



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

**PRODUCTOS DE COBRE Y SUS ALEACIONES – TUBOS DE
COBRE SIN COSTURA PARA REFRIGERACIÓN –
ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A
LA NMX-W-023-1996-SCFI)**

**COPPER AND COPPER ALLOYS PRODUCTS – SEAMLESS
COPPER PIPES FOR REFRIGERATION – SPECIFICATIONS AND
TEST METHODS**

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir los tubos de cobre en rollo y tramo dona para refrigeración, sin costura, flexibles y estirados en frío, utilizados en la conducción de gas refrigerante que se comercializan en territorio nacional.

2 REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma, se deben consultar las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

NMX-B-132-1964

Abocardado para tubos de acero de sección circular.
Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de
la Federación el 12 de septiembre de 1964.

NMX-B-310-1981	Métodos de prueba a la tensión para productos de acero. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1981.
NMX-E-021-SCFI-2001	Industria del plástico - Tubos y conexiones - Dimensiones - Método de ensayo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de mayo de 2001.
NMX-K-150-1965	Método de prueba para la determinación de la pureza de los productos de cobre. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de julio de 1966.
NMX-W-017-1981	Tubos de cobre - Determinación electromagnética con corrientes parásitas - Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de abril de 1981.
NMX-Z-012/2-1987	Muestreo para la inspección por atributos - parte 2: Métodos de muestreo, tablas y gráficas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 1987.

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Designación nominal

Número adimensional que seguido de la letra R significa el tipo de tubo de cobre para refrigeración.

3.2 DHP

Son aquellos tubos de cobre, fabricados con cobre fosforado, que tiene un alto contenido de fósforo residual.

3.3 Tubos de cobre sin costura

Tubo de cobre producido con perímetro continuo y espesor de pared uniforme en todas las etapas de la operación.

4 CLASIFICACIÓN

Los tubos de cobre objeto de esta norma, se clasifican en un tipo y tres subtipos con un grado de calidad. Como se indica en la tabla 1.

TABLA 1.-

Tipo	Descripción	Subtipo
R	Tubos de cobre para refrigeración	Rollo, dona, tramo

5 ESPECIFICACIONES

5.1 Composición química

Los tubos de cobre a que se refiere la presente norma deben cumplir con lo indicado en la tabla 2.

TABLA 2.- Composición química de los tubos de cobre

Tubo de cobre	Cobre (incluyendo plata)	Fósforo	Método
Refrigeración	99,9 % mínimo	0,015 % a 0,040 %	NMX-K-150 ó ver inciso 7.1

5.2 Dimensiones y masa

5.2.1 Masa de los tubos

Los tubos de cobre en dona deben cumplir con un intervalo de masa de 80 kg mínimo a 120 kg máximo o lo establecido previo acuerdo con el cliente, los tubos en rollo y tramo no tienen esta restricción.

5.2.2 Longitud de los tubos

El redondeo para las cifras indicadas en las tablas de dimensiones, se establece en conformidad con la norma mexicana NMX-E-021-SCFI (ver 2 referencias).

La longitud nominal y las tolerancias de los tubos de cobre en rollo y en tramo se indican en la tabla 3, esto se comprueba de acuerdo con lo indicado en el inciso 7.3, en el caso de las donas no se establecen requerimientos de longitud, basándose solamente en la masa.

TABLA 3.- Longitud de los tubos en rollo y tramo

Díámetro exterior nominal mm	Longitud nominal del tubo m	Tolerancia (+) mm
28,575 y menores	15,24	305
104,775 y menores	6,10	25,40

NOTA 1: Para rollo y tramo la longitud puede ser establecida previo acuerdo con el cliente.

5.2.3 Diámetros y espesores

Los tubos de cobre en rollo, dona y tramo deben cumplir con los diámetros y espesores que se indican en las tablas 4, 5, 6 y 7 esto se comprueba de acuerdo con lo indicado en el inciso 7.3.

TABLA 4 - Diámetros de cobre en rollo y dona

Designación nominal	Díámetro exterior promedio (mm)		
	Real	Máximo	Mínimo
1/8	3,18	3,23	3,12
3/16	4,75	4,81	4,69
1/4	6,35	6,41	6,29
5/16	7,93	7,98	7,87
3/8	9,53	9,58	9,47
1/2	12,70	12,76	12,64
5/8	15,88	15,93	15,82
3/4	19,05	19,12	18,98
7/8	22,23	22,31	22,14
1 1/8	28,58	28,67	28,48

NOTA 2: En donas se manejan diámetros exteriores de 3,175 mm hasta 22,225 mm.

