

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

ISO 2431: 2015  
(Publicada por ISO en 2011)

---

**PINTURAS Y BARNICES — DETERMINACIÓN DEL TIEMPO  
DE FLUJO EMPLEANDO COPAS DE FLUJO  
(ISO 2431: 2011, IDT)**

Paints and varnishes — Determination of flow time by use of flow cups

---

ICS: 87.040

2. Edición      Octubre 2015  
**REPRODUCCIÓN PROHIBIDA**

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.  
Teléfono: 7830-0835 Fax: (537) 7836-8048; Correo electrónico: [nc@ncnorma.cu](mailto:nc@ncnorma.cu); Sitio  
Web: [www.nc.cubaindustria.cu](http://www.nc.cubaindustria.cu)



Cuban National Bureau of Standards

## **Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 41 de Pinturas y Barnices, integrado por representantes de las siguientes entidades:
  - Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas
  - Empresa de Pinturas Vitral
  - Ministerio de la Industria Alimenticia
  - Ministerio del Comercio Exterior
  - Ministerio de Industrias
  - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
  - Ministerio de Energía y Minas
  - Ministerio de la Construcción
  - GEIQ
  - Ministerio del Transporte
  - FERCIMEX S.A.
  - ABATUR S.A.
  - ENSUNA S.A.
  - Oficina Nacional de Normalización
  - Corporación CIMEX S.A.
  - CTDMC
- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la Norma Internacional ISO 2431:2011 *Paints and varnishes — Determination of flow time by use of flow cups*.
- Sustituye a la NC-ISO 2431:2010 Pinturas y barnices — Determinación del tiempo de flujo empleando copas de flujo.

### **© NC, 2015**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

## Índice

<b>0</b>	<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Alcance</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Referencias normativas</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Términos y definiciones</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Consideraciones sobre la temperatura</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Aparato</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Toma de muestras</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Marcado de los productos probados</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Precisión</b>	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>Informe de ensayo</b>	<b>13</b>
	<b>Anexo A</b>	<b>14</b>
	<b>Anexo B</b>	<b>16</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>19</b>

## 0 Introducción

La primera edición de esta Norma ISO, publicada en 1972, especificaba solo una copa de flujo con un diámetro del orificio de 4 mm. La segunda edición especifica tres copas de flujo de diámetro del orificio de 3 mm, 4 mm y 6 mm. La tercera edición corregía errores en las figuras 2 y 4 y en las ecuaciones para esas figuras. La cuarta edición especifica cuatro copas de flujo de diámetro del orificio de 3 mm, 4 mm, 5 mm y 6 mm.

Como es bien sabido, numerosos países han puesto a punto, en los últimos años, sus propias copas de flujo normalizadas, y la dificultad de establecer una correlación entre ellas, ha traído como consecuencia una considerable confusión para la comparación de los valores. Después de un atento estudio por un grupo de especialistas, se ha considerado recomendable la normalización de un modelo perfeccionado de copa de flujo para la medición de los tiempos de flujo de pinturas, barnices y productos afines.

Se admite que los tiempos de flujo no son reproducibles más que en el caso de productos con propiedades de fluidos newtonianos o "casi newtonianos". Esto limita su utilización práctica. Sin embargo, con fines de verificación, estas copas de flujo sirven para un propósito útil. Así, la medición del tiempo de flujo es frecuentemente utilizada para comprobar la consistencia de aplicación.

Las pinturas contienen, a menudo, agentes espesantes con el objetivo de aumentar la viscosidad. Dichas pinturas exhiben propiedades de flujo no-newtonianos. Su viscosidad durante la aplicación sólo puede ser correctamente determinada empleando viscosímetros como los descritos en la norma ISO 3219.

Las resinas y barnices pueden presentar un flujo newtoniano o "casi-newtoniano" a viscosidades mucho más elevadas y en este caso, las copas de flujo pueden suponer un medio útil para el control de la consistencia. Para responder a este requisito, esta Norma Cubana especifica copas de flujo apropiadas para viscosidades de hasta 700 mm<sup>2</sup>/s.

