

Opacidad

Una aplicación ambiental de la espectrofotometría

En esta edición presentamos el tema referente a la magnitud de opacidad, contemplando:

- Conceptos básicos;
- Principio de medición;
- Materiales de referencia que se utilizan en la calibración opacímetros;
- Trazabilidad de la medición de opacidad, y
- Normatividad existente.

INTRODUCCIÓN

La medición de la opacidad tiene una aplicación de gran importancia en materia ambiental, ya que está referida a la evaluación de emisión de gases a la atmósfera generados por la combustión de diesel en algunos vehículos que circulan en el país.

En los Centros de Verificación Vehicular se emplean opacímetros como instrumentos de medición, que deben cumplir ciertas características físicas y ópticas, así como el requisito de calibración.

Actualmente se tiene la normatividad que rige los niveles máximos permisibles de opacidad, a los cuales deben de apegarse los Laboratorios de Calibración y Unidades de Verificación autorizados, para asegurar resultados confiables en la medición de la opacidad.

Somos su Relevo a la Calidad

La Guía MetAs, es el boletín periódico de MetAs & Metrólogos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan noticias de la metrología, artículos e información técnica seleccionada por los colaboradores de MetAs & Metrólogos Asociados, que deseamos compartir con nuestros colegas, usuarios, clientes, amigos y con todos aquellos relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro
49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 14 69 12 con tres líneas
E-mail: laguiametas@metas.com.mx. Web: www.metas.com.mx



Servicios Metroológicos:

Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad, Volumen y Óptica

Ingeniería:

Selección de Equipos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

Gestión Metroológica:

Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metroológica

Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

CONCEPTOS BÁSICOS

Conceptos básicos relacionados con la magnitud de opacidad, referidos en la norma oficial mexicana NOM-045-SEMARNAT (2006).

Opacidad

Es la condición en la cual una materia impide parcial o totalmente el paso del haz de luz.

Opacímetros

Son analizadores de humos de cámara cerrada que funcionan bajo el procedimiento de muestreo de descargas parciales utilizados en los Programas de Verificación Vehicular y de acuerdo a lo indicado en la norma técnica vigente.

Tienen dos escalas de medición: Una de ellas en unidades de absorción de luz expresado en m^{-1} y la otra lineal de 0 % a 100 % de opacidad, ambas escalas de medición se extienden desde cero con el flujo total de luz hasta el valor máximo de la escala con obscurecimiento total.

Transmitancia

Es la fracción de una luz emitida desde un emisor y que llega al receptor.

Coefficiente de absorción de luz

Es el coeficiente de absorción de una columna diferencial de gas de escape a la presión atmosférica y a una temperatura de 70 °C (grados Celsius) expresado en m^{-1} (metros a la menos uno).

Humo de diesel

Es el residuo resultante de una combustión, compuesto en su mayoría de carbón, cenizas y de partículas visibles en el ambiente.

Unidad de verificación

Es la persona física o moral, acreditada y aprobada por la autoridad competente, que opera un centro de verificación de emisiones vehiculares en los que se realiza la evaluación de la conformidad de la presente Norma, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Programa de Verificación Vehicular.

Opacidad =
 $1/(\text{transmitancia})$



Opacímetro portátil.

Ley de Beer Lambert

Es una ecuación matemática que describe las relaciones entre el coeficiente de absorción de luz, los parámetros de transmitancia y la longitud efectiva, debido a que el coeficiente de absorción de luz no puede ser medido directamente.

$$\phi = \phi_o \cdot e^{-KL}$$

donde:

L = Longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra de gas;

ϕ_o = Flujo incidente;

ϕ = Flujo emergente;

K = Coeficiente de absorción de luz.

Ley de Beer descubierta independientemente y de distintas maneras por:

Pierre Bouguer,
en 1729,

Johann H. Lambert,
en 1760,

August Beer,
en 1852.

PRINCIPIO DE MEDICIÓN

El principio de medición por el cual se determina la opacidad de un material, es la **transmitancia (τ)**, que se define como el proceso físico por el cual la energía radiante que incide sobre una superficie es parcialmente transmitida, sin cambio en la frecuencia; es expresada como una relación del cociente de la energía radiante incidente y la energía radiante transmitida. (CIE 17.4. 1987) según lo indica la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{\phi_1}{\phi_0}$$

donde:

ϕ_1 = Energía radiante transmitida;

ϕ_0 = Energía radiante incidente.

Nota: Se considera el símbolo ϕ como energía radiante o flujo de energía.

