



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

**PROYECTO DE NORMA MEXICANA**

**PROY-NMX-W-139-SCFI-2016**

**(Cancelaré la NMX-W-139-1986)**

**ALUMINIO Y SUS ALEACIONES – ANODIZADO -  
MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE  
REFLECTANCIA DE LA SUPERFICIE DE ALUMINIO  
UTILIZANDO UN GONIOFOTÓMETRO O UN  
GONIOFOTÓMETRO REDUCIDO**

ALUMINUM AND ITS ALLOYS- ANODIZING – MEASUREMENT  
OF REFLECTANCE CHARACTERISTICS OF ALUMINUM  
SURFACES USING GONIOPHOTOMETER OR AN ABRIDGED  
GONIOPHOTOMETER



## **PREFACIO**

Con el objetivo de proveer las herramientas normativas correspondientes a las diferentes y muy diversas ramas de la industria del aluminio en México, el Comité Técnico de Normalización Nacional del Aluminio y sus Aleaciones (CTNNAA) ha preparado y revisado el presente Proyecto de Norma Mexicana, con la participación de las siguientes empresas e instituciones:

- ALMEXA ALUMINIO S.A. DE C.V.
  
- ALUMINICASTE FUNDICIÓN DE MÉXICO S.A. DE C.V.
  
- ANODIZADOS ESPECIALIZADOS S.A DE C.V.
  
- CINVESTAV - IPN UNIDAD QUERÉTARO
  
- CUPRUM S.A. DE C.V.
  
- ELECTROACABADOS DE MÉXICO S.A. DE C.V.
  
- GRUPO VASCONIA S.A.B.
  
- INSTITUTO DEL ALUMINIO A. C.
  
- MARUBENI MÉXICO S.A. DE C.V.
  
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



El presente Proyecto de Norma Mexicana ha sido redactado y estructurado según lo especificado en las normas NMX-Z-013-SCFI-2015 y NMX-Z-021/1-SCFI-2015.

Este Proyecto cancela y sustituye la norma NMX-W-139-1986, misma que se ha vuelto técnicamente obsoleta debido a los desarrollos técnicos internacionales.

Se hace notar la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Tanto el Comité Técnico como las empresas participantes en el desarrollo de este Proyecto y la Dirección General de Normas no se hacen responsables por la identificación, o no, de cualquiera o todos estos derechos de patente.

Se invita a los receptores de este Proyecto a enviar, junto con sus observaciones, una notificación sobre cualquier derecho de patente correspondiente del que tengan conocimiento y a proporcionar los documentos de soporte.

La Norma Internacional ISO 7759:2010 *Anodizing of aluminium and its alloys — Measurement of reflectance characteristics of aluminium surfaces using a goniophotometer or an abridged goniophotometer*, es adoptada por su traducción, con modificaciones nacionales, como Proyecto de Norma Mexicana con el número de referencia PROY-NMX-W-139-SCFI-2016.

En este Proyecto de norma, se han efectuado algunas modificaciones debido a los requisitos legales nacionales y las necesidades particulares de la industria nacional. Estas desviaciones técnicas e información adicional, se ha añadido directamente a los capítulos a que se refieren, y se caracterizan por estar enmarcadas en un cuadro y tener el título "Desviación nacional" o "Nota explicativa nacional". Véase el apartado de Concordancia con Normas Internacionales para detalles de las modificaciones y su identificación dentro del texto.

El cambio de título de este Proyecto con respecto a la Norma Internacional se realiza para alinearlo con otras normas desarrolladas por el mismo Comité.

Los cambios editoriales y de redacción provienen de la interpretación y traducción de la Norma Internacional en la que está basado y/o se realizan con el objetivo de cumplir las disposiciones contenidas en las normas NMX-Z-013-SCFI-2015 y NMX-Z-021/1-SCFI-2015, y no representan una modificación al contenido técnico de la norma a menos que se especifique lo contrario.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Número y nombre del capítulo</b>		<b>Página</b>
<b>0</b>	Introducción	1
<b>1</b>	Objetivo y campo de aplicación	2
<b>2</b>	Referencias	2
<b>3</b>	Términos y definiciones	2
<b>4</b>	Principio	3
<b>5</b>	Aparatos y Equipo	4
<b>6</b>	Preparación y calibración del aparato	7
6.1	Condiciones generales	7
6.2	Condiciones geométricas	7
6.3	Condiciones espectrales	8
6.4	Calibración	8
<b>7</b>	Procedimiento	8
<b>8</b>	Expresión de resultados	8
8.1	Generalidades	8
8.2	Reflectancia especular	9
8.3	Claridad de la imagen reflejada	9
8.4	Bruma de ángulo estrecho	9
8.5	Bruma de ángulo amplio	9
8.6	Difusividad	9
8.7	Direccionalidad	9