Con materiales tixotrópicos, mediante agitación u otra alteración mecánica inmediatamente antes del ensayo reducirá el tiempo de flujo en comparación con la muestra sin agitar. Con tales materiales, se obtienen valores de tiempo de flujo inciertos y variables con todas las copas de flujo. Los límites de repetibilidad y reproducibilidad que se indican en la epígrafe 9 no se pueden obtener en la determinación del tiempo de flujo de tales materiales.

## PINTURAS Y BARNICES — DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FLUJO EMPLEANDO COPAS DE FLUJO

### 1 Objeto

**1.1** Esta Norma Cubana describe un método para determinar el tiempo de flujo de pinturas, barnices y productos afines que puede ser utilizado para controlar la consistencia.

**1.2** Se especifican cuatro copas de flujo de dimensiones parecidas, pero con diámetros de orificio de 3 mm, 4 mm, 5 mm y 6 mm. Se indican dos métodos para la comprobación, desgaste y los daños de las copas de flujo (ver Anexo A).

Las copas de flujo que tienen unas boquillas reemplazables no son objeto de esta Norma Cubana, ya que las boquillas no cumplen las tolerancias tan estrechas en el suministro del material a ensayar.

Las copas de flujo por inmersión comunes tampoco están cubiertas por esta norma. En general, las tolerancias de fabricación de este tipo de copas de flujo son mayores que las de las copas de flujo especificadas en esta Norma Cubana. Por lo tanto, las determinaciones del tiempo de flujo con copas de flujo de inmersión dan una precisión menor que la obtenida con las copas de flujo especificadas en esta Norma Cubana (véase el epígrafe 9).

**1.3** El método está limitado a materiales de ensayo para los cuales pueda ser determinada con certeza la ruptura del flujo a partir del orificio de la copa de flujo. Es difícil de determinar y reproducir este punto de ruptura para materiales que presenten tiempos de flujo cerca del límite superior del rango de medición (100 s) debido a los efectos de ralentización.

### 2 Referencias normativas

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier modificación).

*NC-ISO 1513, Pinturas y barnices - Examen y preparación de las muestras para ensayo.*

*NC-ISO 15528, Pinturas, barnices y materias primas para pinturas y barnices – Toma de muestras.*

### 3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes.

#### **3.1 tiempo de flujo, $t$ :**

Tiempo transcurrido entre el momento en que el material ensayado comienza a fluir por el orificio de la copa de flujo llena, y el momento en que cesa su flujo continuo en las proximidades del orificio.

#### **3.2 flujo newtoniano:**

Tipo de flujo exhibido por un material para el que, a una temperatura constante, la relación entre la tensión de corte y el gradiente de velocidad es independiente del tiempo y del gradiente de velocidad.

NOTA Cuando las variaciones de esta relación son pequeñas, el efecto sobre la viscosidad de una perturbación mecánica, como la agitación, es despreciable y el material se dice que tiene un flujo "casi-newtoniano".

### 3.3 flujo no newtoniano:

Tipo de flujo exhibido por un material para el que, a una temperatura constante, la relación entre la tensión de corte y el gradiente de la velocidad varía con el tiempo o con el gradiente de velocidad.

### 3.4 viscosidad cinemática, $\nu$ :

Relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido.

NOTA En el Sistema Internacional, la unidad base de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo ( $m^2/s$ ).

## 4 Consideraciones sobre la temperatura

La influencia de la temperatura sobre el tiempo de flujo es altamente significativa respecto a las propiedades de aplicación y depende del tipo de producto.

Como referencia, se especifica como la temperatura de ensayo en esta Norma Cubana ( $23,0 \pm 0,5$ )°C. No obstante, debido a las condiciones de temperatura existentes (véase también Anexo B), podría resultar más conveniente realizar los ensayos comparativos a otra temperatura acordada (por ejemplo, 25 °C).