TABLA 5.- Espesores de tubo de cobre en rollo y dona

Espesores mm			
Designación nominal	Real	Máximo	Mínimo
1/8	0,76	0,84	0,68
3/16	0,76	0,84	0,68
¼	0,76	0,84	0,68
5/16	0,81	0,89	0,73
3/8	0,81	0,89	0,73
½	0,81	0,89	0,73
5/8	0,89	1,00	0,78
¾	0,89	1,00	0,78
¾	1,07	1,17	0,96
7/8	1,14	1,25	1,04
1 1/8	1,27	1,40	1,14

NOTA 3: Los espesores de pared deben ser considerados como promedio.

NOTA 4: En donas se manejan espesores de pared de 0,76 hasta 1,14 mm.

TABLA 6.- Diámetros de tubo de cobre en tramo recto

Designación nominal	Diámetro exterior promedio (mm)		
	Real	Máximo	Mínimo
3/8	9,53	9,55	9,50
½	12,70	12,73	12,67
5/8	15,80	15,90	15,85
¾	19,05	19,08	19,02
7/8	22,23	22,25	22,20
1 1/8	28,58	28,62	28,53
1 3/8	34,93	34,97	34,88
1 5/8	41,28	41,33	41,22
2 1/8	53,98	54,03	53,92
2 5/8	66,68	66,73	66,62
3 1/8	79,38	79,43	79,32
3 5/8	92,08	92,13	92,02
4 1/8	104,78	104,83	104,72

TABLA 7.- Espesores de tubo de cobre en tramo recto

Designación nominal	Espesor promedio (mm)		
	Real	Máximo	Mínimo
3/8	0,76	0,84	0,68
1/2	0,89	1,00	0,78
5/8	1,02	1,12	0,91
3/4	1,07	1,17	0,96
7/8	1,14	1,25	1,04
1 1/8	1,27	1,38	1,16
1 3/8	1,40	1,55	1,24
1 5/8	1,53	1,68	1,37
2 1/8	1,78	1,96	1,60
2 5/8	2,04	2,24	1,82
3 1/8	2,29	2,52	2,05
3 5/8	2,54	2,80	2,28
4 1/8	2,80	3,08	2,51

5.3 Abocardado

Los tubos de cobre objeto de la presente norma deben resistir la expansión y estar exentos de fisuras y agrietamiento al ser sometidos al abocardado, como se indica en la tabla 8, esto se verifica de acuerdo a cualquiera de los procedimientos indicados en el inciso 7.7 ó en la norma mexicana NMX-B-132 (ver 2 Referencias).

TABLA 8.- Abocardado del tubo

Diámetro exterior nominal mm	Expansión (después del abocardado) en el perímetro exterior del tubo %
19,050 ó menores	40 mínimo
Mayores de 19,050	30 máximo

5.4 Corrientes circulantes

Los tubos objeto de esta norma deben pasar esta prueba por el equipo de corrientes circulantes, esto se verifica de acuerdo con lo establecido en la norma mexicana NMX-W-017 (ver 2 Referencias).

En el caso de las donas los defectos detectados por el equipo de corrientes son marcados con tinta por el mismo y el número de defectos debe ser establecido previo acuerdo entre cliente y proveedor.

5.5 Características mecánicas

Los tubos, en cuanto a sus características mecánicas, deben cumplir con las especificaciones establecidas en los siguientes incisos:

5.5.1 Resistencia a la tensión y alargamiento

Los tubos de cobre objeto de la presente norma deben cumplir con lo indicado en la tabla 9 esto se verifica de acuerdo con lo indicado en el inciso 7.4 ó la norma mexicana NMX-B-310 (ver 2 Referencias).

TABLA 9.- Resistencia a la tensión y alargamiento

Tubo de cobre	Resistencia mínima a la tensión	Alargamiento marcas en 50,80 mm
	MPa	% mínimo
Tipo R (rollo ,dona)	205	40
Tramo (rígido)	250	---

5.5.2 Tamaño de grano

Los tubos de cobre flexible de la presente norma deben cumplir con lo especificado para el tamaño promedio mínimo de grano de 0,035 mm, esto se comprueba de acuerdo con lo indicado en el inciso 7.5.

NOTA 5: No aplica en tubería rígida.

5.6 Acabado y requerimientos de limpieza

Los tubos de cobre objeto de esta especificación, deben estar libres de fallas como: grietas, escamas, poros y otras que afecten su uso. Sin embargo, puede admitirse una capa iridiscente de óxido. Además de cumplir con lo indicado en las tablas 10 y 11. La cantidad de residuos internos se determina como se indica en el inciso 7.6.