## ÍNDICE DE CONTENIDO (CONTINÚA)

<b>Número y nombre del capítulo</b>	<b>Página</b>
<b>9</b> Informe de la prueba	9
<b>10</b> Concordancia con Normas Internacionales	10
Apéndice A (Informativo) Precisión y exactitud de los goniofotómetros	11
<b>11</b> Bibliografía	12
<b>Tablas:</b>	
Tabla 1.- Las dimensiones de la imagen de espejo de la fuente de ranura y de las ventanas de recepción medidos en el mismo plano.	4
Tabla A.1 – Coeficientes de correlación de Spearman para la nitidez de imagen reflejada y la brumosis cuando se comparan diferentes instrumentos.	11
Tabla A.2 Los datos de reproducibilidad del instrumento.	12



## **PROYECTO DE NORMA MEXICANA**

### **PROY-NMX-W-139-SCFI-2016**

#### **ALUMINIO Y SUS ALEACIONES – ANODIZADO - MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE REFLECTANCIA DE LA SUPERFICIE DE ALUMINIO UTILIZANDO UN GONIOFOTÓMETRO O UN GONIOFOTÓMETRO REDUCIDO.**

**ALUMINUM AND ITS ALLOYS- ANODIZING – MEASUREMENT  
OF REFLECTANCE CHARACTERISTICS OF ALUMINUM  
SURFACES USING GONIOPHOTOMETER OR AN ABRIDGED  
GONIOPHOTOMETER**

#### **0 INTRODUCCIÓN**

La apariencia visual de los acabados metálicos es importante en el comercio de metales para usos automotrices, arquitectónicos y otros usos en los que estos metales se someten a procesos especiales de acabado para producir la apariencia deseada. Para productos finales que utilizan dichos acabados en metales, es importante que las piezas unidas tengan la misma apariencia. La reflectancia especular es una de las propiedades medidas, pero mediciones adicionales suelen ser necesarias para identificar adecuadamente la apariencia de cualquier superficie de metal. En el método descrito en este Proyecto de Norma Mexicana, varios aspectos importantes de la apariencia superficial se identifican y se pueden medir.

Esas superficies que tienen conjuntos idénticos de números normalmente tienen las mismas características de reflectancia y la misma apariencia (para información adicional sobre el tema, ver los Capítulos de Referencias y Bibliografía).

## **1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Este Proyecto de Norma Mexicana especifica un método para la medición de las características de reflectancia de las superficies de aluminio anodizado de alto brillo.

El método descrito también es adecuado para la medición de las características de reflectancia de las otras superficies de metal de alto brillo.

El método no es aplicable para superficies metálicas con acabado difuso y no mide el color.

## **2 REFERENCIAS**

Para la correcta aplicación de este Proyecto de Norma se deben consultar las siguientes normas vigentes o las que las sustituyan:

**2.1** CIE 38:1977, *Radiometric and Photometric Characteristics of Materials and Their Measurement*; enero 1977

## **3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

Para los efectos del presente Proyecto de Norma, se establecen los términos y definiciones siguientes:

### **3.1 goniofotómetro**

Instrumento en el que las muestras se pueden iluminar en ángulos seleccionados de incidencia y en el cual se puede medir la luz reflejada en diferentes direcciones.

### 3.2 goniofotómetro simplificado o reducido

Goniofotómetro que tiene un ángulo fijo de incidencia y dirección(es) fija(s) específica(s) en la que se mide la luz reflejada por la muestra.