Para el control mediante el tiempo de flujo, la muestra y la copa de flujo se deben acondicionar a una temperatura acordada o especificada y se debe asegurar que la variación de la temperatura durante el ensayo no exceda de 0,5 °C. La copa de flujo debe permanecer en un lugar exento de corrientes de aire.

## 5 Aparato

### 5.1 Copas de flujo

#### 5.1.1 Dimensiones

Las dimensiones de las copas de flujo ISO y las tolerancias de fabricación admitidas deben ser las que se indican en la figura 1.

NOTA La tolerancia más rigurosa es para el diámetro interior de la boquilla de la copa, dado que el tiempo de flujo es inversamente proporcional a la cuarta potencia de esta dimensión.

#### 5.1.2 Material

La boquilla de la copa debe estar fabricada de acero inoxidable o de carburo sinterizado, y el cuerpo de la copa debe estar fabricado con un material resistente a la corrosión e inalterable frente a los productos a ensayar.

#### 5.1.3 Fabricación

Las dimensiones no especificadas, como el espesor de la pared, deben ser tales que no permitan la deformación de la copa de flujo durante su empleo. Se recomienda la forma exterior indicada en la figura 1, aunque se admiten variaciones dirigidas a facilitar su fabricación o empleo, con la condición de que la boquilla de salida se encuentre, en lo posible, protegida frente a daños accidentales mediante un manguito protector externo. Dicho manguito protector no debe quedar



### 5.1.5 Intervalo de medición

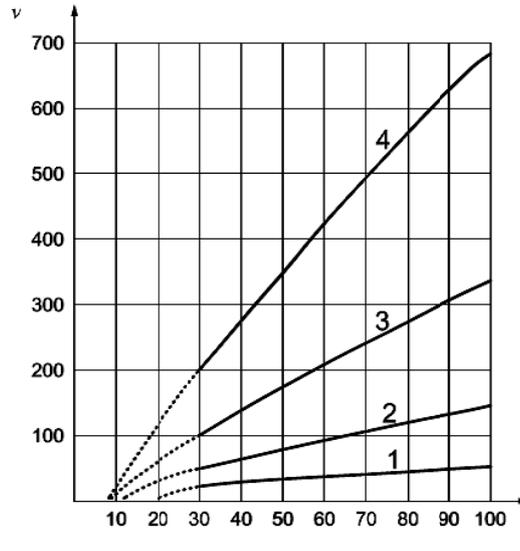
Las copas de flujo deben de utilizarse dentro del intervalo de medición que se muestra en la Tabla 1. Solamente dentro de este intervalo se pueden obtener resultados significativos. Adicionalmente, la conversión de tiempo de flujo en viscosidad cinemática y viceversa, debe realizarse mediante las ecuaciones que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1 – Intervalo de medición de copas de flujo y la conversión del tiempo de flujo en viscosidad cinemática y viceversa**

Copa de flujo	Tiempo de flujo, $t$ s	Viscosidad cinemática, $\nu$ $\text{mm}^2/\text{s}$	Rango de medición s
No.3	$t = \frac{\nu}{0.89} + \sqrt{451.5 + \left(\frac{\nu}{0.89}\right)^2}$	$\nu = 0.443 \times t - \frac{200}{t}$	$30 \leq t \leq 100$
No.4	$t = \frac{\nu}{2.74} + \sqrt{146.0 + \left(\frac{\nu}{2.74}\right)^2}$	$\nu = 1.37 \times t - \frac{200}{t}$	$30 \leq t \leq 100$
No.5	$t = \frac{\nu}{6.56} + \sqrt{67.1 + \left(\frac{\nu}{6.56}\right)^2}$	$\nu = 3.28 \times t - \frac{200}{t}$	$30 \leq t \leq 100$
No.6	$t = \frac{\nu}{13.8} + \sqrt{82.6 + \left(\frac{\nu}{13.8}\right)^2}$	$\nu = 6.90 \times t - \frac{200}{t}$	$30 \leq t \leq 100$

Las curvas que corresponden a las ecuaciones de la Tabla 1 se representan en la Figura 2.

Nota: Estas curvas son solamente de carácter informativo.

