



**NORMA MEXICANA**

**NMX-W-162-SCFI-2013**

**ALUMINIO Y SUS ALEACIONES – DETERMINACIÓN  
DEL TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO**

**ALUMINUM AND ITS ALLOYS – DETERMINING  
AVERAGE GRAIN SIZE**



## PREFACIO

En la elaboración de esta norma mexicana, participaron las siguientes instituciones y organismos:

- ALMEXA ALUMINIO, S.A. DE C.V.
- CINVESTAV - IPN UNIDAD QUERÉTARO
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES
- CUPRUM, S.A. DE C.V.
- DUPONT POWDER COATINGS MEXICO, S.A. DE C.V.
- ELECTROACABADOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIA MEXICANA DEL ALUMINIO, S.A DE C.V. (IMASA)
- INSTITUTO DEL ALUMINIO, A. C. (IMEDAL)
- ANODIZADOS ESPECIALIZADOS, S.A. DE C.V.



## ÍNDICE DEL CONTENIDO

<b>Número del capítulo</b>		<b>Página</b>
1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2	DEFINICIONES	2
3	SÍMBOLOS	4
4	MAQUINARIA Y MATERIAL	4
5	PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTOS	5
6	PROCEDIMIENTO	6
7	EXPRESIÓN DE RESULTADOS	9
8	BIBLIOGRAFÍA	11
9	CONCORDANCIAS CON NORMAS INTERNACIONALES	12



## **NORMA MEXICANA**

### **NMX-W-162-SCFI-2013**

## **ALUMINIO Y SUS ALEACIONES – DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO**

### **ALUMINUM AND ITS ALLOYS – DETERMINING AVERAGE GRAIN SIZE**

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

Esta norma mexicana establece el método para la determinación del tamaño de grano promedio por el método de comparación y el procedimiento de intercepción en el aluminio y sus aleaciones, en cualquier forma física, siempre y cuando su estructura presente aspectos similares a los de las estructuras metálicas que se observan en las cartas de comparación.

Estos procedimientos son para determinar el tamaño de grano promedio de muestras con una distribución uni-modal de áreas, diámetros o longitudes de intercepción. Los procedimientos no abarcan métodos para la naturaleza de estas distribuciones por el contrario estos solamente son adecuados para la determinación de tamaño de grano planar, esto es, caracterizan las secciones de grano en dos dimensiones de una sección plana. Los procedimientos describen las técnicas que se llevan a cabo para efectuar el conteo manualmente, empleando una serie de imágenes con plantillas cuadrículadas. Los valores se indican en las unidades del SI

Esta norma no cubre la medición de grano dúplex así como tampoco la medición de granos individuales muy gruesos en una matriz de grano fino.



## 2 DEFINICIONES

Para los propósitos de este proyecto de norma se establecen las siguientes definiciones:

### 2.1 Tamaño de grano (G):

Se define como:  $N_{AE} = 2^{G-1}$

Donde:  $N_{AE}$ . Número de granos por pulgada cuadrada a una ampliación de 100X. Para obtener el número por milímetro cuadrado a 1X multiplicar por 15.50. Que se mide en la sección transversal, siendo promedio de diámetros, áreas o por unidad lineal.

### 2.2 Grano:

Es el área confinada dentro de los límites originales de frontera observada en un plano pulido en dos dimensiones. En materiales que contienen maclas, estas deben ser ignoradas, estos es, la estructura a ambos lados de la macla pertenecen al grano.

### 2.3 Conteo por intersección de la frontera de grano:

Determinación del número veces que una línea de prueba pasa a través o es tangente a la frontera de grano.

### 2.4 Conteo por intersección del grano:

Determinación del número de veces que una línea de prueba pasa a través de un grano individual en un plano pulido. La tangente se considera como una mitad de la interceptación, 0.5 puntos, la intersección con un punto triple se cuenta como 1.5 puntos, las líneas de prueba que terminen dentro de un grano se considera como una mitad de una interceptación).



