

LIBRO: **MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

PARTE: **2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS**

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: 003. Finura del Cemento por el Método de Permeabilidad al Aire

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar, mediante el método de permeabilidad al aire, la finura de los cementos Pórtland y Pórtland especial, a que se refiere la Norma N-CMT-2-02-001, *Calidad del Cemento Pórtland*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite conocer la finura del cemento Pórtland o Pórtland especial, en términos de la superficie específica del cemento, expresada como el área total de las partículas en relación con su masa, en cm^2/g . Este valor se obtiene al hacer pasar una determinada cantidad de aire a través de una capa preparada de cemento, con una porosidad o relación del volumen de poros en la capa entre su volumen total, definida en función del tamaño de las partículas, que determina la velocidad con que el aire fluye a través de la capa.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con la Norma N-CMT-2-02-001, *Calidad del Cemento Pórtland* y el Manual M-MMP-2-02-001, *Muestreo de Cemento Pórtland*.

D. EQUIPO Y MATERIALES

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre la fecha de su caducidad.

D.1. APARATO DE BLAINE

Compuesto de cuatro piezas fundamentales, cuyas características se describen a continuación.

D.1.1. Celda metálica de permeabilidad

Con la forma y dimensiones indicadas en la Figura 1 de este Manual, de acero inoxidable que no se amalgame con el mercurio (AISI tipo 303), compuesta por una cámara superior cilíndrica con un acabado interior pulido a $0,81 \mu\text{m}$ y un acople inferior que permita su ajuste hermético con el extremo superior del manómetro que se describe más adelante. En su interior, el extremo inferior de la cámara debe tener un reborde de 0,5 a 1 mm de ancho, que permita sostener un disco metálico perforado, mientras que el borde superior de la cámara debe formar un ángulo recto con respecto al eje vertical de la celda.