**Leyenda**

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1 Copa de flujo de 3 mm | 4 Copa de flujo de 6 mm                                      |
| 2 Copa de flujo de 4 mm | t tiempo de flujo, en segundos                               |
| 3 Copa de flujo de 5 mm | v viscosidad cinemática, en milímetros cuadrados por segundo |

**Figura 2 – Curvas de conversión para copas de flujo de 3 mm, 4 mm, 5 mm y 6 mm**

**5.1.6 Marcado**

Cada copa de flujo tendrá las siguientes inscripciones permanente y legible:

- designación de la taza de flujo :NC-ISO 2431, N° 3, N° 4, N° 5 ó N° 6;
- número de identificación del fabricante;
- nombre o marca comercial del fabricante.

**5.1.7 Cuidado y comprobación de copas de flujo**

La copa de flujo se limpia inmediatamente después de su uso y antes de que la muestra comience a secar, usando un disolvente adecuado. No se deben emplear nunca utensilios ni púas metálicas. Si el orificio presenta suciedad debido a depósitos secos, éstos se eliminan mediante un disolvente adecuado y se limpia cuidadosamente con ayuda, por ejemplo, de una tira de paño pasada suavemente a través del orificio.

Las copas de flujo se verifican periódicamente para detectar desgastes o deterioros, mediante uno de los procedimientos descritos en el Anexo A.

**5.2 Material auxiliar**

**5.2.1** Termómetro, graduado en intervalos de 0,2 °C o menor.

**5.2.2** Soporte, adecuado para sostener la copa de flujo y provisto de tornillos para su nivelación.

**5.2.3** Nivel de burbuja, preferiblemente del tipo circular.

**5.2.4** Placa de vidrio plano o regla para enrasar.

**5.2.5** Cronómetro, u otro dispositivo adecuado para medir el tiempo, provisto de divisiones cada 0,2 s o menos.

**5.2.6** Local o recinto con la temperatura controlada capaz de mantener la copa de flujo y la muestra a una temperatura recomendada constante (véase el epígrafe 4).

NOTA No será necesario cuando la copa de flujo está provista de camisa para el control de la temperatura.

## **6 Toma de muestras**

Se toma una muestra representativa del producto a ensayar, como se describe en la norma NC-ISO 15528. Se examina y prepara la muestra para el ensayo de acuerdo con la norma NC-ISO 1513.

Para efectuar el ensayo son suficientes 150 mL de muestra. Se debe prestar atención en la obtención de una buena homogenización de la muestra, evitando al máximo las pérdidas de disolvente por evaporación.

## **7 Procedimiento**

### **7.1 Verificación preliminar para el flujo newtoniano**

**7.1.1** Se elige una copa de flujo que permitirá una duración del flujo comprendida entre 30 s y 100 s para el material a ensayar.

**7.1.2** Se determina el tiempo de flujo de acuerdo con el procedimiento especificado en el apartado 7.2.

**7.1.3** Se repite la determinación, dejando reposar al producto en la copa de flujo durante 60 s antes de retirar el dedo que cierra el orificio (véase 7.2.4).

**7.1.4** Si el segundo resultado difiere del primero en más de un 10%, el producto debe ser considerado como no newtoniano y, por tanto, no apropiado para controlar su consistencia mediante la medición del tiempo de flujo.

### **7.2 Determinación del tiempo de flujo**

#### **7.2.1 Elección de la copa de flujo**

Se elige una copa de flujo con la que se obtendrá un tiempo de flujo, para el producto de ensayo, entre 30 s y 100 s.

### 7.2.2 Ajuste de temperatura

Se ajusta la temperatura de la muestra, y la copa de flujo, a  $(23,0 \pm 0,5)$  °C, o a otra temperatura alternativa acordada (véase el epígrafe 4).

NOTA Si se opera en un recinto con temperatura controlada (véase 5.2.6), es aconsejable acondicionar la copa de flujo y la muestra colocándolas en el recinto antes de su empleo.