TABLA 10.- Tolerancias de residuos en el área interna del tubo recocido en rollo y dona

Designación nominal	Espesor de pared	Área interna del tubo (en 1,0 m de longitud)	Tolerancia máxima para residuos (en 1,0 m de longitud)
	mm	m ²	g
1/8	0,76	0,005 22	0,000 197
3/16	0,76	0,010 14	0,000 381
1/4	0,76	0,015 19	0,000 571
5/16	0,81	0,019 82	0,000 748
3/8	0,81	0,024 84	0,000 938
1/2	0,81	0,034 81	0,001 312
5/8	0,89	0,044 29	0,001 667
3/4	0,89	0,054 13	0,002 047
3/4	1,07	0,053 15	0,002 001
7/8	1,14	0,062 66	0,002 362
1 1/8	1,27	0,081 69	0,003 084

TABLA 11.- Tolerancias de residuos en el área interna del tubo rígido en tramo

Designación nominal	Espesor de pared	Área interna del tubo (en 1,0 m de longitud)	Tolerancia máxima para residuos (en 1,0 m de longitud)
	mm	m ²	g
3/8	0,76	0,025 08	0,000 951
1/2	0,89	0,034 43	0,001 295
5/8	1,02	0,043 61	0,001 639
3/4	1,07	0,053 11	0,002 000
7/8	1,14	0,062 62	0,002 361
1 1/8	1,27	0,081 64	0,003 082
1 3/8	1,40	0,100 98	0,003 803
1 5/8	1,53	0,120 00	0,004 525
2 1/8	1,78	0,138 69	0,005 967
2 5/8	2,04	0,196 39	0,007 426
3 1/8	2,29	0,234 75	0,008 852
3 5/8	2,54	0,273 11	0,010 295
4 1/8	2,80	0,311 15	0,011 754

NOTA 6: La cantidad máxima de residuos permitida es de 0,038 g/m².

6 MUESTREO

Para el muestreo del producto, los niveles de inspección pueden ser establecidos de común acuerdo entre el vendedor y el comprador, recomendándose el uso de la norma mexicana NMX-Z-012/2 (ver 2 Referencias).

7 MÉTODOS DE PRUEBA

Para la verificación de las inspecciones que se establecen en esta norma, se deben aplicar las normas mexicanas que se indican en el capítulo 2 referencias y los métodos de prueba que a continuación se establecen:

7.1 Contenido de cobre porcentual

7.1.1 Fundamento

Esta prueba se basa en el método electrólisis, que consiste en pasar una corriente eléctrica a través de una celda formada por dos electrodos sumergidos en la disolución de una muestra de cobre, los iones de cobre se depositan en el cátodo, y su concentración se obtiene por diferencia en masa entre el electrodo con y sin depósito.

7.1.2 Reactivos y materiales

7.1.2.1 Reactivos

- Mezcla sulfonítrica;
- Agua destilada, y
- Solventes apropiados para la prueba.

7.1.2.1.1 Preparación de la mezcla sulfonítrica

Se mezclan 30 ml de H_2SO_4 , 21 ml de HNO_3 y 75 ml de H_2O .

7.1.2.2 Materiales

- Vasos de precipitado;
- Vidrio de reloj;
- Parrilla de calentamiento, y
- Electrodo de platino.

7.1.3 Aparatos

- Balanza analítica;
- Electroanalizador, y
- Estufa, desecador.

7.1.4 Procedimiento

Determinar la masa de 2 g de muestra (rebaba) y se colocan en un vaso de precipitado, se adicionan 40 ml de mezcla sulfonítrica y se tapa el vaso con un vidrio de reloj, se calienta en la parrilla hasta la disolución de la muestra y la generación y eliminación de humos cafés nitrosos; se diluye a 200 ml con agua destilada, y se coloca en el electroanalizador, previamente se determina su masa y se sumergen los electrodos dentro de la solución sin que rocen entre sí.

Se hace pasar una corriente directa de 2A durante 2 h, con agitación constante, posteriormente se retiran y se lavan los electrodos con agua destilada y luego con solvente, se secan perfectamente en una corriente de aire caliente o bien en una estufa a 110°C. Determinar la masa del cátodo en la balanza analítica con una precisión de 0,000 1 g y anotar el valor obtenido.

7.1.5 Expresión de resultados

El resultado corresponde a la ganancia en masa del cátodo debido a la electrodeposición del cobre se obtiene con la siguiente ecuación, mismo que debe cumplir con lo indicado en la tabla 2:

$$\% \text{ Cu} = \frac{D - T}{M} \times 100$$

donde:

D es la masa del cátodo con depósito;
T es la masa del cátodo sin depósito, y
M es la masa de la muestra (2 g).

7.1.6 Informe de la prueba

El informe de la prueba debe incluir lo siguiente:

- Datos completos de identificación de la muestra;
- Número de lote;
- Resultado obtenido;
- Cualquier desviación del procedimiento descrito;
- Cualquier anomalía observada durante la determinación;
- Fecha de la determinación, y
- Nombre del analista.

7.2 Contenido de fósforo en el cobre

7.2.1 Método fotométrico

7.2.1.1 Fundamento

Esta determinación se basa en la formación de un complejo colorido cuando se agrega un exceso de molibdato a una mezcla ácida de un vanadato a un ortofosfato. La medición fotométrica se hace a 420 nm.

