la capa de ozono. Los espectrofotómetros Dobson son instrumentos de superficie reconocidos por la OMM para la vigilancia de la capa de ozono y la determinación de tendencias, constituyendo la red mundial de vigilancia de ozono desde la superficie. Estos instrumentos, además, son la principal referencia para garantizar el correcto funcionamiento de los instrumentos activos a bordo de satélites que son los que miden de manera global la capa de ozono que rodea al planeta. Es esencial vigilar la capa de ozono no solo por ser la barrera natural defensiva ante la perjudicial radiación UV, sino también por el rol que desempeña en el cambio climático ya que se ha identificado que el papel de los aerosoles y del ozono en el control del balance térmico de la atmósfera como dos de las mayores fuentes de incertidumbre a la hora de predecir la evolución del clima.

## Abstract

The spectrophotometers Dobson network operated by the SMN in Argentina, allows to know in detail the daily state of the ozone layer along the entry Country from Ushuaia to La Quiaca and in particular the phenomenon of the decrease or anomaly that occurs in Antarctica every southern spring (Ozone Hole). This is why it is necessary to maintain the instruments in optimal operating conditions to make accurate measurements and thus be able to contribute to the existing global standardized network dedicated to the control and monitoring the state of the ozone layer. Dobson spectrophotometers are WMO-recognized surface instruments for ozone layer monitoring and trend determination, constituting the global surface ozone monitoring network. These instruments are also the main reference to guarantee the correct operation of the active instruments on board of satellites, which are those that measure the ozone layer that surrounds the planet globally. It is essential to monitor the ozone layer not only because it is the natural defensive barrier against harmful UV radiation, but also because of the role it plays in climate change since it has been identified that the role of aerosols and ozone in the control of the thermal balance of the atmosphere as two of the greatest sources of uncertainty when predicting the evolution of the climate.

**Palabras clave:** calibración, Dobson, ozono, trazabilidad, OMM

## Citar como:

Sánchez, R., 2021: Trazabilidad de los datos y calibraciones de la red Dobson del SMN. Nota Técnica SMN 2021-107.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ozono atmosférico se ha definido como una variable climática esencial en el sistema global de observación del clima (GCOS) de la OMM. El minucioso monitoreo a largo plazo de la capa de ozono a nivel global, sigue siendo crucial para verificar la implementación exitosa del Protocolo de Montreal y sus enmiendas cuyo objetivo es la protección de la capa de ozono, mediante éste protocolo se impusieron restricciones en el uso y la fabricación de compuestos con contenido de cloro y bromo en pos de la preservación de la Capa de Ozono, esperando ver como resultado una eventual recuperación de la misma y que retorne a los niveles de ozono anteriores a la década de 1970. Para sacar conclusiones se necesitarán varios años de mediciones continuas y confiables para lograr detectar los procesos de cambios y tendencias en el comportamiento de la capa de ozono estratosférica.

Determinar las tendencias del ozono en dicha capa, como así también el contenido total de ozono en toda la atmósfera, requiere asegurar el estado y las características de los instrumentos de monitoreo que se utilizan en la red de medición. Es fundamental conocer y mantener tanto el nivel de seguridad del funcionamiento de cada instrumento, como así también los métodos de calibración utilizados para mantener la precisión de los datos que se obtienen a diario.

Algunas de las redes establecidas por OMM para monitorear el ozono total (TO3) contenido en una columna imaginaria entre el nivel del suelo y la parte superior de la atmósfera, se basan en el uso de antiguos instrumentos ópticos-electrónicos llamados espectrofotómetros Dobson, que son los principales instrumentos utilizados para controlar la capa de ozono alrededor del planeta y se han utilizado desde la década del '20 hasta el presente. Debido a la falta de nuevos instrumentos validados, éste sistema todavía se encuentra en uso, aunque están discontinuados. Existen otros instrumentos de última generación (Brewer y Pandora) que estarían disponibles como alternativas y conforman otras redes, pero se está trabajando de manera constante para que todos los datos sean compatibles y comparables.

La necesidad de mejorar la caracterización y calibración de los instrumentos Dobson es constante y se intenta lograr basándose siempre en comparaciones con los instrumentos de referencia que hay disponibles en la red, con el fin de asegurar las mediciones de ozono total con el mayor nivel de confianza en toda la red mundial de observación. El objetivo es elevar la calidad del dato y lograr incertidumbres menores al 1% en la determinación de la columna de ozono total, entre otras cosas para poder utilizarse como conjuntos de datos de referencia para validar los gases traza troposféricos medidos por los satélites que intentan determinar de manera remota la contaminación troposférica.