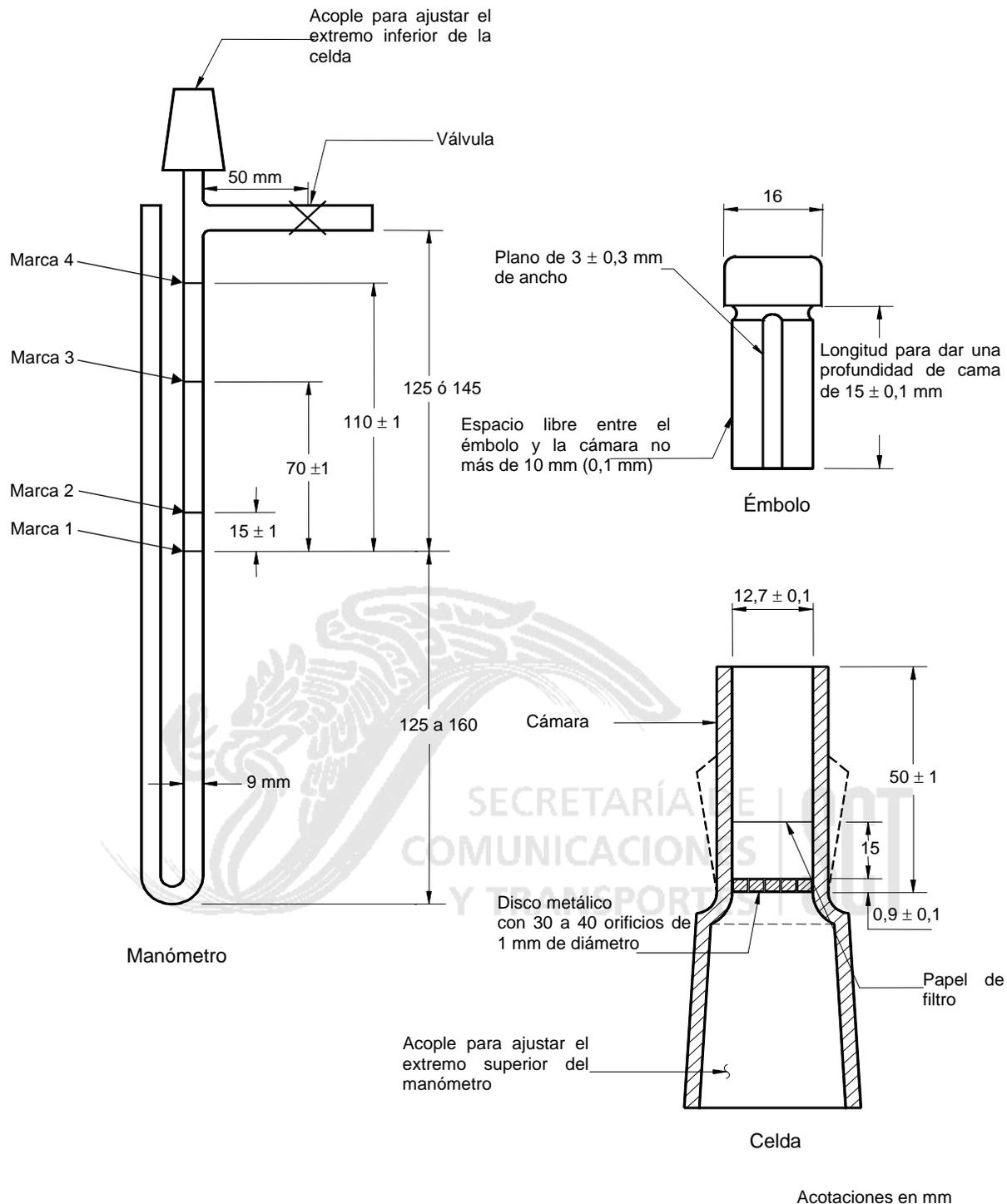


FIGURA 1.- Aparato de Blaine

D.1.2. Disco perforado

De metal resistente a la corrosión, de $12,7 \pm 0,1$ mm de diámetro y $0,9 \pm 0,1$ mm de espesor, con 30 a 40 perforaciones de 1 mm de diámetro, distribuidas uniformemente en su área y una marca legible en una de sus caras que servirá de guía para colocarlo con el lado marcado hacia abajo, siempre en la misma posición. Esta marca estará ubicada de tal forma que no toque algún orificio ni coincida con el reborde de la celda de permeabilidad donde debe apoyarse el disco.

D.1.3. Émbolo cilíndrico

Con la forma y dimensiones indicadas en la Figura 1 de este Manual, de acero inoxidable que no se amalgame con el mercurio (AISI tipo 303), capaz de ajustarse en el interior de la celda de permeabilidad con una holgura no mayor de 0,1 mm. Su extremo inferior debe ser plano, en ángulo recto respecto a su eje vertical y en su parte superior debe tener un mango dispuesto de forma tal que cuando el émbolo se coloque en la celda y se apoye en el borde superior de ésta, la distancia entre el extremo inferior del émbolo y la parte superior del disco perforado sea de $15 \pm 0,1$ mm. Además, a lo largo del émbolo contará con una salida de aire formada por un área plana de $3 \pm 0,3$ mm de ancho.

D.1.4. Manómetro

En forma de "U", según el diseño y las dimensiones mostradas en la Figura 1 de este Manual, formado por un tubo de vidrio de 9 mm de diámetro nominal exterior, de pared estándar. En la parte superior de una de las ramas habrá un cople para recibir la celda de permeabilidad y generar una conexión hermética entre estas piezas; debajo del cople, la rama contará con un brazo lateral de succión (tubo horizontal de succión), de tal forma que la longitud desde la parte inferior de la U hasta la parte inferior del brazo estará comprendida entre 250 y 305 mm. El brazo lateral de succión estará equipado con una válvula de cierre hermético situada a una distancia no mayor de 50 mm desde la unión de la rama con el brazo. Además, esta misma rama contará con marcas grabadas alrededor del tubo; la primera (marca 1) estará colocada a 125 ó 145 mm de la parte inferior del brazo lateral de succión, mientras que las siguientes se situarán hacia arriba a partir de esta primera marca, dispuestas en el siguiente orden: la segunda (marca 2) a 15 ± 1 mm, la tercera (marca 3) a 70 ± 1 mm y la cuarta (marca 4) a 110 ± 1 mm.

D.2. BOMBA DE SUCCIÓN

Capaz de producir un vacío parcial de 100 mm de mercurio (Hg), al tubo horizontal de succión del manómetro.

D.3. BALANZA ANALÍTICA

Con capacidad de 2 000 g y aproximación de 0,001g.

D.4. CRONÓMETRO

Con mecanismo de paro y arranque, aproximación de 0,5 s como mínimo y precisión mínima de 1% para intervalos de 60 a 300 s.

D.5. TERMÓMETRO

Con un rango de 0 a 60°C y aproximación de 1°C.

D.6. SOPORTE O DISPOSITIVO DE POSICIONAMIENTO

Capaz de sostener el manómetro y todo el dispositivo de prueba.

D.7. CUCHARÓN METÁLICO O SIMILAR

De tamaño adecuado para manipular el material bajo prueba.

D.8. FRASCO DE VIDRIO CON TAPA

De aproximadamente 120 cm³ de capacidad, completamente limpio y seco.

D.9. PLACA DE VIDRIO

Con forma rectangular de 25 x 25 x 3 mm.

D.10. ÉMBOLO DE MADERA

Liso, de 7 mm de diámetro y 120 mm de longitud, para colocar el papel filtro.

D.11. AGITADOR

Varilla de vidrio o acero inoxidable, de tamaño adecuado para manipular la muestra de cemento dentro del frasco de vidrio descrito en la Fracción D.8. de este Manual.

D.12. HOJAS DE PAPEL FILTRO

De retención media, en forma de disco con el mismo diámetro del interior de la celda de permeabilidad y bordes tersos.