7.2.1.2 Reactivos y materiales

7.2.1.2.1 Reactivos

- Ácido nítrico (HNO_3) 2:3;
- Permanganato de potasio (KMnO_4);
- Agua oxigenada (H_2O_2) 3 %;
- Molibdato de amonio;
- Vanadato de amonio, y
- Agua destilada.

7.2.1.2.2 Materiales

- Vidrio de reloj;
- Vaso de precipitado;
- Parrilla de calentamiento, y
- Matraz aforado de 50 ml.

7.2.1.3 Aparatos

- Colorímetro, y
- Balanza analítica.

7.2.1.4 Procedimiento

Determinar la masa de un gramo de muestra (rebaba) y pasarlo a un vaso de precipitado, agregar 10 ml de ácido nítrico 2:3, y cubrir con un vidrio de reloj, se calientan y se espera hasta que se disuelva completamente la muestra, se agregan 2 ml de permanganato de potasio (10 g/L) y se calienta hasta ebullición, agregar 1 ml de agua oxigenada al 3 % y agitar hasta que se diluya el exceso de permanganato y la solución se aclare, agregar 2 ml de vanadato de amonio (2,5 g/L) hervir la muestra hasta que la solución esté clara, indicando que el exceso de agua oxigenada fue destruido, enfriar a temperatura ambiente y transportarlo a un matraz de 50 ml, agregar 2 ml de molibdato de amonio de 95 g/L se diluye con agua hasta la marca y se agita, se deja reposar durante 5 min y se mide la transmitancia a 420 nm en el colorímetro y la lectura obtenida se lleva a una gráfica de transmitancia contra el por ciento de fósforo (%), obteniendo el contenido de fósforo en la muestra, el que debe cumplir con lo especificado en la tabla 2.

7.2.1.5 Informe de la prueba

El informe de la prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 7.1.6.

7.2.2 Método espectrométrico

7.2.2.1 Fundamento

Esta determinación se basa en aportar una descarga energética (arco eléctrico) a una muestra metálica, en donde los electrones de los elementos que la componen son excitados, siendo capaces de emitir energía al caer a su estado basal, la energía emitida es cuantificada para determinar las concentraciones de los diferentes elementos en la muestra.

7.2.2.2 Reactivos

- Muestras maestras.

7.2.2.3 Aparatos

- Espectrómetro.

7.2.2.4 Procedimiento

Calibrar el equipo con las muestras maestras, tanto para el contenido de fósforo como para las impurezas.

La muestra de tubo a analizar debe estar plana y lijada, ésta se coloca en el soporte de prueba y se da inicio a la quemada, apareciendo en pantalla los valores de los diferentes elementos contenidos en la muestra. Se realizan al menos dos quemadas en diferentes puntos de la misma muestra y se promedian, verificando la concordancia en los valores obtenidos, sino se observan diferencias significativas, los valores se imprimen y se comparan contra lo indicado en la tabla 2.

7.2.2.5 Informe de la prueba

El informe de la prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 7.1.6.

7.3 Pruebas dimensionales

7.3.1 Fundamento

Esta prueba se basa en verificar las diferentes dimensiones de los tubos, mediante la medición efectuada con instrumentos calibrados aptos para la dimensión que se pretende medir.

7.3.2 Materiales

- Cinta métrica graduada en mm, y
- Micrómetro con escala en mm.

7.3.3 Procedimiento

Usando el micrómetro apropiado y una cinta métrica, se comprueban las dimensiones de los tubos, las cuales deben cumplir con las especificaciones indicadas en las tablas 3, 4, 5, 6 y 7.

7.3.4 Informe de la prueba

El informe de la prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 7.1.6.

7.4 Prueba de resistencia a la tensión y alargamiento

7.4.1 Fundamento

Esta prueba consiste en tomar una muestra del tubo, de longitud adecuada (30,48 cm) de tal forma que pueda ser sujeta por las mordazas de la máquina de tensiones y someterla a un esfuerzo de tensión aplicando una carga sobre el área transversal del tubo, hasta su rompimiento. En esta prueba la muestra sufre una deformación longitudinal (alargamiento) antes de romperse. El alargamiento es medido mediante la deformación sufrida entre dos marcas que se hacen a lo largo de la muestra a una distancia de 50,8 mm, previo a la aplicación de la carga.

7.4.2 Aparatos

- Máquina universal para ensayos de resistencia mecánica.

7.4.3 Preparación y acondicionamiento de la muestra

Las probetas deben ser tubos de una longitud adecuada (30,48 cm) de tal forma que pueda ser sujeta por las mordazas de la máquina de tensiones. En seguida se obtiene el promedio de las medidas del diámetro exterior y de la pared del tubo y se calcula el área de su sección transversal mediante la siguiente ecuación:

$$A = (De - p) p \pi$$

donde:

A es el área de la sección transversal del tubo en mm²;
De es el diámetro exterior del tubo en mm;
p es el espesor de pared del tubo en mm, y
 π es la constante del diámetro entre el perímetro de una circunferencia (3,1416).