La red Dobson en Argentina opera con 5 instrumentos que, además de medir, uno de ellos se utiliza como referencia para verificar el funcionamiento de todos los demás instrumentos, propios y los pertenecientes a la red ARIII y el Caribe, garantizando así que las mediciones estén interrelacionadas y estandarizadas y puedan ser comparables entre sí. A pesar del esfuerzo por

mantener dicha relación, cada instrumento puede producir diferencias que suelen ser más o menos significativas. Esto se ve reflejado en los datos obtenidos, lo que dificulta el proceso de nivelado global de datos e impide la fusión de resultados de las diferentes estaciones de medición, lo cual es fundamental para lograr monitorear de manera precisa la capa de ozono.

Quienes se plantean cuál es la mejor opción para obtener la trazabilidad de los datos, han de saber que, es importante ante todo evaluar regularmente las posibles diferencias entre los espectrofotómetros de referencia Dobson (regional vs. mundial) y compararlos a su vez contra el resto de los instrumentos que se utilizan en la red. Estos eventos de inter-comparaciones generan correcciones tanto en los instrumentos como en los métodos utilizados por sus operadores y mejoran sus desempeños. Si quiere hacerse una buena apuesta tecnológica, hay que orientar la elección del personal que cuida de los instrumentos y lleva control de los datos y también adoptar un método eficaz que sea capaz de proporcionar control sobre todo el ciclo del dato.

## 2. OBJETIVO

Se detallan los métodos de la calibración, medición y sus cálculos a través del uso de herramientas determinadas de manera tal que sea posible rastrear un dato con todos los detalles referentes al mismo a lo largo de la cadena. Además, el objetivo de este trabajo es definir el proceso para realizar controles posibles de la incertidumbre integral en la medición de la columna de ozono atmosférico total mediante instrumentos Dobson, teniendo en cuenta todos los parámetros que afectan hasta llegar a la recuperación del dato final.

Este documento proporciona un panorama de la metodología común con recomendaciones genéricas utilizadas a nivel mundial para los usuarios de espectrofotómetros Dobson, a fin de desarrollar una base para dar solución de trazabilidad a los datos utilizando estándares de OMM y el programa VAG. Asimismo, se proporciona ayuda, información y recomendaciones necesarias para implementar la captura electrónica de datos y las técnicas de intercambio electrónico de los datos. Las circunstancias y los entornos de uso de cada Dobson varían según los casos. En consecuencia, no todos los puntos que se mencionan en este documento serán pertinentes en cada caso.

Los espectrómetros Dobson operan en el espectro cercano al UV (305-340 nm) y desde mediados de la década del '80 y hasta la actualidad, en la fórmula del cálculo estándar del ozono total utilizada por la OMM para estos instrumentos, son utilizadas las constantes para la sección eficaz de absorción del ozono de Bass y Paur (1985). Actualmente, se encuentran disponibles nuevas mediciones más precisas de dicha constante, como los datos muy recientes obtenidos por un grupo de la Universidad de Bremen. Estas secciones eficaces de absorción de ozono halladas recientemente son más exactas y tienen un error estimado de alrededor del 2% (dependiendo de la región espectral). Estos nuevos datos que caracterizan la sección eficaz de absorción del ozono de Bremen, cubren un amplio rango espectral y logran reducir aún más la incertidumbre en la región del espectro del UV cercano en que trabaja el Dobson. Se espera que la OMM adopte un

cambio en el uso de esta constante para el cálculo del TO3 y entonces será necesario aplicar la nueva constante a los datos obtenidos tanto en la red local como a nivel global.

Además de lo expuesto anteriormente, existen otras variables en el cálculo del TO3, como ser la dependencia de la temperatura estratosférica considerada para el cálculo, el valor de la constante extraterrestre para cada instrumento, además del uso de las constantes de absorción eficaz para cada longitud de onda como ya se mencionó. En este caso nos abocaremos al seguimiento y rastreo de los datos analizando los cálculos elementales para cada observación, calibraciones y la aplicación de las correcciones por test de lámparas.

### 3. METODOLOGÍA

El Dobson mide la irradiancia solar directa en longitudes de onda cercanas al UV, su método de funcionamiento está bien documentado (Dobson y Normand, 1962; Komhyr y otros, 1989). Resumiendo, el instrumento mide las relaciones de intensidades de los pares de longitudes de onda seleccionados en la banda ultravioleta, atenuando la longitud de onda más intensa para que coincida con la intensidad del otro par.

Si se conocen los coeficientes de absorción de ozono atmosférico y las longitudes de onda, la cantidad total de ozono puede ser calculada a partir de la diferencia encontrada en las mediciones de intensidad de luz solar directa.