**Nota.-** El instrumento descrito en el presente Proyecto de norma, utiliza un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  y direcciones para la medición de la luz reflejada de  $-30^\circ$ ,  $-30^\circ \pm 0,3^\circ$ ,  $-30^\circ \pm 2^\circ$ ,  $-30^\circ \pm 5^\circ$  y  $-45^\circ$ , aunque en algunos instrumentos se pueden medir sólo en un lado del ángulo de  $30^\circ$ .

## 4 PRINCIPIO

**4.1** La apariencia visual de una superficie de aluminio anodizado se caracteriza por medio de seis propiedades diferentes (ver 4.2 a 4.7) de la luz reflejada procedente de una fuente de un estrecho haz incidente en un ángulo de  $30^\circ$ .

**4.2** La reflectancia espectacular,  $R_s$ , se mide a  $30^\circ$  de la normal de la muestra usando la fuente y ángulos del campo receptor estrechos ( $0,50^\circ$  de ancho máximo en el plano del ángulo de reflexión).

**4.3** La distinguibilidad de la imagen reflejada,  $R_i$ , se determina a partir de la ligereza de la reflectancia especular ( $R_{30\pm 0.3}$ ) medida a  $29,7^\circ$  y  $30,3^\circ$ , el instrumento integra la luz recibida de ambas aberturas.

**4.4** Bruma de ángulo estrecho,  $H_n$ , se determina a partir de mediciones de reflectancia tomadas en ángulos de  $28^\circ$  o  $32^\circ$  o ambos, por ejemplo a  $2^\circ$  de distancia del haz especular ( $R_{30\pm 2}$ ).

**4.5** Bruma de ángulo amplio,  $H_w$ , se determina a partir de mediciones de reflectancia tomadas en ángulos de  $25^\circ$  o  $35^\circ$  o ambos, por ejemplo  $5^\circ$  de distancia del haz especular. ( $R_{30\pm 5}$ ).

**4.6** Difusividad,  $R_d$ , se determina a partir de una medición de reflectancia tomada en un ángulo de  $45^\circ$ , es decir  $15^\circ$  de distancia del haz especular ( $R_{45}$ ).

**4.7** Direccionalidad,  $D_h$ , de la superficie, derivada de la relación de dos mediciones de la bruma de ángulo estrecho,  $H_n$ , la primera tomada cuando la luz incidente es perpendicular a la dirección de la textura de la superficie y la segunda cuando la luz incidente es paralela a la textura de la superficie, por ejemplo de laminación, extrusión o dirección de mecanizado.





SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

## 5 APARATOS Y EQUIPO

**5.1 Goniómetro o un goniómetro simplificado** (ver Figuras 1 y 2), capaz de lograr los ángulos de haz y de campo especificados en la Tabla 1. La regulación de potencial eléctrico del instrumento se debe ser puesta a  $\pm 0,01\%$ .

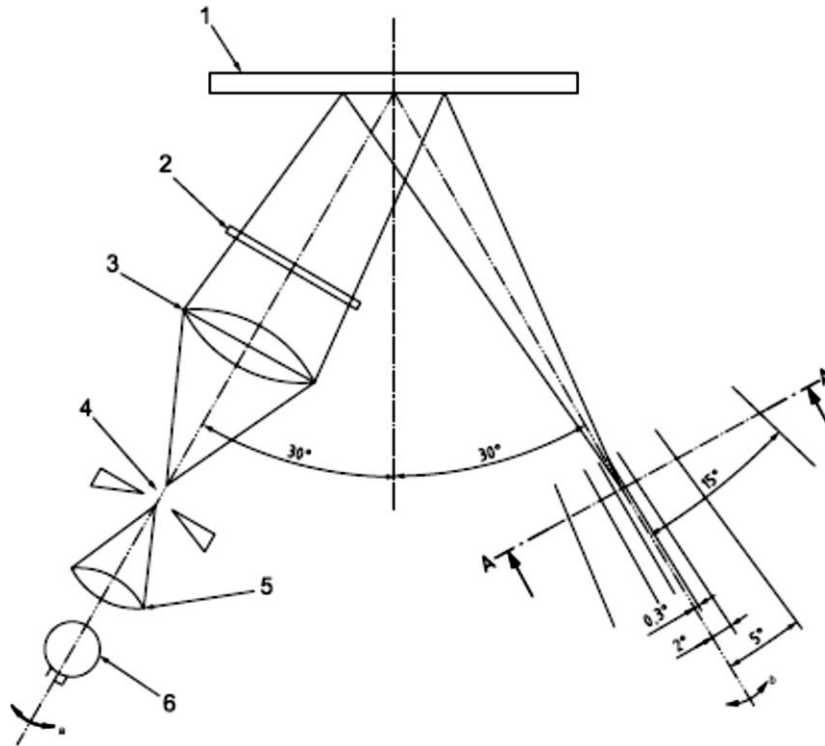
**Nota .-** Los detalles de la precisión y exactitud del goniómetro se dan en el Apéndice A.