Para el alargamiento, la misma probeta que se utiliza en la prueba de resistencia a la tensión, se marca en divisiones iguales de 50,8 mm antes de montarla en la máquina de ensayos (ver figura 1).

7.4.4 Procedimiento

Se procede a colocar y fijar la probeta en las mordazas de la máquina, se aplica la carga y se anota la lectura obtenida al romperse la probeta; el cálculo se realiza como se indica en el inciso 7.4.5.1.

Después de romperse la probeta se retira de la máquina (ver figura 2). Se toman las dos partes de la probeta, se unen exactamente sobre la línea de ruptura y se mide el alargamiento entre las dos marcas donde se presenta la ruptura (ver figura 3); el cálculo se realiza como se indica en el inciso 7.4.5.2.

En caso de que la ruptura se encuentre sobre las marcas o fuera de ellas, se repite la prueba.

7.4.5 Expresión de resultados

Los resultados obtenidos deben cumplir con lo indicado en la tabla 9.

7.4.5.1 La resistencia a la tensión se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$R_t = \frac{F}{A}$$

donde:

R_t es la resistencia a la tensión, en MPa;
 F es la carga aplicada, en N, y
 A es el área de la sección transversal, en mm^2 .

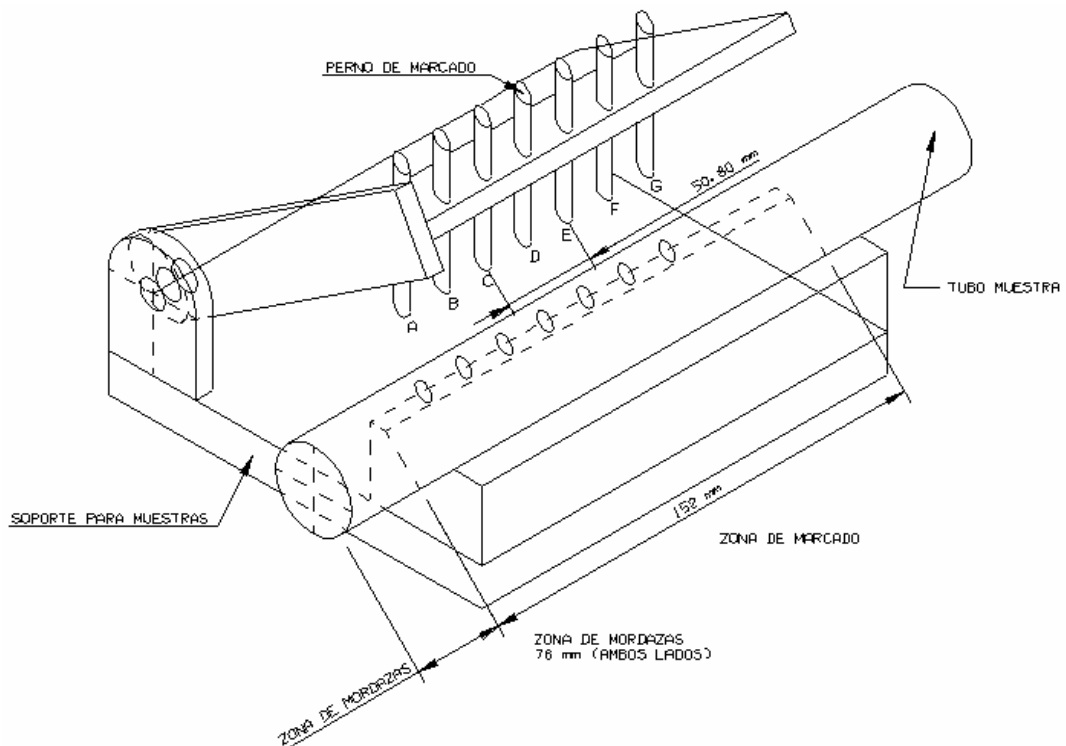
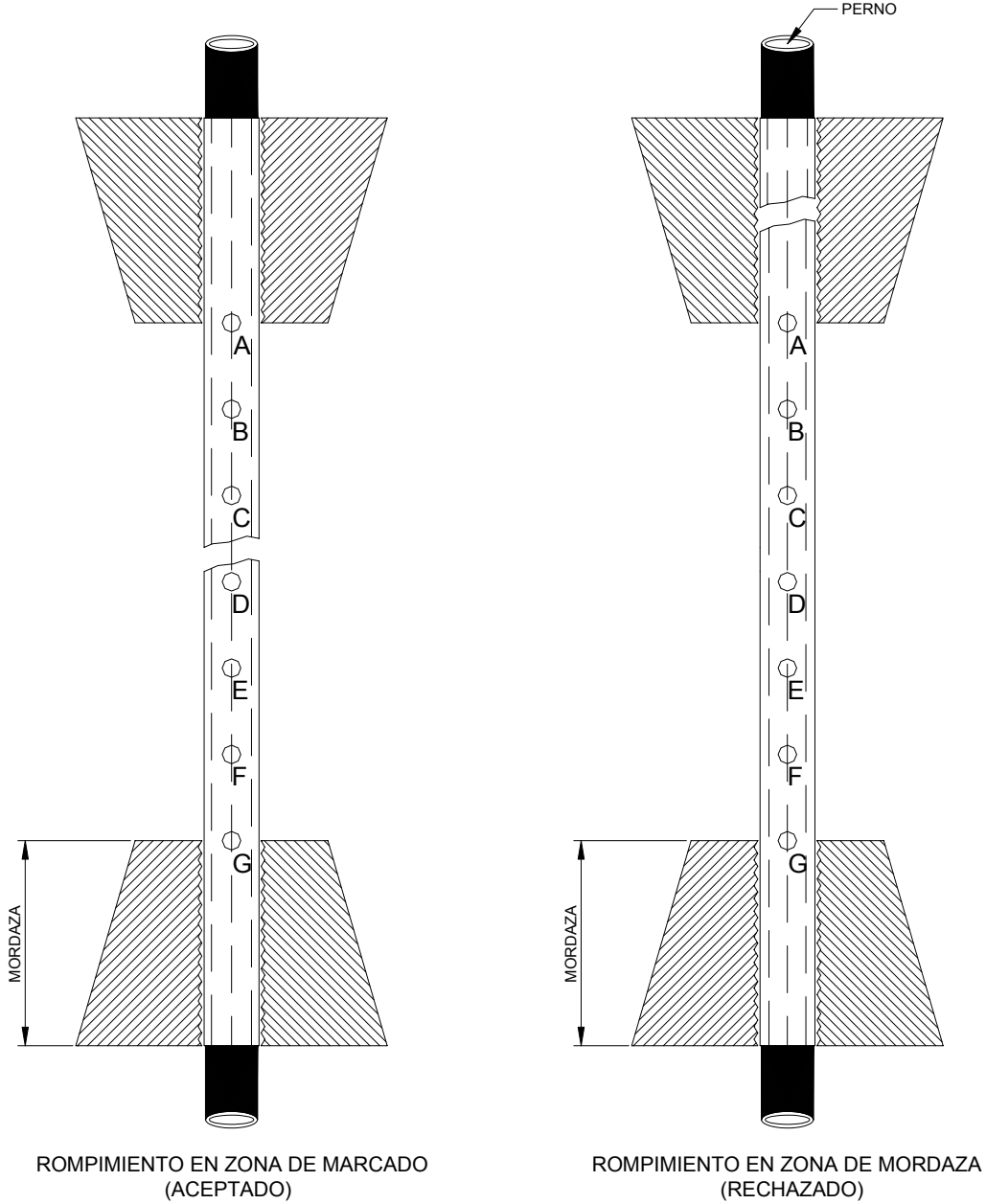