Para las observaciones de ozono efectuadas en un par único de longitudes de onda como el par A, C o D, la ecuación de cálculo de datos es:

$$X = \frac{[N - (\beta - \beta') \frac{m\mu}{P_0} - (\delta - \delta') \sec(SZA)]}{(\alpha - \alpha') \mu}$$

Donde:

$X$  = es la cantidad de ozono total expresada en Unidades Dobson;

$N = L_0 - L = \log(I_0 / I'_0) - \log(I / I')$ ;

$I_0$  y  $I'_0$  = representan las intensidades en longitudes de onda corta y larga, respectivamente, de la radiación solar fuera de la atmósfera;

$I$  y  $I'$  = Son las intensidades de la radiación solar en longitudes de onda corta y larga, medidas desde la superficie terrestre;

$\beta$  y  $\beta'$  = Son los coeficientes de dispersión (scattering) del aire en longitudes de onda corta y larga, respectivamente;

$m$  = es la razón entre el camino real y el vertical de la radiación solar a través de la atmósfera, considerando la refracción y la curvatura de la tierra: se llama Aeromasa;

$p$  = es la presión a nivel de la estación y  $p_0$  = presión media al nivel del mar;

$\delta$  y  $\delta'$  = Son coeficientes de dispersión debido a las partículas de aerosoles en las longitudes de onda corta y larga, respectivamente;

SZA = ángulo cenital del sol;

$\alpha$  y  $\alpha'$  = son los coeficientes de absorción del ozono en longitudes de onda corta y larga, respectivamente;

$\mu$  = Es la relación entre el camino real y la vertical de la radiación solar a través de la capa de ozono; considerando la altura media de la capa de ozono situada a 22 Km.

En la práctica las observaciones normalmente se realizan midiendo un par doble de longitudes de onda, por ejemplo: las longitudes de onda AD. Esto es para anular el efecto de la dispersión debido a los aerosoles ( $\delta - \delta'$ ). Por lo tanto, para las observaciones de ozono efectuadas en base de combinaciones de pares de longitudes de onda como es el caso para el par AD o CD, en la ecuación general se da por sentado que los términos ( $\delta - \delta'$ ) ( $\delta - \delta'$ ) se anulan en la sustracción y se igualan a cero. También se puede simplificar el cálculo usando solamente la presión media de la estación ( $p$ ) sin que el error sea significativo.

Resumiendo detalles y sin profundizar en la teoría del cálculo, se puede decir que el ozono total por medio de la técnica de Sol Directo (DS) se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$X = \text{TO}_3 = \frac{(N_a - N_d)}{\alpha \mu}$$

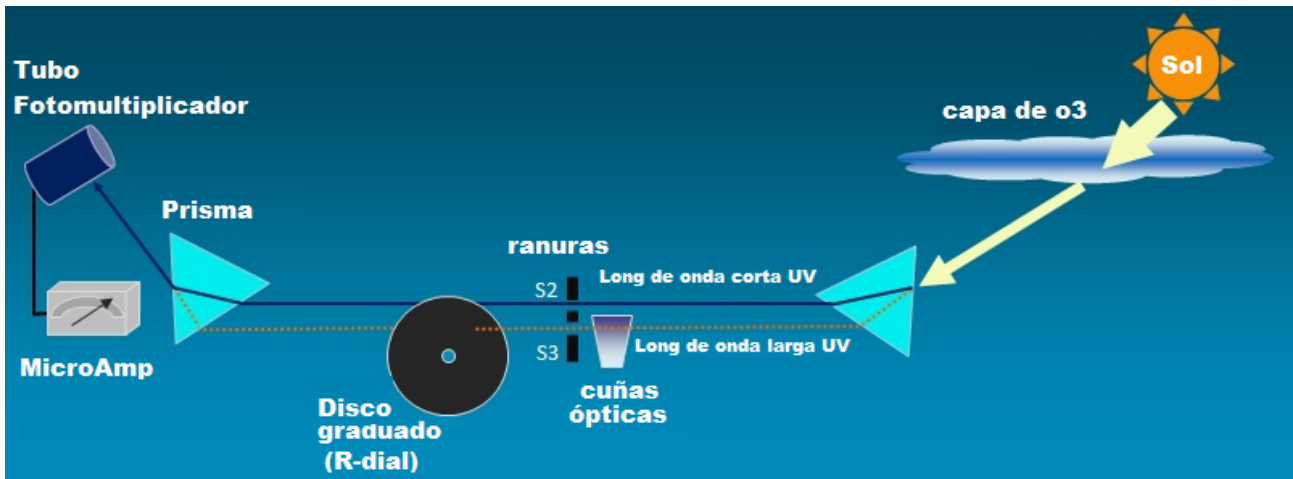
Donde N es el valor que se obtiene de la tabla RtoN de calibración de cuñas que cada instrumento posee, a partir de la lectura directa del disco R por parte del observador, para determinada longitud de onda. El término  $\alpha$  es la constante de absorción del ozono y  $\mu$  es una variable que se calcula y depende del ángulo solar, latitud y longitud y altura de la estación en el momento exacto de realizar la medida y debe ser calculado con precisión de 1 minuto.