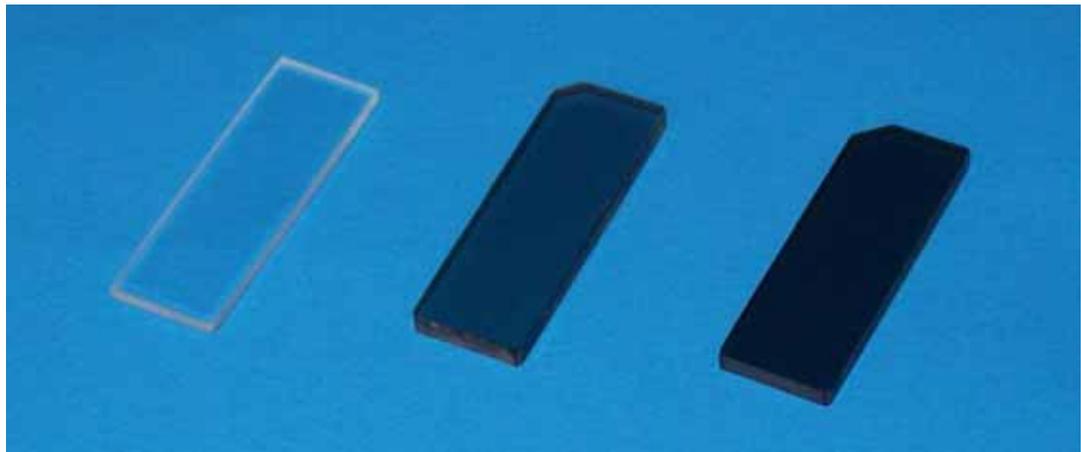
MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS (MRC) PARA LA CALIBRACIÓN DE OPACÍMETROS

Los MRC son filtros de opacidad, grises (filtros translúcidos) o de reflexión (filtros tipo espejo), con valores nominales entre 0% y 100% de opacidad que cubren el mayor alcance de la escala del opacímetro.

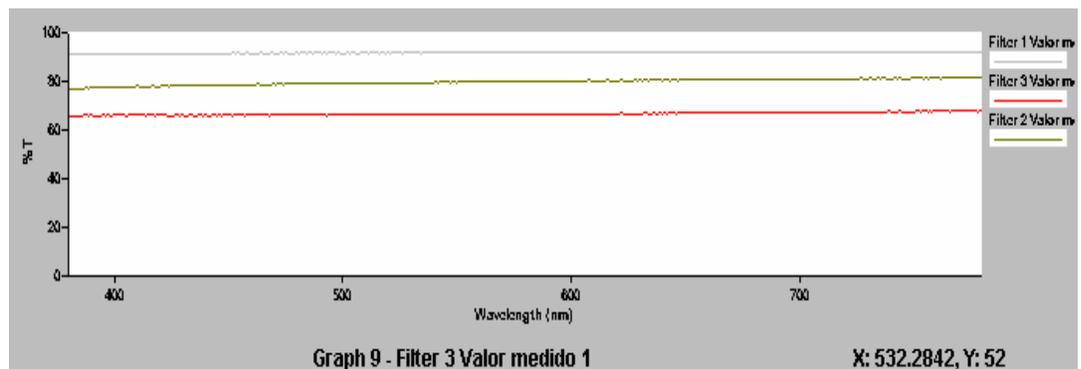
Las características de los MRC son:

- Dimensiones adecuadas según el tipo de opacímetro;
- Respuesta espectral neutra en la región visible del espectro electromagnético (380...780 nm) (CIE 17.4. 1987);
- Valores discretos a diferentes niveles de opacidad;
- Trazables al patrón nacional de transmitancia (τ), absorbancia (α) y reflectancia espectrales;
- La transmitancia y opacidad de cada filtro expresada en unidades lineales deben ser conocida en todas las longitudes de onda entre 430...680 nm;
- La incertidumbre expandida de cada filtro (con un factor de cobertura $k = 2$) expresado en unidades lineales y con un nivel de confianza de aproximadamente 95 % no debe exceder de dos unidades en la escala lineal. (No deberán usarse filtros con una opacidad arriba de 80 %) (NOM-045-SEMARNAT. 2006).

Patrones de
Referencia
para
Opacidad
=
Filtros (MRC)



MRC, filtros de opacidad rectangulares. 10 %, 50 % y 70 %.



Respuesta espectral medida (transmitancia versus longitud de onda) de filtros de opacidad.

CALIBRACIÓN DE UN OPACÍMETRO

La calibración de un opacímetro se realiza por el método de comparación que consiste en conocer la diferencia entre un valor medido y un valor de referencia (valor verdadero) de un patrón de referencia (MRC) que en este caso son los filtros de opacidad.