FIGURA 1.- Marcado del tubo muestra



ROMPIMIENTO EN ZONA DE MARCADO
(ACEPTADO)

ROMPIMIENTO EN ZONA DE MORDAZA
(RECHAZADO)

FIGURA 2.- Colocación de la muestra en las mordazas y su rompimiento

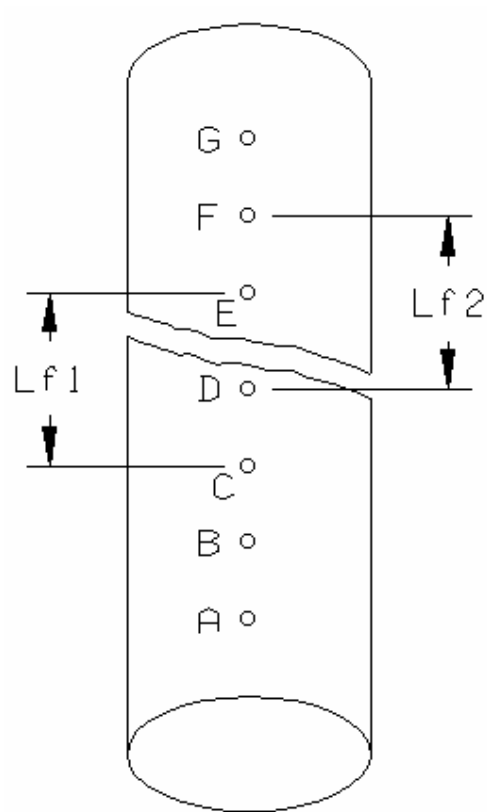


FIGURA 3.- Determinación del porcentaje de elongación

NOTA 7: Para la longitud final, se toma el máximo valor determinado en Lf1 (distancia C-E) y Lf2 (distancia D-F).

7.4.5.2 El porcentaje de alargamiento, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de alargamiento} = \frac{L_f - L_i}{L_i} \times 100$$

donde:

L_f es la longitud final determinada entre las dos marcas donde ocurre la ruptura, y
 L_i es la longitud inicial de referencia entre dos marcas (50,8 mm).