La cantidad de ozono total también se puede deducir a partir de observaciones cenitales efectuadas con un cielo despejado o nublado. Los datos obtenidos a partir de las observaciones cenitales se calculan en base a curvas empíricas construidas para cada estación o también por medio de ecuaciones (polinomios) construidos en base a estadísticas que relacionan los valores de N,  $\mu$  y X de cada instrumento. Dichos diagramas o ecuaciones son calculados usando datos obtenidos de mediciones cuasi simultáneos a partir de observaciones DS y observaciones cenitales (ZB o ZC) con cielo despejado o nublado respectivamente.

Es por ello que es muy importante medir de manera inmediata una medida del tipo ZB a continuación inmediata de una medida DS, para poder ajustar los polinomios ZB & ZC para cada estación.

El método de medición consiste en tomar tres lecturas del disco R del par A y dos lecturas del par D utilizando la técnica de manejo descrita en el manual del Dobson. Promediando esos 5

valores, se incluye la hora y minuto exactos del momento de la observación y el software realiza los cálculos. Es importante tomar nota del estado nuboso, temperatura del instrumento y nombre del observador e incluirlos como metadatos.



*Fig. 1: Resumen esquemático del camino óptico que recorre la luz en el interior del espectrofotómetro de Dobson (Tomado del sitio web del Observatorio Aerológico de Japón).*

Un último paso es requerido antes de obtener el dato final: **corregir el valor del promedio diario con el valor de la última prueba mensual realizada de lámpara estándar (SL)**. Un resumen esquemático del camino recorrido por la luz dentro del espectrofotómetro puede verse en la Fig. 1.

Los valores históricos de las pruebas de lámpara estándar, datos y tablas RtoN de cada instrumento de la red se encuentran almacenados en el repositorio ftp del SMN así como también el registro mensual con los valores graficados de cada instrumento se encuentra disponible en archivos compartidos en Google Drive.

### 3.1 Calibraciones

El algoritmo utilizado para obtener los datos de TO3 requiere de la medición de la irradiancia de un cierto y determinado ancho de banda y de longitudes de onda centradas en la región del UV en la que trabaja el espectrofotómetro Dobson por medio de ranuras y lentes. Sin embargo, estos parámetros no son exactos para cada instrumento en particular, pero se parte de la suposición de que son iguales a los del Dobson de referencia mundial (D083).

La consistencia entre los instrumentos se mantiene en base a procedimientos de montaje y operación bien definidos, así como también en realizar comparaciones regulares midiendo AD-DS a la par del instrumento de referencia (OMM recomienda realizar estos ejercicios de comparaciones entre instrumentos cada 4 años).



Estas comparaciones directas sirven para caracterizar las funciones ópticas de cada instrumento (calibración de cuñas y confección de las Tablas RtoN), además ayudan a comprender las discrepancias y ofrecen una base metrológica para las mediciones de la columna de ozono total.

La calibración del Dobson consta de:

- (a) Control de la longitud de onda del instrumento: El instrumento debe alinearse ópticamente utilizando los parámetros descritos en el manual Dobson y Normand (1962) de modo que esté operando en las longitudes de onda correctas y el correcto ancho de banda.
- (b) Calibración del atenuador óptico: Este elemento relaciona la posición del atenuador (cuñas) con la diferencia en intensidad de luz que permite pasar a través de ellas. Se recomienda utilizar el método de "las dos lámparas" realizado por un experto.
- (c) Constante extraterrestre (ETC): La determinación de ETC puede ser realizada por el método Langley Plot, es decir, realizar mediciones durante la salida del sol o durante el poniente y luego se extrapolan los resultados al exterior de la atmósfera. El método del gráfico de Langley asume que la cantidad total de ozono en la atmósfera no cambia durante el tiempo que dure de la calibración. Esta experiencia debe realizarse en un sitio con cielo despejado, condición atmosférica estable y libre de aerosoles.
- (c) Además se recomiendan métodos de comparación directa contra un instrumento estándar o de referencia para la calibración del espectrofotómetro de ozono Dobson y evaluar el rendimiento con respecto al ángulo cenital del Sol con respecto al estándar.

Como resultado final de una intercomparación para observaciones del tipo ADDSGQP y en un rango de  $\mu$  entre 1.15 & 3.2, se espera que la diferencia promedio hallada entre cada instrumento y el de referencia sea del orden del 1% en el cálculo final del ozono total.