## **2.5 Longitud de intersección:**

Es la distancia entre dos fronteras de grano opuestas, adyacente a los puntos de intersección en el segmento de línea de prueba que cruza el grano, debido a la colocación al azar de la línea de la prueba.

## **2.6 Método por comparación:**

Es una estimación visual en la cual los resultados son por lo general cercanos al tamaño de grano determinado por el método de intersección.

Para esta determinación se utilizan cartas comparativas y/o ayuda visual.

**NOTA 1.** Las cartas comparativas no son aplicables a medición de granos individuales o puntuales.

## **2.7 Método por intersección:**

Es un método estimativo generalmente utilizado en tamaños de grano promedio particularmente para casos de estructuras con tamaños de grano recristalizados

## **2.8 Carta de comparación:**

Foto micrografías de tamaño de grano destinadas a servir de referencia para la determinación del tamaño de grano por comparación.

### 3 SÍMBOLOS

Para los propósitos de esta norma se establecen los siguientes símbolos:

**TABLA 1. Símbolos**

Símbolos	Parámetros
A	Área de prueba
G	Tamaño de grano (número)
$l$	Longitud principal de intersección linear
$l_0$	Longitud de intersección de 32.0 mm para definir la relación entre G e $l$ para determinar el tamaño de grano por intersección.
L	Longitud de la línea de prueba
M	Aumentos empleados

### 4 MAQUINARIA Y MATERIAL

#### 4.1 Maquinaria

4.1.1 Sierra cinta y cortadora de disco de carburo de silicio (SiC) o diamante.

4.1.2 Pulidora de disco gítoria para desbaste y pulido de muestras.

4.1.3 Máquina para pulido electrolítico

4.1.4 Montadora de probetas.

4.1.5 Microscopio óptico metalográfico de luz reflejada con ocular de 10X y objetivos de 5X, 10X y 50X.



## 4.2 Material

4.2.1 Polvos de polimetilmetacrilato para montaje de probetas metalográficas cinta y cortadora de disco de carburo de silicio (SiC) o diamante.

4.2.2 Polvos de resina fenólica para montaje de probetas metalográficas

4.2.3 Paños canvas y microcloth

4.2.4 Lijas de carburo de silicio (SiC) número 120, 240, 320, 400 y 600

4.2.5 Algodón.

4.2.6 Alúmina coloidal de 1  $\mu\text{m}$  y 0.5  $\mu\text{m}$

4.2.7 Pasta de diamante de 1  $\mu\text{m}$  y 0.5  $\mu\text{m}$

## 5 PREPARACION Y ACONDICIONAMIENTO

### 5.1 Preparación

Es importante que las muestras sean representativas del material en general.

Las muestras deben ser seccionadas, montadas (si es necesario en resinas termoplásticas, desbastadas sobre lijas de carburo de silicio (SiC) de mayor a menor granulometría, pulidas empleando alúmina coloidal o pasta de diamante (de mayor a menor granulometría) y atacadas con un reactivo de ataque adecuado para revelar límites de grano.

Durante el desbaste y pulido debe de evitarse una deformación de la superficie tal que esto altere la condición inicial de la estructura de grano de ésta.

Para el aluminio y sus aleaciones en el Anexo I se presentan algunos reactivos de ataque para revelar el límite de grano.

De esta manera en la presente norma se empleará el término muestra o cara "pulida" cuando esta ha sido sometida a los pasos descritos en las líneas anteriores.



## 5.2 Acondicionamiento

La superficie sobre la cual se vayan a llevar a cabo las mediciones debe de ser una superficie "pulida", lo suficientemente grande para permitir llevar a cabo las mediciones de tamaño de grano en al menos cinco campos a los aumentos deseados

Para cualquier muestra, si la estructura de grano es equiaxiada, cualquier orientación de la muestra a observar es adecuada. Por el contrario, en una muestra que ha sido trabajada mecánicamente, una estructura de grano equiaxiado solo puede ser obtenida examinando un plano pulido que sea paralelo al eje en el que se llevó a cabo la deformación.