La muestra se debe considerar lista para el ensayo inmediatamente después de que todas las burbujas de aire incorporadas durante la preparación se han dispersado. Se comprueba por última vez, inmediatamente antes de llenar la copa, que la temperatura de la muestra está dentro de  $0,5$  °C de la temperatura acordada.

### 7.2.3 Preparación de la copa de flujo

Se coloca la copa de flujo en el soporte (5.2.2), en un lugar exento de corrientes de aire y, haciendo uso del nivel de burbuja (5.2.3) y ajustando los tornillos de nivelación del soporte, se asegura que el borde superior de la copa de flujo se encuentra en un plano horizontal.

### 7.2.4 Llenado de la copa de flujo

Se tapa el orificio con el dedo, se llena la copa de flujo con la muestra homogenizada, exenta de burbujas, y realizando el vertido lentamente para evitar la formación de burbujas de aire. Si se forman las burbujas, se dejan que suban a la superficie y se eliminan.

NOTA Si la copa de flujo está bien nivelada, la muestra rebosará uniformemente por el borde a la corona lateral.

Se elimina el menisco pasando una regla para enrasar (véase 5.2.4) sobre el perímetro del borde de la copa de flujo o haciendo deslizar sobre el borde una placa de vidrio, plana y con los bordes redondeados, de manera que no se formen burbujas de aire entre el vidrio y la superficie de la muestra, retirando la placa horizontalmente sobre los bordes de la copa, de manera que el nivel de la muestra coincida con el borde superior de la copa una vez retirada la placa.

### 7.2.5 Medición del tiempo de flujo

Se coloca un recipiente adecuado bajo la copa de flujo, de forma que la distancia entre el orificio de la copa y la superficie de la muestra recogida no sea nunca inferior a 100 mm. Se retira el dedo del orificio y, simultáneamente, se pone en marcha el cronómetro (5.2.5), deteniéndolo en el momento que se produzca la primera rotura del flujo de la muestra en la proximidad del orificio. Se anota el tiempo de flujo con precisión de  $0,5$  s.

### 7.2.6 Repetición de las determinaciones

Se lleva a cabo una segunda determinación, empleando otra parte de la muestra originalmente preparada y se comprueba estrictamente que la temperatura se encuentra dentro de los límites establecidos. Se anota el tiempo de flujo, con una precisión de  $0,5$  s. Se calcula la media de las dos determinaciones.

Si las dos determinaciones difieren en más de un 5%, se efectúa una tercera. Si la tercera determinación y una de las dos precedentes no difieren en más de 5%, se descarta el valor atípico. Se obtiene el resultado calculando la media de las dos determinaciones aceptadas.

Si la tercera determinación no cumple esta condición, el método de ensayo, probablemente no es adecuado, debido a un comportamiento de flujo anormal o no newtoniano, y deben considerarse otros métodos de ensayo, por ejemplo la medición de la viscosidad mediante un viscosímetro rotacional.

## 8 Marcado de los productos probados

El producto ensayado se puede marcar indicando los resultados del ensayo.

Si se realiza este tipo de marcado, debe contener una referencia a esta norma cubana, el número de designación de la copa de flujo utilizada y el tiempo de flujo, en segundos. Por ejemplo,

### NC-ISO 2431 – 5 – 65

Número de esta Norma Cubana - Número Designación de copa de flujo - Tiempo de flujo

## 9 Precisión

### 9.1 Generalidades

Se ha planificado y ejecutado un ensayo interlaboratorios, y se han evaluado los resultados conforme a la norma ISO 5725-2. En el ensayo participaron once laboratorios. Se ensayaron líquidos con las copas de flujo de 4 mm y 6 mm. Los líquidos mostraron un comportamiento de flujo newtoniano excepto para el caso del barniz cuando se utilizó la copa de flujo 6 mm. El comportamiento del barniz cuando se ensayó con la copa de 6 mm era casi newtoniano, pero, cuando se realizó la comprobación preliminar especificada en 7.1, el segundo resultado no difería en más del 10% (véase 7.1.4).