Las principales tareas de las inter-comparaciones son:

- ✓ Evaluar la calibración de cada instrumento y los conjuntos de datos de ozono total existentes.
- ✓ Reparar, limpiar y mejorar los instrumentos, según sea necesario.
- ✓ Redefinir nuevas tablas de calibración (cuando corresponda) para las futuras mediciones en cada estación de origen antes de devolver los instrumentos en buen estado de funcionamiento.
- ✓ Proporcionar el ámbito para realizar foros de instrucción para el correcto funcionamiento de los espectrofotómetros Dobson en las estaciones y compartir conocimientos sobre la gestión de un sistema adecuado para cumplir con el Programa de observación del ozono.

En cinco oportunidades fueron controlados y se caracterizaron los espectrofotómetros de la red Dobson en instalaciones del SMN (1999, 2003, 2006, 2010 y 2019), cuyos informes completos y análisis se encuentran en el repositorio ftp del SMN.

Las inter-comparaciones en las que participaron los Dobson de la red SMN fueron:

Año	Instrumento	Sitio
1977	D097	USA
1980	D097,D099	USA
1992	D099	USA
1995	D133	USA
1994	D097,D131	España
1998	D097	USA
1999	D097,D099,D131,D133	Bs.As
2003	D097,D099,D131,D133	Bs.As
2006	D097,D099,D131,D133	Bs.As
2010	D070,D097,D099,D133,D131	Bs.As
2013	D070	USA
2014	D097	Bs.As
2019	D070,D097,D099,D133,D131	Bs.As

A partir de estos ejercicios de inter-comparación se identificaron las causas de incertidumbres de las mediciones de la red. Esto también ha contribuido a una mayor posibilidad de comparación entre los datos producidos entre los instrumentos del SMN con las distintas redes mundiales dado que las intercomparaciones Dobson le dan una mayor certeza a las redes que miden el ozono total de la columna. Al introducir una mayor concordancia entre conjuntos de datos de los diferentes instrumentos y herramientas para confirmar el rendimiento in situ, los usuarios de los datos de ozono podrán tener una mayor confianza en las mediciones terrestres del ozono atmosférico.

Como ejemplo citaremos el principal instrumento de la red Argentina Dobson, el instrumento Automático D070, designado como referencia de OMM para la Región III y Caribe:

Calibración del D070:

Realizada en Set-Nov 2013      en Boulder, Colorado      Calibrador de Referencia: D083

Windobson PARA1310.070

RtoN1310.070

Valores de lámpara de Referencia

70J1: A\_14.3    C\_18.4 D\_19.9

70Q1:A\_13.0 C\_17.0 D\_18.4

70J3: A\_14.2 C\_18.3 D\_19.9

70J4: A\_14.2 C\_18.0 D\_20.0

70Q2:A\_10.3 C\_16.3 D\_16.9

70Q3:A\_10.3 C\_16.4 D\_17.1

Historia:

Este instrumento ha sido automatizado con el sistema Windobson y comenzó a operar en Buenos Aires en Dic 2010.

Condiciones iniciales:

