

# AMPLIACIÓN DEL INTERVALO DE TRABAJO DEL PATRÓN PRIMARIO DE FLUJO RADIANTE

J. C. Molina, Juan José Soto Bernal\*, Hector A. Castillo M y Rosario Gonzalez\*  
 Centro Nacional de Metrología, km 4.5 carretera a los Cués, El Marqués, Qro. México.  
 \* Instituto Tecnológico de Aguascalientes (ITA), Av. Adolfo López Mateos #1801 Ote.  
 Fracc. Bona Gens, C.P. 20256. Aguascalientes, Ags., México.

**Resumen:** La exactitud de la medición en potencia óptica con el radiómetro criogénico depende principalmente de una adecuada caracterización de la absorción de la cavidad y de la transmitancia de la ventana de Brewster. En este trabajo se presentan los sistemas establecidos en CENAM para la medición de la transmitancia de la ventana de Brewster y la absorbancia de la cavidad así como los resultados obtenidos en la medición de potencia óptica nominal a 100  $\mu\text{W}$  con una incertidumbre de 0.019 % ( $k=2$ ) empleando fuentes láser He-Ne y Ar-Kr.

## 1. INTRODUCCIÓN

El origen de la trazabilidad en mediciones de potencia óptica en nuestro país, se encuentra en el patrón primario de flujo radiante establecido y mantenido en el laboratorio del radiómetro criogénico de la dirección de óptica y radiometría del Centro Nacional de Metrología (CENAM) [1]. El principio de medición para potencia óptica empleado en el CENAM es el de sustitución eléctrica. Este método permite alcanzar las incertidumbres más bajas usando un radiómetro criogénico [2]. Un radiómetro criogénico es básicamente un comparador de potencia óptica y potencia eléctrica que permite realizar la unidad del watt ("óptico") y por medio de este instrumento se calibra usualmente a una longitud de onda de referencia  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$  la responsividad de varios detectores de trampa como patrón secundario [1].

La exactitud de la potencia óptica medida por el radiómetro criogénico depende de la medición de los parámetros eléctricos, una adecuada caracterización de la transmitancia de la ventana de Brewster por donde ingresa el haz láser ( $\tau$ ) y la absorbancia de la cavidad ( $\alpha$ ), de tal forma que el flujo radiante ( $\Phi$ ) es;

$$\Phi = \frac{\Delta P_{el}}{\tau \cdot \alpha} \quad (1)$$

dónde  $\Delta P_{el}$  = potencia eléctrica indicada por el radiómetro (W),  $\tau$  = transmitancia de la ventana de Brewster y  $\alpha$  = absorbancia de la cavidad [1].

En este trabajo se presenta la metodología empleada en el laboratorio del radiómetro criogénico del CENAM para realizar la ampliación del intervalo

espectral de trabajo del patrón primario de potencia óptica.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA CAVIDAD DEL RADIÓMETRO CRIOGÉNICO

La absorbancia de la cavidad se determina a partir de la reflectancia difusa  $\rho$ , empleando la relación  $\alpha = 1 - \rho$  [3]. La medición de la reflectancia difusa se realiza empleando una cavidad similar a la empleada en el radiómetro criogénico para realizar las pruebas de absorbancia fuera del instrumento, también se emplea una esfera de integración, un patrón blanco y un fotodetector [3].

El método consiste básicamente en la comparación de la reflectancia difusa del patrón y la cavidad del radiómetro medida con un fotodetector de área adecuada. La reflectancia de la cavidad  $\rho_c$  está dada por la siguiente ecuación:

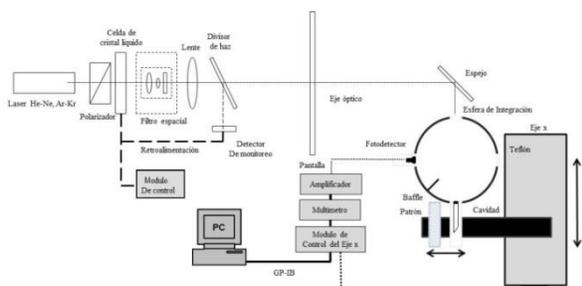
$$\rho_c = \frac{S_c - S_o}{S_s - S_o} \cdot \frac{\rho_s}{\delta} \quad (2)$$

Donde  $\rho_s$  es la reflectancia del patrón,  $S_s$  señal del fotodetector al colocar el patrón,  $S_c$  señal del fotodetector al colocar la cavidad,  $S_o$  señal del fotodetector en ausencia de patrón o cavidad y  $\delta$  es el factor de corrección debido a cambios geométricos en la esfera de integración durante el proceso de medición [3].