Por otra parte, si la estructura de grano sobre una muestra orientada longitudinalmente es equiaxial, entonces las mediciones de tamaño de grano que se lleven a cabo en diferentes orientaciones serán equivalentes dentro de los límites de exactitud del procedimiento.

Si la estructura de grano no es equiaxiada si no alongada, entonces las mediciones de tamaño de grano sobre las muestras que tenga diferentes orientaciones varían. En este caso, el tamaño de grano deberá ser evaluado sobre al menos dos de los tres ejes principales (transverso, longitudinal y planar o radial y transversal para una barra redonda) y promediado para obtener el valor medio de tamaño de grano.

## 6 PROCEDIMIENTO

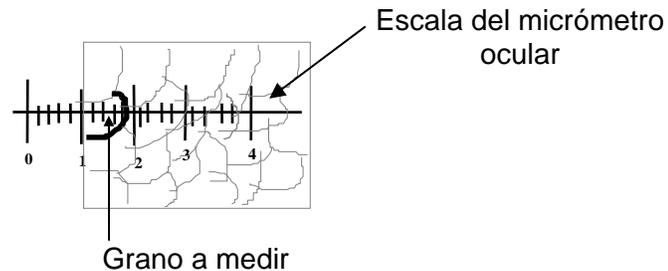
### 6.1. Determinación por medición

6.1.1. La ampliación a utilizar en este método es de 10.100X (objetivo).

6.1.2. Se seleccionan 5 campos (puntos) para realizar 3 lecturas de tamaño de grano en cada campo, realizando un total de 15 lecturas en la muestra.

6.1.3. Una vez revelada la estructura de la muestra, esta se coloca sobre la platina del microscopio metalográfico.

6.1.4. Se ajusta el enfoque para que se aprecien los granos revelados.



**FIGURA 1. Determinación de Tamaño de Grano por medición directa**

**6.1.5.** La lectura se realiza directamente con el micrómetro sobre la imagen proyectada en la pantalla del microscopio.

**6.1.6.** El valor reportado en la lectura será directo en micras (la ampliación es de 1000X).

**6.1.7.** Se realizan en total 15 lecturas.

**6.2.** Determinación por comparación.

**6.2.1.** La ampliación a utilizar en este método es de 100X (10.10X).

**6.2.2.** Seleccionar 5 campos (puntos) para realizar 3 lecturas de tamaño de grano en cada campo, realizando un total de 15 lecturas en la muestra.

**6.2.3.** Una vez revelada la estructura de la muestra, colocar esta sobre la platina del microscopio metalográfico.

**6.2.4.** Ajustar el enfoque para que se aprecien los granos revelados.

**6.2.5.** La apariencia de la imagen proyectada en la pantalla del microscopio se compara contra una plantilla de imágenes que nos proporcionen el tamaño de grano (estas se pueden consultar en la referencia No. 2 de la bibliografía de esta norma).

**NOTA 2.** Existen diferentes tipos de plantillas comparativas para el tamaño de grano, solo se debe tomar en cuenta la indicación de la ampliación utilizada.

**6.2.6.** El valor del tamaño de grano será el que se reporte en la carta de comparación o de la plantilla, el cual está en micras.

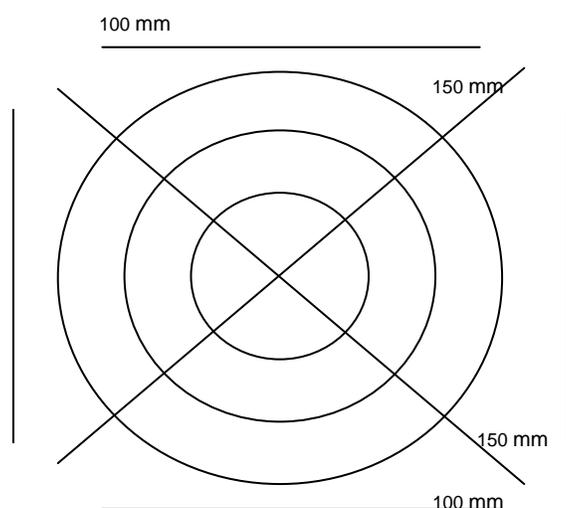
**6.2.7.** Realizar un total de 15 lecturas.