Hg a 24.3 C 84.80

70J1 Test A\_14.5 N<sub>Aref</sub>\_14.3 0.2

Test C\_18.3 N<sub>Cref</sub>\_18.4 -0.1

Test D\_19.6 N<sub>Dref</sub>\_19.9 -0.3

70Q1 Test A\_13.1 N<sub>Aref</sub>\_13.0 0.1

Test C\_16.9 N<sub>Cref</sub>\_17.0 -0.1

Test D\_17.9 N<sub>Dref</sub>\_18.4 -0.5

70J3 Test A\_14.3 N<sub>Aref</sub>\_14.2 0.1

Test C\_18.1 N<sub>Cref</sub>\_18.3 -0.2

Test D\_19.2 N<sub>Dref</sub>\_19.9 -0.7

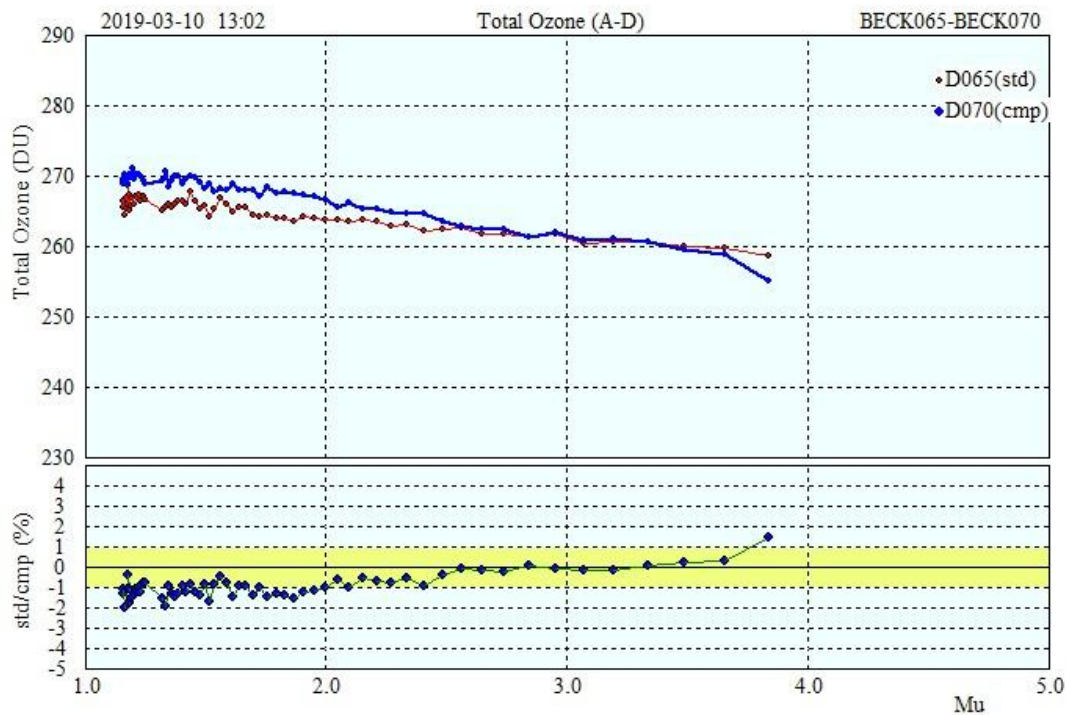
El test de simetría fue hecho en 2010 dando resultados satisfactorios.

Última Intercomparación: 10 Marzo 2019 Bs.As

(Las correcciones de Test de lámpara SL ya están incluidas)

d<sub>Na</sub>:-0.9 d<sub>Nc</sub>:-0.3 d<sub>Nd</sub>:-0.2 d<sub>Nad</sub>:-0.7

El valor de d<sub>Nad</sub> mostró un error del +1.0% en el valor de ozono total, (Mu=1 hasta 3, Ozono Total = 300 UD.)



**Fig. 2:** Cantidad de TO3 del instrumento de referencia vs. el D070 y error % entre ambos

#### Trabajos realizados:

- Limpieza de Óptica
- La operación de la palanca Q2 inicialmente era inestable. Este problema se corrigió ajustando la corriente del motor paso a paso.

Intercomparación Final: 18 Marzo 2019 Bs.As

No se detectó porcentaje de error luego de analizar los valores de la segunda IC.



**Fig. 3:** Cantidad de TO3 del instrumento de referencia vs. el D070 y error % entre ambos luego de la segunda comparación.

### 3.2 Metodología de seguimiento del dato

Para implementar la trazabilidad en los datos de TO3 obtenidos con los espectrofotómetros Dobson, se deben tener en cuenta aspectos tales como:

- 1.- Disponer de los datos crudos en formato digital junto con los metadatos correspondientes identificados por instrumento y por estación y tenerlos a disposición de los usuarios.
- 2.- Establecer e identificar al máximo detalle posible los metadatos donde estén descriptos los procesos históricos de calibración y las diferentes reparaciones y/o cambios que acontecieron a cada instrumento, al igual que la historia de los test de lámparas SL y HG.
- 3.- Analizar el corrimiento temporal o desvío de los valores de cada par de longitudes de onda (pares A, C y D) que han sido obtenidos de los controles que se le efectúan mensualmente a cada instrumento por medio de las diferentes lámparas estándar de cuarzo-iodo (SL) y de mercurio (Hg). Utilizar los resultados de cada control mensual de lámpara como información adicional para la corrección del dato final obtenido.
- 4.- Utilizar el mismo método de cálculo en cada estación (es importante utilizar la misma versión de software más actualizada).

5.- Comparar regularmente los resultados finales obtenidos de las observaciones de cada estación con otras fuentes de medición (ej. datos satelitales)

6.- Se recomienda preservar almacenadas en cada estación la totalidad de las planillas originales donde constan las anotaciones, tanto de observaciones, como así también de los test de lámparas y reparaciones históricas.

7. Digitalizar todo aquello que haya sido registrado de forma manual en planillas manuscritas donde además se debe identificar la identidad de cada observador. Clasificar dicha información ordenándolas por mes y año.

7.- Mantener la misma estructura de datos respetando estándares en los mensajes acordados. Esto implica que los datos e información adicional que se intercambian sean reconocibles en contenido, significado y formato, permitiendo que los sistemas informáticos puedan procesar dicha información de manera automática e inequívoca. Las estaciones de la red Dobson que deseen implementar trazabilidad, por definición, tienen que acordar qué tipo de datos serán intercambiados y la manera en que esos datos serán presentados.