El sistema de medición de reflectancia de la cavidad incluye los subsistemas de posicionamiento en un eje, de estabilización de la potencia del haz láser, filtrado espacial del haz y el sistema de mediciones

eléctricas [3]. La figura 1 muestra un esquema de este sistema de medición.

Como fuente de radiación se empleó un láser He-Ne a 632.8 nm y un láser Ar-Kr a 476 nm, 488 nm, 520 nm, 568 nm y 676 nm, ambos láseres estabilizados en potencia óptica.



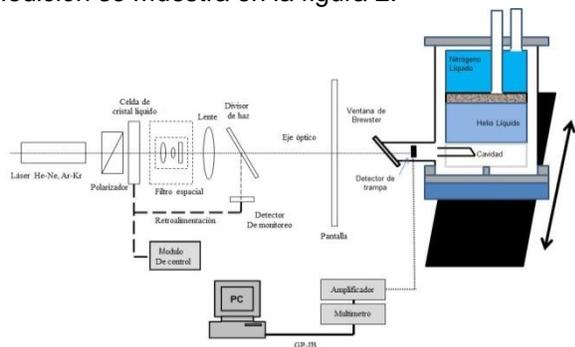
**Fig. 1.** Sistema de medición de la reflectancia espectral de la cavidad del radiómetro criogénico.

**2.2 MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA TRANSMITANCIA DE LA VENTANA DE BREWSTER DEL RADIÓMETRO CRIOGÉNICO.**

El método de medición consiste en la determinación de la transmitancia ( $\tau$ ) a partir de la razón entre el flujo radiante transmitido a través de la ventana de Brewster con respecto al flujo incidente [4]. Y está dada por la siguiente ecuación [4]:

$$\tau = \frac{S_t}{S_i} \tag{3}$$

Donde  $S_t$  señal del detector de trampa cuando la luz es transmitida por la ventana y  $S_i$  Señal del detector de trampa en ausencia de la ventana. El sistema de medición se muestra en la figura 2.

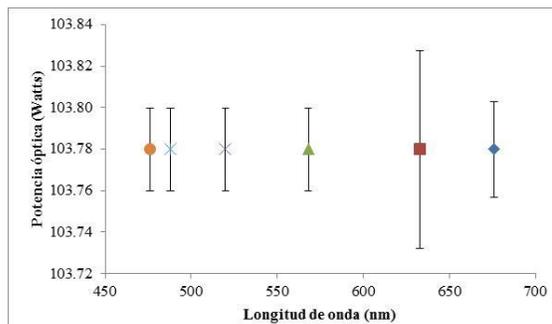


**Fig. 2.** Sistema de medición de la transmitancia espectral de la ventana de Brewster.

El sistema emplea como fuente de radiación un láser He-Ne y láser un Ar-Kr, el láser es estabilizado

en potencia con un sistema similar al empleado en las mediciones de la cavidad del radiómetro criogénico y para las mismas líneas de longitud de onda de referencia [4].

**3. RESULTADOS**



**Fig. 3.** Mediciones en potencia óptica para las líneas de referencia (nm) de 476 nm, 488 nm, 520 nm, 568 nm 632.8 nm y 676 nm.

**4. CONCLUSIONES**

Los sistemas de referencia presentados en este trabajo han permitido realizar mediciones con el radiómetro criogénico empleando un mayor número de longitudes de onda de referencia con una incertidumbre que va de 0.019% a 0.046%, con  $k=2$  de la potencia medida. La variación en la incertidumbre fue causada por variaciones de la potencia óptica de cada fuente láser.

**REFERENCIAS**

- [1] Mediciones de alta exactitud en potencia óptica y su impacto en las necesidades metrologías del país, J. C. Molina, J. C. Bermúdez, Jorge A. Huerta- Ruelas, Hector A. Castillo. Congreso internacional de investigación Academia Journals, Celaya Gto, México, Noviembre, (2012).
- [2] C. C. Hoyt, P. V. Foukal, Metrologia 28 (1991), 163-167.
- [3] Electrical substitution radiometer cavity absorptance measurement, JC Molina, Juan Jose Soto Bernal, Rosario Gonzalez. Measurement, 64:89-93, 2015.
- [4] Establecimiento del sistema de medición de la transmitancia de la ventana de Brewster del patrón primario de potencia óptica (CNM-PNF-12), J.C. Molina, Juan José Soto Bernal, Hector A. Castillo M y Rosario Gonzalez. Congreso Academia Journals Celaya-2014.