### 9.2 Límite de repetibilidad, $r$

El valor por debajo del cual cabe esperar que se encuentre la diferencia absoluta entre dos resultados de ensayo, cada uno de ellos siendo la media de dos determinaciones, cuando los resultados de ensayo se determinan con el mismo material y el mismo técnico en el mismo laboratorio dentro de un período breve de tiempo de acuerdo con el método de ensayo normalizado, se puede esperar que esté en un intervalo de 2 s con una probabilidad del 95%. Los detalles de los resultados se dan en la Tabla 2.

Tabla 2 – Límite de repetibilidad,  $r$

Líquido de ensayo	Diámetro del orificio mm	Valor medio del tiempo de flujo s	Límite de repetibilidad $r$ s
Aceite de motor	4	55	1.7
Barniz, a base de disolventes orgánicos	4	56	1.7
Aceite de motor	6	60	2.6
Barniz, a base de disolventes orgánicos	6	43	1.7

### 9.3 Límite de reproducibilidad, *R*

El valor por debajo del cual cabe esperar que se encuentre la diferencia absoluta entre dos resultados de ensayo, cada uno ellos siendo la media de dos determinaciones, cuando los resultados de ensayo se determinan por técnicos con el mismo material y en diferentes laboratorios de acuerdo con el método de ensayo normalizado, se puede esperar que esté en un intervalo de 3 s con una probabilidad del 95% para la copa de flujo de 4 mm y aproximadamente 6 s para la copa de flujo de 6 mm. Los detalles de los resultados se dan en la Tabla 3.

**Tabla 3 – Límite de reproducibilidad, *R***

Líquido de ensayo	Diámetro del orificio mm	Valor medio del tiempo de flujo s	Límite de repetibilidad r s
Aceite de motor	4	55	2.2
Barniz, a base de disolventes orgánicos	4	56	3.2
Aceite de motor	6	60	3.9
Barniz, a base de disolventes orgánicos	6	43	5.5

## 10 Informe de Ensayo

El informe del ensayo debe incluir al menos la siguiente información:

- a) todos los datos necesarios para identificar el producto ensayado;
- b) una referencia a esta norma cubana (NC-ISO 2431) y la designación (Nº 3, Nº 4, Nº 5 ó Nº 6) de la copa de flujo empleada;
- c) número de identificación del fabricante de la copa de flujo empleada;
- d) la temperatura de ensayo;
- e) el tiempo de flujo (para fines de arbitraje, se deben indicar, además, los valores individuales);
- f) cualquier desviación, acordada o no, respecto al procedimiento especificado;
- g) cualquier aspecto inusual (anomalías) observado durante el ensayo;
- h) la fecha del ensayo.

## Anexo A (Normativo)

### Comprobación del desgaste y deterioro de las copas de flujo

#### A.1 Generalidades

Se pueden utilizar dos métodos para la comprobación de las copas de flujo. En el método A, la copa de flujo se comprueba mediante un material de referencia certificado (MRC) o un patrón de referencia secundario (PTS). En el método B, la copa de flujo se comprueba frente a una copa de flujo certificada.

#### A.2 Patrones necesarios

**A.2.1** Material de referencia certificado (MRC), compuesto por un aceite newtoniano normalizado de una viscosidad cinemática y estabilidad conocidas. El MRC deberá estar certificado por un laboratorio acreditado.

**A.2.2** Patrón de trabajo secundario (PTS), compuesto, por ejemplo, un aceite de motor disponible comercialmente u otra sustancia con una viscosidad cinemática determinada al ensayar al menos tres veces sub-muestras representativas, mediante la utilización de un instrumento verificado previamente utilizando un MRC, analizando estadísticamente los resultados y, después de la eliminación de cualquier valor atípico, calculando la media aritmética de los resultados.

Se almacenan los PTS en recipientes que mantendrán la integridad de los PTS, apartados de la luz solar directa, a una temperatura que no exceda 10 °C.

Un PTS se puede utilizar hasta tres veces. Debe dejarse atemperar y se deja en reposo para que vuelva a volatilizar durante al menos 3 h.