Los datos de TO3 se informan con frecuencia diarios y mensuales. Algunas de las estructuras de los mensajes diarios son particularmente relevantes para la trazabilidad, deben incluir:

- aviso de la ventana horaria de realizadas las mediciones ( en UTC)
- aviso de la cantidad de mediciones incluidas en el promedio
- aviso del valor del desvío estándar correspondiente a dicho promedio
- medida que se realizó (par: AD, ACD, tipo de cielo: ZB, ZC o DS)
- nombre de la estación, ID del operador que realizó la tarea, numero de instrumento
- Incluir adjunto el archivo del mensaje CREX

El sistema de información en la estación asegura funciones tales como:

- Calcular y registrar la información de cada observación
- Almacenar los datos de: Lat. Long. Numero de instrumento, numero de estación, Año, Mes, Día, Hora, Minutos, valores de R-dial para cada par, valor de Mu, estado del cielo al momento de la observación, ID del operador, temperatura del instrumento, observaciones y el resultado final expresado en Unidades Dobson con su respectivo desvío estándar.
- Almacenar toda la información tanto manual como digital
- Cumplimiento ágil de solicitudes de consultas y fácil selección de datos para promedios diarios
- Análisis inicial de la información en forma de gráficos diarios y/o mensuales
- Almacenar los test de lámparas mensuales en formato planilla manual y digital
- Transmisión de información

El proceso para obtener el dato de TO3 atraviesa varios pasos desde que el instrumento es maniobrado por el observador hasta llegar al usuario final (ver Fig. 4). Esto significa que hacer un seguimiento de cada uno de los procesos y de la gente involucrada debe hacerse de manera minuciosa. En la actualidad, los diferentes procesos de cálculo ocurren de manera automática realizados por software, lo cual implica por parte del operador conocer el sistema de cálculo y sus variables para no incurrir en la propagación de errores. Algunos instrumentos utilizan métodos de registro y captura de datos automatizados y sofisticados mientras que otros aparatos continúan utilizando métodos manuales.

### Camino del dato TO3

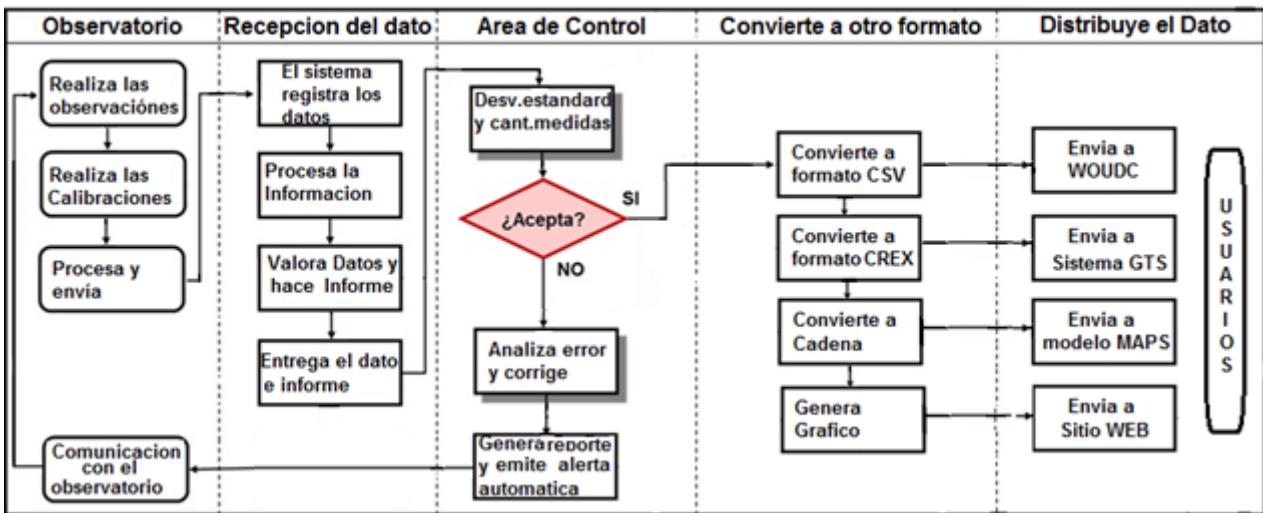


Fig. 4: Resumen esquemático del camino que debe recorrer el dato de TO3 adquirido por medio del espectrofotómetro de Dobson.

## 4. REGISTROS

A continuación una tabla que presenta un ejemplo del registro manual de resultados de mediciones diarias y otro ejemplo con la comprobación mensual de lámparas SL y Hg:

Formulario tipo, planilla de anotación de observaciones diarias (la Hora debe ser en UTC).