**Tabla 1.- Las dimensiones de la imagen de espejo de la fuente de ranura y de las ventanas de recepción medidos en el mismo plano (ver las figuras 1 y 2).**

Parámetro	Hendidura fuente de la imagen espejo.	Ventana del receptor especlar.	Ventana del receptor de distinguibilidad de imagen.	Ventanas receptoras de bruma.		Ventana receptora de difusividad.
Ángulo de centro de la ventana (medido respecto a la perpendicular a la superficie del espécimen)	$30,0 \pm 0,4$	$30,0 \pm 0,4$	$30,30 \pm 0,4$ Y $29,70 \pm 0,04$	$28,0 \pm 0,4$ Y $32,0 \pm 0,4$	$0,14 \pm 0,01$ Y $35,0 \pm 0,4$	$45,0 \pm 0,4$
Anchura (en el plano del ángulo de reflexión)	$0,44 \pm 0,01$	$0,40 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,01$	$0,4 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,2$
Longitud ( a través del plano del ángulo de reflexión)	$5,0 \pm 1,0$	$3,0 \pm 1,0$	$3,0 \pm 1,0$	$3,0 \pm 1,0$	$3,0 \pm 1,0$	$3,0 \pm 1,0$



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

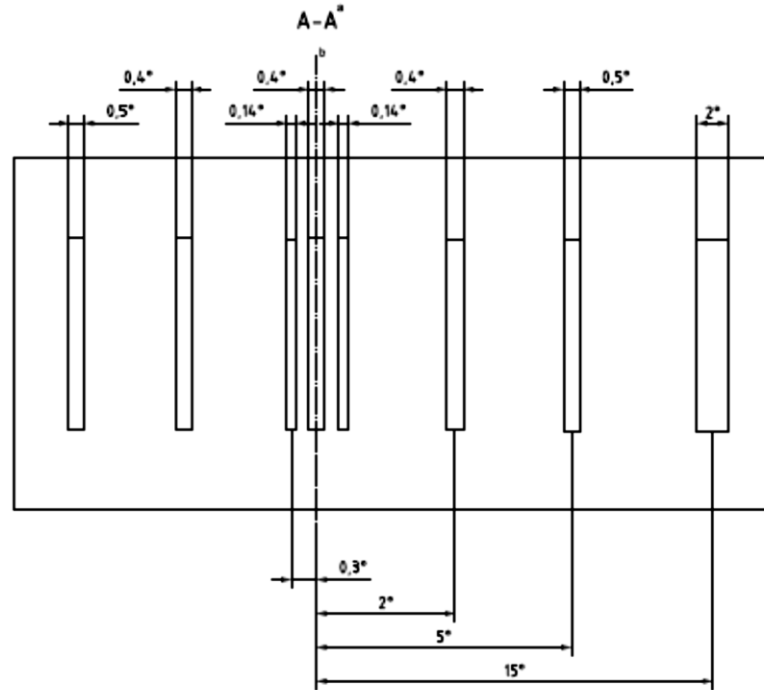


1. pieza de prueba
2. filtro de densidad neutral (para materiales de alta especularidad)
3. lentes objetivo fuente
4. hendidura fuente
5. lentes condensadores
6. lámpara
- a línea central del brazo de la fuente para ajuste del pico de máximo (opcional )
- b línea central del arreglo de la ventana receptora para ajuste del pico máximo (opcional)