**A.2.3** Copa de flujo, certificada por un laboratorio acreditado.

#### A.3 Método A - Comprobación de la utilización de un MRC o un PTS.

Para comprobar una copa de flujo particular, se emplea un MRC o un PTS con una viscosidad cinemática conocida a  $(23 \pm 0,2)$  °C. Se elige un MRC o un PTS que tenga un tiempo de flujo dentro del intervalo de 30 s a 100 s, y preferiblemente para la copa de flujo de referencia próximo al punto medio de este intervalo.

Se acondiciona el MRC o el PTS, y la copa de flujo que se va a calibrar, a  $(23 \pm 0,2)$  °C durante 2 h como mínimo. Se determina el tiempo de flujo del MRC o el PTS, procediendo según el método especificado en el epígrafe 7, con una precisión de 0,2 s.

Se realiza la determinación tres veces.

Se calcula el valor medio de las tres determinaciones y la viscosidad cinemática del líquido dado por la copa de flujo, mediante la ecuación adecuada de la Tabla 1.

Se calcula la diferencia entre la viscosidad medida y la certificada mediante la ecuación (A.1):

$$\Delta v = \frac{(v_{medida} - v_{certificada}) \times 100}{v_{certificada}} \quad (A.1)$$

Donde:

$\Delta v$  es la diferencia entre la viscosidad medida y la certificada, expresada en porcentaje;

$v_{medida}$  es la viscosidad calculada del tiempo de flujo determinado, en milímetros cuadrados por segundo;

$v_{certificada}$  es la viscosidad del MRC o el PTS, en milímetros cuadrados por segundo.

Si los dos valores de la viscosidad cinemática calculada que se obtienen no difieren en más de un 3%, la copa de flujo se considera apta para su uso.

NOTA Cuando se utiliza un PTS, en lugar de calcular la viscosidad cinemática de los tiempos de flujo medidos se puede utilizar directamente para calcular la desviación, expresado como  $\Delta t$  [véase la ecuación (A.2)].

#### A.4 Método B – Calibración mediante una copa de flujo certificada

Para calibrar una copa de flujo concreta, se utiliza una taza de flujo de referencia certificada del mismo tipo. Se elige un PTS con un tiempo de flujo que se encuentra en el rango de 30 s a 100 s, y preferiblemente próximo al punto medio de este intervalo, por la copa de flujo de referencia.

Se acondiciona la copa flujo de referencia certificada, la copa de flujo que se va a calibrar y el PTS en un recinto de temperatura controlada a una temperatura entre 20 °C y 25 °C durante al menos 2 h. Durante este acondicionamiento y la consiguiente medición del tiempo de flujo, la temperatura debe permanecer constante dentro de un rango de  $\pm 0,2$  °C. Se determina el tiempo de flujo del PTS, mediante el procedimiento especificado en el epígrafe 7, con una precisión de 0,2 s.

Se realizan las determinaciones por triplicado. Calcular el resultado como la media de las tres determinaciones.

Se calcula la variación entre el tiempo de flujo que se obtiene con la copa de flujo de referencia certificada y el de la copa de flujo que se calibra, mediante la ecuación (A.2):

$$\Delta t = \frac{(t_{calibración} - t_{certificada}) \times 100}{t_{certificada}} \quad (A.2)$$

Donde:

$\Delta t$  es la diferencia entre el tiempo de flujo obtenido con la copa certificada y el que se obtiene con la copa que se calibra, expresada como porcentaje;

$t_{calibración}$  es el tiempo determinado con la copa de flujo a calibrar, en segundos;

$t_{certificada}$  es el tiempo determinado con la copa de flujo de referencia certificada, en cuestión de segundos.

Si los dos valores de los tiempos de flujo obtenidos no difieren en más del 3% (absoluto), se considera que la copa de flujo está apta para su uso.