La calibración debe utilizar cuatro filtros de opacidad con una diferencia de por lo menos 15 unidades uno del otro.

El intervalo típico de medición de opacidad instrumental es entre 0 % y 100 % en la región visible del espectro electromagnético. Sin embargo, con el uso de los Materiales de Referencia Certificados, MRC, se establecen los niveles de opacidad en los intervalos de medición máximos y mínimos, dentro de las cuales se atribuye razonablemente los valores que cubren de manera experimental el intervalo total de un opacímetro.

Consideraciones técnicas para la calibración de un opacímetro

Existen algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta para la calibración de un opacímetro de acuerdo a lo siguiente:

Para la calibración de un opacímetro deberá considerarse el diseño y longitud de cámara, ya que es muy importante determinar la trayectoria del haz de luz dentro de la cámara del instrumento, motivo por el cual debemos conocer el coeficiente de absorción de luz (K) y el camino óptico. Tales consideraciones son fundamentales debido a que en el mercado existen diferentes diseños de instrumentos y se deberá contar con los conocimientos para trabajar y u o calibrar los instrumentos haciendo uso correcto de sus características de diseño.

El coeficiente K de absorción de luz se obtiene de la Ley de Beer-Lambert (NOM-045-SEMARNAT-2006).

$$K = \frac{-1 \cdot \ln(1 - N)}{L \cdot 100}$$

Cuando:

$$N = 100\% - \tau$$

donde:

K = Coeficiente de absorción de luz;

N = Opacidad;

τ = Transmitancia;

L = Longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra de gas.