	<b>Estación XXXX <u>DNro.XX</u></b>				<b>Mes:</b>	<input type="text"/>	<b>Año:</b>
<b>Fecha</b>							
<b>Par A-C-D</b>							
<b>Sol-Cielo</b>							
<b>Ra <u>Rc</u> Ra</b>							
<b><u>Rd</u> <u>Rd</u> <u>Rc</u></b>							
<b>Ra <u>Rc</u> <u>Rd</u></b>							
<b><u>Rd</u> <u>Rd</u> <u>Rc</u></b>							
<b>Ra <u>Rc</u> Ra</b>							
<b>Hora Inicial</b>	:	:	:	:	:	:	:
<b>Hora Final</b>	:	:	:	:	:	:	:
<b>Hora Media</b>	:	:	:	:	:	:	:
<b><u>TempDobson</u></b>							
<b>O3 ( AD )</b>							
<b>O3 ( CD )</b>							
<b>Nubosidad</b>							
<b>Comentario</b>							
<b>Observador</b>							
<b>Fecha</b>							
<b>Par A-C-D</b>							
<b>Sol-Cielo</b>							
<b>Ra <u>Rc</u> Ra</b>							
<b><u>Rd</u> <u>Rd</u> <u>Rc</u></b>							
<b>Ra <u>Rc</u> <u>Rd</u></b>							
<b><u>Rd</u> <u>Rd</u> <u>Rc</u></b>							
<b>Ra <u>Rc</u> Ra</b>							
<b>Hora Inicial</b>	:	:	:	:	:	:	:
<b>Hora Final</b>	:	:	:	:	:	:	:
<b>Hora Media</b>	:	:	:	:	:	:	:
<b><u>TempDobson</u></b>							
<b>O3 ( AD )</b>							
<b>O3 ( CD )</b>							
<b>Nubosidad</b>							
<b>Comentario</b>							
<b>Observador</b>							



Formulario, planilla tipo para los controles mensuales de lámparas STD y Hg

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		page:					Instrument No.		99
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									

## 5. CONCLUSIONES

La necesidad de mejorar la caracterización y calibración de los instrumentos Dobson es constante y se intenta lograr basándose siempre en comparaciones con los instrumentos de referencia que hay disponibles en la red, con el fin de asegurar las mediciones de ozono total con el mayor nivel de confianza en toda la red mundial de observación. El objetivo es elevar la calidad del dato y lograr incertidumbres menores al 1% en la determinación de la columna de ozono total, entre otras cosas para poder utilizarse como conjuntos de datos de referencia para validar los gases traza troposféricos medidos por los satélites que intentan determinar de manera remota la contaminación troposférica.

De los resultados obtenidos en las verificaciones realizadas se concluye que los Dobson son instrumentos confiables para medir ozono total expresado en U.D. y tienen como ventajas frente a los demás equipos, su fácil manejo y su mayor estabilidad y repetitividad en los resultados de las medidas de ozono. Presentan, en general, unas incertidumbres menores que otros sistemas de medición de ozono, por lo que aún a pesar del prolongado tiempo que ya llevan funcionando, se continúa recomendando su uso, como así también el de los instrumentos de referencia que se utilizan para transferir los resultados de inter-comparaciones entre instrumentos.

Por lo tanto, es importante centrar esfuerzos en homogeneizar los procedimientos de medida, calibración y tratamiento de los datos. Disponer de una red de instrumentos de medida en tierra operando bajo protocolos comunes de mantenimiento, tratamiento de datos y calibraciones, sujetos a patrones de referencia, es fundamental para el estudio de la evolución de la capa de ozono en los diferentes puntos de medida, así como en los puntos de referencia necesarios para la calibración para así conseguir mejorar la calidad de los datos de ozono total y garantizar la trazabilidad de los mismos, ya que esta metodología permite obtener mejores resultados de calibración y calcular la incertidumbre de análisis de los patrones transferidos que se utilizan para mantener activos los instrumentos de ozono de la red de vigilancia atmosférica global.

## 6. REFERENCIAS

Bass, A. M., R. J. Paur, 1985: The Ultraviolet Cross-Sections of Ozone: I. The Measurements, In Atmospheric Ozone, Springer, Netherlands, 606–610, doi:10.1007/978-94-009-5313-0\_120

Dobson, G. M. B., C. W. B. Normand, 1962: Determination of the constants etc. used in the calculation of the amount of ozone from spectrophotometer measurements and of the accuracy of the results, *ibid.*, XVI, Part II, 161-191, Pergamon Press.

Komhyr W. D., 1980: Operations handbook - ozone observations with a Dobson spectrophotometer. World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project.

## Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía ([rdelia@smn.gov.ar](mailto:rdelia@smn.gov.ar)), Luciano Vidal ([lvidal@smn.gov.ar](mailto:lvidal@smn.gov.ar)) o Martín Rugna ([mrugna@smn.gov.ar](mailto:mrugna@smn.gov.ar)) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo ([macevedo@smn.gov.ar](mailto:macevedo@smn.gov.ar)).