7.4.6 Informe de la prueba

El informe de esta prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 7.1.6.

7.5 Prueba para determinar el tamaño de grano

7.5.1 Fundamento

Esta prueba se basa en revelar la estructura granular de una muestra de tubo mediante el pulido y ataque químico con una solución de ácido nítrico, la estructura revelada se observa al microscopio a 75x, comparando el campo visual observado contra una carta comparador de tamaños de grano en milímetros a 75x.

7.5.2 Reactivos

- Solución de ataque.

7.5.2.1 Preparación

La solución de ataque a usarse debe tener la siguiente composición química, ecológicamente viable:

HNO ₃ (concentrado)	50 ml
H ₂ O (destilada)	50 ml

7.5.3 Aparatos

- Desbastador;
- Pulidora;
- Microscopio metalográfico;

- Carta comparador de tamaños de grano (75x);
- Discos lija de diferentes grados, y
- Óxido de aluminio o abrasivos similares.

7.5.4 Preparación y acondicionamiento de la muestra

La muestra debe ser una probeta de tubo de tamaño apropiado (1,0 cm de ancho por 0,5 cm de altura) para su fácil manipulación. Una vez cortada se desbasta con lija en su sección transversal y en esta forma se pule con discos lija de diferentes grados, usando óxido de aluminio (AL_2O_3) o abrasivos similares hasta obtener el pulido espejo.

7.5.5 Procedimiento

La parte preparada de la muestra se ataca con la solución indicada en el inciso 7.5.2.1, enjuagando con agua, se seca y se observa al microscopio comparando con la carta a 75x y determinando el tamaño de grano promedio.

7.5.6 Expresión de resultados

El tamaño de grano promedio determinado, debe cumplir con la especificación indicada en el inciso 5.5.2.

7.5.7 Informe de la prueba

El informe de esta prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 7.1.6.

7.6 Requerimientos de limpieza

7.6.1 Resumen

Se espera que el tubo cubierto por esta especificación debe pasar la siguiente prueba de limpieza, aunque la ejecución de esta prueba no es mandatoria bajo los términos de esta especificación a menos que sea definitivamente especificado.

7.6.2 Reactivos y materiales

7.6.2.1 Reactivos

- Solventes apropiados para la prueba.

7.6.2.2 Materiales

- Tapones, y
- Contenedor.

7.6.2.3 Aparatos

- Horno eléctrico;
- Parrilla eléctrica, y
- Desecador.

7.6.3 Preparación y acondicionamiento de la muestra

El interior del tubo con punta selladas debe estar limpio, de tal manera que cuando el interior del tubo es lavado con tricloroetileno, tetracloruro de carbono y otro solvente como cloroformo redestilado o tricloroetileno redestilado, el remanente de residuos después de la evaporación del solvente no debe exceder de $0,038 \text{ g/m}^2$ de la superficie interior.

La cantidad de solvente usado puede variar con la medida del tubo que está siendo examinado. Una cantidad mínima de 100 ml debe ser usada para diámetros mayores de 12,7 mm y debe incrementarse proporcionalmente para medidas más grandes. La cantidad de solvente usado para el blanco debe ser la misma que la usada para el examen del tubo muestra.

7.6.4 Procedimiento

Para llevar a cabo la prueba, taponar una punta del tubo y llenar con solvente un octavo de su capacidad. Taponar el lado opuesto del tubo y rodarlo en soportes horizontales para que se lave la superficie interior. Retirar el tapón y poner el solvente en un contenedor limpio y adecuado. El solvente en el contenedor se debe evaporar en la parrilla hasta secarse. El sobrecalentamiento del contenedor debe ser evitado para prevenir que los residuos se derritan. Después el contenedor debe ser secado en un horno a $100^\circ\text{C} - 110^\circ\text{C}$ por 10 min, enfriarlo en un desecador y determinar su masa.

Una determinación llamado blanco debe ser corrida sobre la determinación de la cantidad de solvente y la masa ganada por el blanco debe ser restada a la masa de los residuos de la muestra. La masa correcta entonces debe ser calculada en gramos de residuo por área interna del tubo.

7.6.5 Expresión de resultados

Por tubo no debe exceder los requerimientos especificados en las tablas 10 y 11, y cumplir con lo indicado en el inciso 5.6.

7.6.6 Informe de la prueba

El informe de esta prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 7.1.6.

7.7 Prueba de abocardado

7.7.1 Fundamento

Esta muestra consiste en tomar una muestra del tubo, de longitud apropiada (4,0 cm) a la cual se aplica una presión con una prensa hidráulica sujetándolo por uno de sus extremos (evitando aplastamiento); la prueba de abocardado se realiza ejerciendo en el otro extremo del tubo una expansión con la ayuda de un cono. La muestra no debe sufrir fisuras o agrietamientos para que la prueba se considere aceptada.