**Figura 1.- Diagrama óptico de un goniofotómetro simple típico:  
geometría de medición general (ángulos no a escala)**



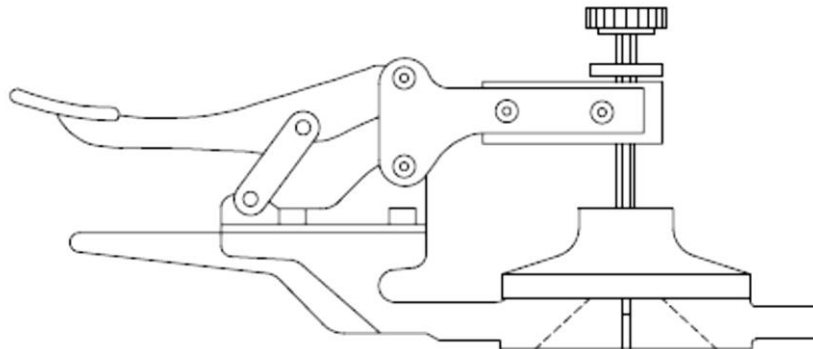
SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA



- a Dibujo seccional de la Figura 1
- b Centro del haz reflejado

**Figura 2- Diagrama óptico de un goniofotómetro reductor típico: disposición de las ventanas de recepción (No escala)**

**5.2 Pinza giratoria**, del tipo que se muestra en la Figura 3, para posicionar y aplanar la muestra durante la medición.



**Figura 3.- Pinza giratoria adecuada para aplanar la pieza de ensayo y posicionarlo durante la medición.**

### **5.3 Estándares de reflectancia.**

**5.3.1** Se deben disponer tres patrones calibrados de reflectancia.

- a) Aluminio evaporado sobre placa de vidrio cubierto con una capa protectora de monóxido de silicio, y calibrado para reflectancia especular y distinguibilidad de la imagen reflejada. La reflectancia especular debe ser  $85 \% \pm 10 \%$ .
- b) Cromo evaporado sobre placa de vidrio y cubierto con una capa protectora de monóxido de silicio, y calibrado para reflectancia especular y distinguibilidad de la imagen reflejada. La reflectancia especular debe ser  $62 \% \pm 10 \%$ .
- c) Placa reflejante con una superficie blanca difusa desde la cual la luz reflejada tenga una luminosidad constante sobre el intervalo angular del instrumento.

Cuando se esté evaluando la nitidez de la imagen reflejada, pueden ser útiles piezas de prueba intermedias en reflectancia y hechas de aluminio anodizado.

**5.3.2** Es esencial que las piezas de prueba se mantengan limpias y libres de raspaduras, así como del contacto con materiales contaminantes. Se debe seguir el método de limpieza especificado por el fabricante del instrumento y revisar las piezas de prueba a intervalos regulares contra los patrones que se mantienen reservados.

## **6 PREPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL APARATO**

### **6.1 Condiciones generales**

Usar el instrumento (ver 5.1) en un área limpia seca y libre de corrientes. Encender el instrumento al menos 30 min antes de su uso.

### **6.2 Condiciones geométricas**

La dirección de incidencia debe ser de  $30^\circ$ . Las direcciones de visión deben ser opuestas a las direcciones de incidencia en ángulos de  $-30^\circ$ ,  $-30^\circ \pm 0,3^\circ$   $-30^\circ \pm 2^\circ$ ,  $-30^\circ \pm 5^\circ$  y  $-45^\circ$ . Las dimensiones angulares de la imagen reflejada en el espejo de la hendidura fuente en el plano de medición, y las dimensiones angulares de las ventanas del receptor en este plano de medición, deben ser las que se muestran en la Tabla 1.

### **6.3 Condiciones espectrales**

La medición debe ser hecha usando una fuente de luz visible con filtros adecuados, de tal manera que el producto espectral de la fuente luminosa, de los filtros espectrales y la respuesta espectral del detector de luz deben simular fielmente el producto espectral del estándar iluminante CIE (o D<sub>65</sub>) y la función de observador estándar, de acuerdo con CIE 38:1977.