**Anexo B**  
(Informativo)

**Conversión de los tiempos de flujo de una temperatura a otra**

Si el tiempo de flujo no se puede medir a la temperatura especificada, es necesario obtenerlo a partir de otra temperatura de medición. En este anexo se describe un método de interpolación para la conversión. El método no es adecuado para la extrapolación de los datos fuera del intervalo de temperaturas definido.

La ecuación de Vogel es una aproximación bien comprobada y frecuentemente utilizada del comportamiento de viscosidad/temperatura de pinturas. Viene dado por la ecuación (B.1), para los tiempos de flujo:

$$\ln t = A + \frac{B}{T+C} \quad (\text{B.1})$$

en el que las constantes de  $A, B$  y  $C$  viene dadas por las ecuaciones de la (B.2) a (B.4):

$$C = \frac{(\ln t_1 - \ln t_3)(T_1 - T_2)T_3 - (\ln t_1 - \ln t_2)(T_1 - T_3)T_2}{(\ln t_1 - \ln t_2)(T_1 - T_3) - (\ln t_1 - \ln t_3)(T_1 - T_2)} \quad (\text{B.2})$$

$$A = \frac{(T_1 + C)\ln t_1 - (T_2 + C)\ln t_2}{(T_1 - T_2)} \quad (\text{B.3})$$

$$B = (T_2 + C)(\ln t_2 - A) \quad (\text{B.4})$$

Donde:

$T_1$  es el límite de temperatura inferior, en grados Celsius;

$T_2$  es la temperatura en el medio del intervalo, en grados Celsius;

$T_3$  es el límite superior de temperatura, en grados Celsius;

$t_1$  es el tiempo de flujo, en segundos, a la temperatura  $T_1$ ;

$t_2$  es el tiempo de flujo, en segundos, a la temperatura  $T_2$ ;

$t_3$  es el tiempo de flujo, en segundos, a la temperatura  $T_3$ .

La conversión de los tiempos de flujo de una temperatura a otra, muestra únicamente los resultados válidos si:

- el intervalo escogido de la temperatura  $T_3 - T_1$  es  $\leq 20$  °C;
- la conversión no conlleva la extrapolación fuera del intervalo de temperaturas definidas.

Si las constantes  $A$ ,  $B$  y  $C$  son conocidas (por ejemplo, véase la Tabla B.1), los datos de interpolación dentro del intervalo de  $T_1$  a  $T_3$  se pueden calcular mediante la ecuación (B.1) y se tabulan (por ejemplo, véase la Tabla B.2). Adicionalmente, los datos se pueden representar gráficamente como una curva de interpolación (por ejemplo, véase la figura B.1).

**Tabla B.1 – Cálculo de las constantes  $A$ ,  $B$  y  $C$**

Temperatura °C		Tiempo de flujo s		Valores calculados de $A$ , $B$ y $C$	
$T_1$	16	$t_1$	62	$A$	3.641
$T_2$	23	$t_2$	54	$B$	8.552
$T_3$	30	$t_3$	50	$C$	1.609

**Tabla B.2 – Valores interpolados del tiempo de flujo entre los tres valores básicos**

Temperatura °C	Tiempo de flujo s
16	62.0
17	60.4
18	59.0
19	57.8
20	56.7
21	55.7
22	54.8
23	54.0
24	53.3
25	52.6
26	52.0
27	51.4
28	50.9
29	50.4
30	50.0



**Leyenda**

t tiempo de flujo, en segundos  
 T temperatura, en grados Celsius

**Figura B.1 – Ejemplo de relación entre tiempo de flujo  $t$  y la temperatura  $T$**

### **Bibliografía**

- [1] ISO 3219, Plásticos - Polímeros/resinas en estado líquido, en emulsión o en dispersión - Determinación de la viscosidad utilizando un viscosímetro de rotación con velocidad de cizallamiento definida.
- [2] ISO 4287, Especificaciones geométricas de producto (GPS) - Textura superficial: Método del perfil - Términos, definiciones y parámetros de calidad superficial.
- [3] ISO 5725-2, Exactitud (veracidad y precisión) de los métodos de medición y resultados - Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad de un método normalizado de medición.