**6.3.** Determinación por Intersección de los tres círculos (método Abrahams)

**6.3.1.** Se utiliza una plantilla transparente de circunferencias concéntricas de las siguientes medidas y con el acomodo mostrado en el dibujo.

**TABLA 2. Dimensiones de la plantilla de prueba para conteo de granos por intersección**

	<b>Circunferencia (mm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
Círculos	250.0	79.58
	166.7	53.05
	83.3	26.53
Total	500.00	



**FIGURA 2. Plantilla de prueba para conteo de granos por intersección**



**6.3.2.** Seleccionar una ampliación que nos proporcione una imagen con un número de intersecciones entre 40 y 100 conteos dentro de las 3 tres circunferencias concéntricas de la plantilla.

**6.3.3.** Seleccionar 5 campos (puntos) para realizar 3 lecturas de tamaño de grano en cada campo, realizando un total de 15 lecturas en la muestra.

**6.3.4.** Realizar lectura colocando sobre la imagen proyectada, la imagen de los 3 círculos.

**NOTA 3.** Si la frontera de grano es interceptada por una de las circunferencias del patrón se considera en el conteo. Si el grano es interceptado por más de dos círculos del patrón se contabiliza una sola vez.

**6.3.5.** Realizar cálculo aplicando la siguiente fórmula:

$$NL = \frac{L}{M * Ni}$$

Dónde: Ni = Número de intersecciones (granos contados).

L = Longitud total (500 mm).

M = Magnificación.

## **7 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS**

**7.1** Calcula del promedio de los valores

**7.1.1** Obtener un promedio, utilizando la siguiente fórmula:

$$X = \frac{\sum X}{n}$$

Dónde: X = Media o promedio de granos medidos.

$\Sigma X$  = Valor individual de cada grano.

n = Número de medidas realizadas



## 7.2 Cálculo de la desviación estándar (s)

Calcular la desviación estándar de las medidas individuales de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$s = \left[ \frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

Dónde: s = Desviación estándar.

## 7.3 Reporte de resultados.

**7.3.1** Calcular el 95% de intervalo confidencial (95% CI) de cada medición, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$95\% CI = \frac{t^* s}{\sqrt{n}}$$

Dónde: t = Es función de n (Véase tabla 3)

s = Desviación estándar

n = Número de medidas realizadas

**TABLA 3. Valores de t (95% de Multiplicadores de confianza interna)**

No. de Campos (n)	t	No. de Campos ( n )	t
5	2.776	13	2.179
6	2.571	14	2.160
7	2.447	15	2.145
8	2.365	16	2.131
9	2.306	17	2.120
10	2.262	18	2.110
11	2.228	19	2.101
12	2.201	20	2.093

**7.3.2.** Calcular el por ciento de exactitud relativa (%RA) de las mediciones divididas por el 95% CI:

$$\%RA = \frac{95\%CI}{X} * 100$$

**NOTA 4.** Un valor de 10% RA (o más bajo), se considera de exactitud aceptable. Para valores mayores de %RA, se deben hacer más mediciones para volver a realizar los cálculos.

**7.3.3.** El valor reportado es el calculado en 7.1 una vez que se cumple con %RA.

## 8 BIBLIOGRAFIA

- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.



- ASTM E 112-2010 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size
- METALLOGRAPHY "PRINCIPLES AND PRACTICE" Vander Voort G.F., Mc.Graw Hill Company, 1986, pp. 426-507
- METALLOGRAPHIC AND CERAMOGRAPHIC METHODS FOR REVEALING MICROSTRUCTURE Petzow G., American Society for Metals, 1980, pp. 39-43
- METALLOGRAPHY AND MICROSTRUCTURES Vol 9 ASTM Handbook, 1992, pp.351-361

## **9 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

**México, D.F., a 25 de julio de 2013**

**EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS  
LIC. ALBERTO ULISES ESTEBAN MARINA**