### **6.4 Calibración**

Ajustar el instrumento para leer el mismo valor de reflectancia arbitraria de la intensidad de la luz reflejada de la pieza de prueba blanca difusa (ver 5.3.1 c) mediante la distinguibilidad de imagen especular y las aberturas de bruma. Ajustar el instrumento para leer los valores de la reflectancia especular y distinguibilidad de la imagen reflejada asignado al espejo de aluminio (ver 5.3.1 a). Si el instrumento no lo hace entonces leer los valores de la pieza de prueba de cromo (ver 5.3.1 b) dentro de los límites establecidos por el fabricante del instrumento, reenfozar o recalibrar siguiendo las instrucciones del fabricante.

## **7 PROCEDIMIENTO**

Se mide la pieza de prueba y se inserta con el plano de medición paralelo a la dirección longitudinal. Se sujeta la pieza de prueba para garantizar la planicidad adecuada durante la observación. Para localizar la dirección longitudinal exacta, se rota la abrazadera (ver 5.2) con el espécimen en ella para la indicación máxima de reflectancia especular o distinguibilidad de la imagen reflejada, la que sea más sensible. Después de las observaciones en la dirección longitudinal, se rota la pieza de ensayo en la abrazadera 90° para las observaciones transversales requeridas. Se miden tres áreas separadas en cada dirección. Se toman lecturas en las piezas de prueba para reflectancia (ver 5.3) a intervalos frecuentes y al final de las series de observaciones para asegurar que el instrumento se haya mantenido calibrado durante la operación.

## **8 EXPRESIÓN DE RESULTADOS**

### **8.1 Generalidades**

Se calcula la media de las tres lecturas en la pieza de ensayo tanto en las direcciones longitudinales como en las transversales y para cada una de las aberturas (ver Capítulo 4), usando las ecuaciones dadas en 8.2 a 8.7

**8.2 Reflectancia especular  $R_s$**

$$R_s = R_{30} \quad (1)$$

**8.3 Claridad de la imagen reflejada  $R_i$**

$$R_i = \left( 1 - \frac{R_{30 \pm 0.3}}{R_s} \right) \times 100 \quad (2)$$

**8.4 Bruma de ángulo estrecho  $H_n$**

$$H_n = \left( \frac{R_{30 \pm 2}}{R_s} \right) \times 100 \quad (3)$$

**8.5 Bruma de ángulo amplio  $H_w$**

$$H_w = \left( \frac{R_{30 \pm 5}}{R_s} \right) \times 100 \quad (4)$$

**8.6 Difusividad  $R_d$**

$$R_d = \left( \frac{R_{45}}{R_s} \right) \times 100 \quad (5)$$

**8.7 Direccionalidad  $D_n$**

$$D_h = \left( \frac{H_{n(T)}}{H_{n(L)}} \right) \times 100 \quad (6)$$

donde

- T se refiere a la dirección transversal, y  
L se refiere a la dirección longitudinal.

**9 INFORME DE LA PRUEBA**

El informe de la prueba debe contener, al menos, la siguiente información:

- a) referencia a este Proyecto de Norma Mexicana;
- b) el tipo y la identificación del producto probado;



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

- c) el instrumento usado, incluyendo el nombre del fabricante, modelo y número de serie;
- d) los estándares de reflectancia usados (Ver 5.3.1) y sus valores de reflectancia asignados;
- e) la reflectancia espectacular, citando los valores en las direcciones longitudinales y transversales, así como sus promedios (ver 8.2).
- f) la nitidez de la imagen reflejada, citando los valores en las direcciones longitudinales y transversales y sus promedios (8.3);
- g) la bruma de ángulo estrecho citando los valores en las direcciones longitudinales y transversales y sus promedios (ver 8.4);
- h) la bruma de ángulo amplio citando los valores en las direcciones longitudinales y transversales y sus promedios (ver 8.5);
- i) la difusividad, citando los valores en las direcciones longitudinales y transversales, así como sus promedios (ver 8.6).
- j) la direccionalidad (ver 8.7);
- k) identificación de cualquier pieza de prueba cuyo valor en cualquier escala difiera por más de 3,0 de la media;
- l) cualquier desviación, por acuerdo o en otra forma, del procedimiento especificado;
- m) fecha de la prueba.