7.7.2 Aparatos

- Conos de expansión de 30° por lado (60°);
- Desbastadora de lija de banda;
- Prensa hidráulica, y
- Banco de sierra de disco.

7.7.3 Materiales

- Lijas de banda;
- Rebabeador, y
- Vernier graduado en milímetros.

7.7.4 Preparación y acondicionamiento de la muestra

Se corta transversalmente una muestra del tubo que esté libre de defectos con una longitud de 4,0 cm en el banco sierra; se rebabea y lija en ambos extremos con la desbastadora hasta dejar el corte perpendicular a la longitud del tubo y libres de defectos por el corte. Se limpia con agua para eliminar las partículas lijadas y se lubrican ambos extremos con aceite hidráulico.

En el caso de que el espécimen de prueba no esté preparado correctamente y/o presente alguna fisura o defecto que afecte el desarrollo de la prueba, se debe preparar otro espécimen de la misma muestra para ser probada.

7.7.5 Procedimiento

Se coloca uno de los extremos de la muestra sobre el cono de expansión y este conjunto a su vez sobre la placa inferior de prensa hidráulica, se hace ascender esta placa hasta el tope con la placa superior y entonces se empieza a aplicar presión al conjunto formado entre las placas a una velocidad máxima de 5,0 cm/min hasta que la muestra rebase el porcentaje mínimo de expansión especificado.

7.7.6 Expresión de resultados

El diámetro exterior del tubo en el extremo expandido se mide con un vernier, y el porcentaje de expansión logrado se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ expansión} = \left(\frac{\text{Def}}{\text{Dei}} - 1 \right) \times 100$$

donde:

Def es el diámetro exterior al final de la expansión en mm, y
Dei es el diámetro exterior al inicio de la expansión en mm.

7.7.6.1 Evaluación de la prueba

El extremo expandido del tubo debe ser examinado a simple vista y debe estar libre de cualquier defecto como fisuras o agrietamientos.

7.7.7 Informe de la prueba

El informe de esta prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 7.1.6.

8 MARCADO, ENVASE Y/O EMBALAJE

8.1 Marcado

Los tubos para refrigeración en donas no llevan marcas, en cambio los tubos para refrigeración en rollo y en tramo con designación nominal de 3/16 y mayores deben llevar grabados permanentes en toda su longitud, por lo menos cada 50 cm, con los siguientes datos:

- Nombre o marca del fabricante;
- La leyenda "HECHO EN MÉXICO" o indicar el país de origen ("HECHO EN...") en idioma español, y
- Designación nominal.

8.2 Envase y/o embalaje

Los tubos deben llevar un envase y/o embalaje de manera que no sufran deterioros. Además el envase y/o embalaje debe llevar en una etiqueta los siguientes datos:

- Nombre o marca del fabricante o importador;
- La leyenda "HECHO EN MÉXICO" o indicar el país de origen ("HECHO EN...") en idioma español, y
- Designación nominal.

En caso de la tubería de donas, el empaque debe tener además de los datos anteriores, el número de dona y fecha de embalaje.

9 BIBLIOGRAFÍA

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-W-023-1996-SCFI	Productos de cobre y sus aleaciones – Tubos de cobre sin costura para refrigeración – Especificaciones y métodos de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de octubre de 1996.
ASTM-B-280	Seamless copper tube for air conditioning and refrigeration field service.

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

México D. F., a

MIGUEL AGUILAR ROMO
DIRECTOR GENERAL

RCG/DLR/MRG

NMX-W-023-SCFI-2004

**PRODUCTOS DE COBRE Y SUS ALEACIONES – TUBOS DE
COBRE SIN COSTURA PARA REFRIGERACIÓN –
ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A
LA NMX-W-023-1996-SCFI)**

**COPPER AND COPPER ALLOYS PRODUCTS – SEAMLESS
COPPER PIPES FOR REFRIGERATION – SPECIFICATIONS AND
TEST METHODS**

PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- COBRE Y ALEACIONES IUSA, S.A. DE C.V.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA)
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PRODUCTOS DE COBRE Y SUS ALEACIONES
- INSTITUTO DEL FONDO NACIONAL DE LA VIVIENDA PARA LOS TRABAJADORES (INFONAVIT)
- NACIONAL DE COBRE, S.A. DE C.V.
Planta Toluca;
Planta San Luis;
Planta Vallejo.
- NIBCO DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- NIBCO INC.
- PROCOBRE MÉXICO, A.C.
- TUBOS IUSA, S.A. DE C.V.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Química – Departamento de Ingeniería Metalúrgica.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo		Página
1	Objetivo y campo de aplicación	1
2	Referencias	1
3	Definiciones	2
4	Clasificación	3
5	Especificaciones	3
6	Muestreo	9
7	Métodos de prueba	9
8	Marcado, envase y/o embalaje	22
9	Bibliografía	23
10	Concordancia con normas internacionales	23