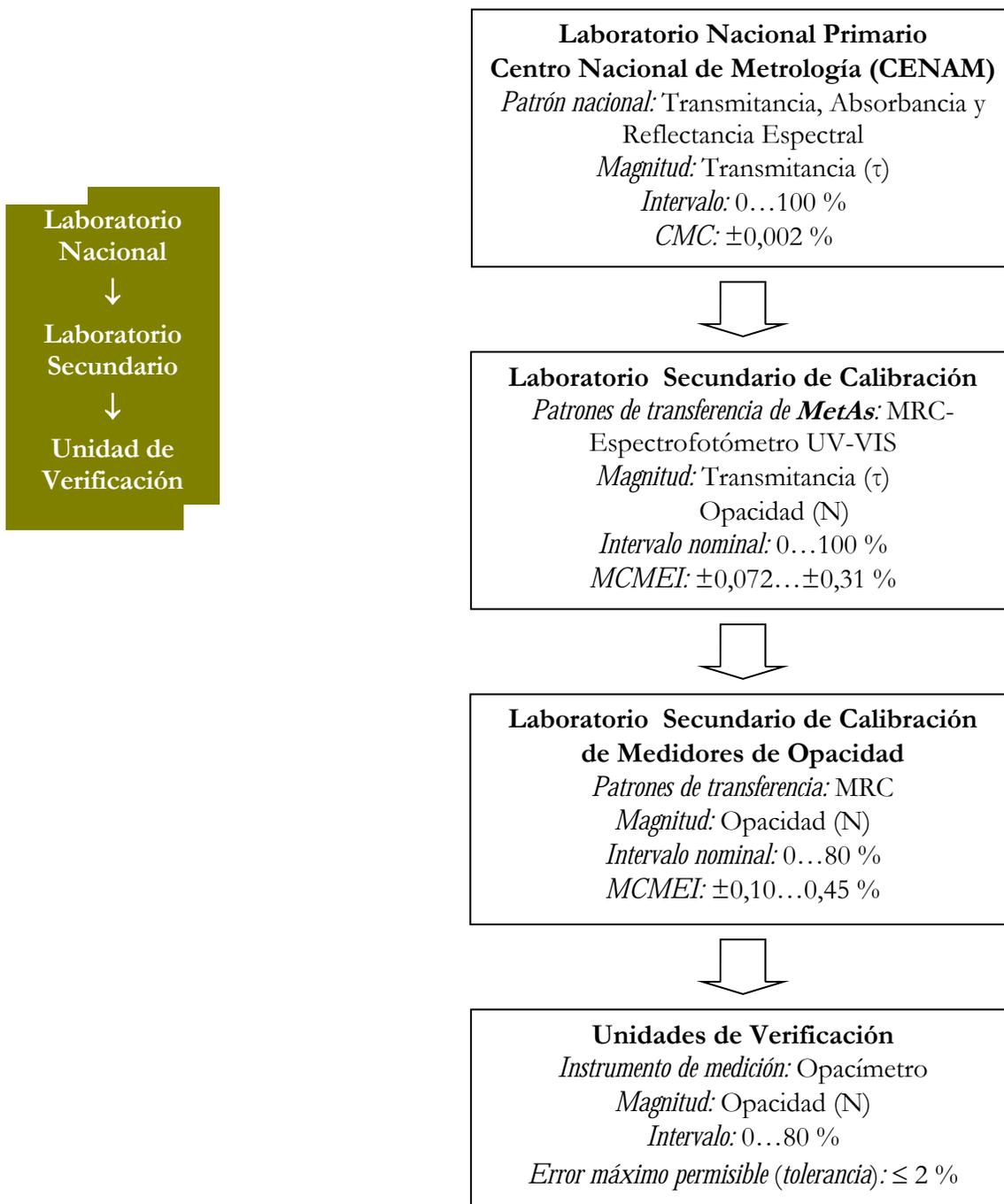
$K =$
Coeficiente de
Absorción de
Luz

TRAZABILIDAD

La trazabilidad de una medición de opacidad se obtiene a través de los valores certificados en transmitancia y opacidad de los Materiales de Referencia caracterizados por un laboratorio acreditado como **MetAs & Metrólogos Asociados** que cuente con el sistema de referencia de espectrofotometría Ultravioleta-Visible de alta exactitud.

La opacidad es una magnitud derivada y se representa con base a la transmitancia (τ) de acuerdo al Sistema Internacional (SI). Para asegurar la confiabilidad, uniformidad y consistencia de los criterios técnicos en la evaluación, de la trazabilidad y la incertidumbre en las mediciones de opacidad. La unidad es 1 y el símbolo es N.

Representación de carta de trazabilidad en opacidad



NORMATIVIDAD

La normatividad vigente que aplica para la medición de la opacidad es la norma: NOM-045-SEMARNAT-2006.

Su cumplimiento es obligatorio para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, unidades de verificación y autoridades competentes.

Dentro de esta Norma Oficial Mexicana se encuentran los siguientes puntos:

- Los límites máximos permisibles de opacidad;
- El procedimiento de prueba;
- Las especificaciones del equipo de medición;
- Calibración de un opacímetro;
- Evaluación de la conformidad.

CONCLUSIONES

La opacidad (mensurando) es una magnitud derivada de la transmitancia (τ)

Un material presenta opacidad cuando no deja pasar la luz visible en proporción apreciable. Es una propiedad óptica de la materia, que tiene diversos grados y características.

Aplicada a la atmósfera la opacidad implica reducción de visibilidad.

Los opacímetros se utilizan para cuantificar la emisión de gases a la atmósfera provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible; para su calibración requiere de filtros de opacidad Materiales de Referencia Certificados trazables al Patrón Nacional de Transmitancia (τ), caracterizados por un laboratorio de calibración acreditado en los términos que marca la ley Federal de Metrología y Normalización.

Existe en el país una necesidad de controlar las emisiones de gases a la atmósfera y se ha promovido a través de las dependencias oficiales las normativas que regulan los límites de emisión de gases, que actualmente esta contenida en la norma técnica vigente: NOM-045-SEMARNAT-2006 que establece las características de los equipos analizadores de humos para la verificación vehicular y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan Diesel como combustible.

El Laboratorio de **Metrología Óptica de MetAs & Metrólogos Asociados** cuenta con el Sistema de Referencia de Espectrofotometría Ultravioleta-Visible de alta exactitud, trazable al Patrón Nacional de Transmitancia, Absorbancia y Reflectancia espectrales, y ofrece servicios de medición de Materiales de Referencia en la magnitud de opacidad.

SEMARNAT

Secretaría de
Medio Ambiente
y Recursos
Naturales

REFERENCIAS

CENAM-EMA. (2004). Guía Técnica de Trazabilidad e Incertidumbre en la Calibración de Opacímetros. CENAM, Centro Nacional de Metrología. EMA, Entidad Mexicana de Acreditación. México. Abril de 2004.

CIE 17.4. (1987). International Lighting Vocabulary. International Commission on Illumination. www.cie.co.at.

http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Beer-Lambert

Nava, J. Pezet, F. Mendoza, J. y Hernández, I. (1998). El Sistema Internacional de Unidades (SI). CENAM, Centro Nacional de Metrología. Publicación Técnica CNM-MMM-PT-003. Querétaro, Qro. México.

NMX-Z-055. (1996). IMNC Metrología – Vocabulario de términos fundamentales y generales; equivalente al Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993.

NOM-045-SEMARNAT-2006. (2006). Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. Norma Oficial Mexicana. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

CIE

International
Commission
on Illumination