## **10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

Este Proyecto de Norma Mexicana es idéntico (*IDT*) a la Norma Internacional ISO 7759:2010 *Anodizing of aluminium and its alloys — Measurement of reflectance characteristics of aluminium surfaces using a goniophotometer or an abridged goniophotometer*; publicada el 1 de septiembre de 2010.

## Apéndice A (Informativo)

### A.1 Precisión y exactitud de los goniofotómetros.

**A.1.1** Un indicador de la exactitud de las mediciones del goniofotómetro se muestra en la Tabla A.1 por los valores de los coeficientes de correlación de Spearman. Los datos se obtuvieron con un conjunto de 20 piezas de ensayo de acero inoxidable y de aluminio, seleccionados para una amplia gama de características de reflectancia. Las mediciones usando un goniofotómetro simplificado se compararon con las evaluaciones visuales hechas mediante la observación sólo en la dirección longitudinal. Juicios visuales de bruma se hicieron clasificando las muestras de acuerdo a la cantidad de reflexión cuasi-especular (milkiness) adyacente a la imagen de una fuente de luz concentrada. El goniofotómetro simplificado también se comparó con un segundo goniofotómetro simplificado de diferente manufactura, un goniofotómetro y otros dos instrumentos utilizados para las mediciones de claridad de la imagen. Un informe más completo de estos resultados está disponible en la bibliografía [3].

**A.1.2** Los datos de la reproducibilidad del instrumento se muestran en la Tabla A.2. Cinco paneles de hoja de aluminio anodizado, de entre 12 y 77 en la reflectancia especular y 24 a 97 en nitidez de imagen reflejada, fueron calibrados con un goniofotómetro y después medidos con tres goniofotómetros simplificados. Uno de los goniofotómetros simplificados utilizó ventanas de receptor de fibra óptica y dos instrumentos tenían ventanas de receptor de fotoceldas de silicio segmentadas.

**Tabla A.1 – Coeficientes de correlación de Spearman para la nitidez de imagen reflejada y la brumosis cuando se comparan diferentes instrumentos<sup>1)</sup>.**

Comparaciones entre	Nitidez de imagen reflejada.	Bruma a 2°	Bruma a 5°
Instrumento I y evaluación visual.	0,91	0,82	0,96
Instrumento I e instrumento II.	-	-	0,98
Instrumento I e instrumento III	0,93	-	0,96
Instrumento I e instrumento IV	0,87	-	-
Instrumento I e instrumento V	0,94	-	-

1) Ejemplos de instrumentos adecuados disponibles comercialmente. Esta información es para conveniencia de quien utiliza este documento y no constituye un respaldo de quien lo emite.





SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

**Tabla A.1 – Continúa.**

Instrumento I: Goniofotómetro simplificado DoriGon
Instrumento II: Goniofotómetro simplificado Alcoa
Instrumento III: Goniofotómetro completo D10-5
Instrumento IV: Medidor Alcoa Dori
Instrumento V: D36B brillómetro para nitidez de imagen.

**Tabla A.2 Los datos de reproducibilidad del instrumento.**

Número de Instrumentos	Diferencias de raíces cuadradas medias de los valores asignados para el goniofotómetro	
	Reflectancia Espectacular $R_{30}$	Nitidez de imagen reflejada. $R_i$
Un instrumento con ventanas receptoras llenas con fibras ópticas.	1.4	1.5
Promedio de dos instrumentos con fotoceldas segmentadas de silicio receptoras de luz.	2.2	1.1

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002 *Sistema General de Unidades de Medida*; publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- NMX-Z-013-SCFI-2015 *Guía para la estructuración y redacción de normas*; publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de noviembre de 2015.
- NMX-Z-021/1-SCFI-2015 *Adopción de normas internacionales*; publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 2016.
- Hunter R.S., *Gloss Evaluation of Materials*, el boletín ASTM 186, ASTBA, diciembre de 1952.
- Christie J.S., *Instruments for Metallic Appearance, Appearance of Metallic Materials*, ASTM STP 478, American Society for Testing Materials , ASTTA 1971 .
- Christie J.S., *An Instrument for the Geometric Attributes of Metallic Appearance*, Applied Optics, (9), septiembre de 1969.