D.13. MERCURIO

Destilado y en cantidad suficiente para llenar completamente la cámara de la celda de presión.

D.14. LÍQUIDO O ACEITE MINERAL

Líquido no volátil, no higroscópico, de baja viscosidad y densidad como dibutilftalato (dibutil 1,2-dicarbixilato de benzeno) o un aceite mineral de grado ligero.

D.15. MUESTRA PATRÓN DE CEMENTO

Para la calibración del aparato de Blaine, de reconocimiento internacional.

E. TRABAJOS PREVIOS

Con el propósito de garantizar que no existan residuos de cemento o polvo adheridos a la pared de la cámara de la celda de permeabilidad, al disco perforado o al émbolo metálico, antes de iniciar cada prueba o calibración es necesario que el aparato de Blaine esté limpio y seco, por lo que con un chorro fuerte de agua se lavan la celda de permeabilidad, el disco perforado y el émbolo metálico y se dejan secar completamente. Si el aparato de Blaine ha permanecido almacenado por un tiempo prolongado, se debe lavar como se indicó anteriormente, antes de su utilización.

F. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

- F.1.** El manómetro se sujeta con un soporte o dispositivo que lo mantenga firme, en posición vertical y sin riesgo de rotura, que le permita ensamblarse fácilmente con la celda de permeabilidad y la bomba de succión conforme a lo que se señala en la Cláusula I. de este Manual.
- F.2.** Posteriormente se llena el manómetro hasta la mitad de su altura con alguno de los fluidos indicados en la Fracción D.14. de este Manual, de manera que su nivel no sobrepase la marca inferior (marca 1).
- F.3.** Finalmente, el brazo lateral de succión del manómetro se conecta a la bomba de succión, de tal forma que la unión entre estos elementos sea lo más hermética posible.

G. CALIBRACIÓN DEL APARATO DE BLAINE

La calibración del aparato de Blaine tiene por objeto determinar, por el método del mercurio desplazado, el tiempo necesario para hacer pasar una determinada cantidad de aire a través de una capa preparada con la muestra patrón de cemento, con una porosidad definida.

La calibración debe realizarse periódicamente a fin de corregir cualquier posible desgaste del aparato de Blaine, cuando ocurra cualquier pérdida en el líquido del manómetro o cuando exista algún cambio en el tipo o la calidad del papel filtro que se utilice en las pruebas, procediendo como se indica a continuación.

G.1. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN APARENTE

Deben realizarse por lo menos dos determinaciones del volumen aparente, por el mismo operador, utilizando porciones de prueba diferentes obtenidas de la muestra patrón. El volumen aparente V que se ha de utilizar para determinar la cantidad de cemento por probar, debe ser el promedio de dos valores obtenidos que no difieran entre sí más de 0,005 cm³, considerando que cada determinación se hace de la siguiente manera:

- G.1.1.** En la cámara de la celda de permeabilidad, limpia y seca conforme a lo indicado en la Cláusula E. de este Manual, se colocan el disco perforado y dos hojas de papel filtro, presionando sus bordes con el émbolo de madera hasta que asienten correctamente sobre el disco.
- G.1.2.** Se llena la cámara con mercurio, removiendo todas las burbujas de aire adheridas a la pared y se nivela el mercurio con el borde superior, haciendo presión con la placa de vidrio para desplazar el mercurio excedente y cuidando que no se formen burbujas en la superficie.
- G.1.3.** Se extrae el mercurio de la cámara, se pesa y se registra su masa como W_a , con aproximación de 0,001 g, así como la temperatura ambiente cerca de la celda, que se registra como t_a , con aproximación de 1°C.
- G.1.4.** Se retira de la cámara la hoja superior de papel filtro sin mover la inferior.
- G.1.5.** De la muestra patrón de cemento, que debe estar a la temperatura ambiente, se pone en el frasco de vidrio, limpio y seco, una porción de la muestra de prueba de $2,8 \pm 0,001$ g y se prepara como se indica en la Cláusula H. de este Manual.
- G.1.6.** Se verifica que la porción de prueba haya quedado compacta y firme. En el caso de que quede suelta o que no se pueda comprimir al volumen deseado, es necesario repetir el procedimiento, ajustando la cantidad de cemento patrón utilizado en la prueba.
- G.1.7.** Conforme a lo indicado en los Incisos G.1.2. y G.1.3. de este Manual, se vuelve a llenar con mercurio la cámara de la celda de permeabilidad que contiene la porción de la muestra de prueba, pero registrando ahora la masa del mercurio como W_b y la temperatura ambiente como t_b , empleando para cada caso la aproximación indicada anteriormente.
- G.1.8.** Se calcula el volumen aparente de la porción de la muestra de prueba, con aproximación de 0,005 cm³, mediante la siguiente expresión:

$$V_i = \frac{W_a}{\rho_{Hg_a}} - \frac{W_b}{\rho_{Hg_b}}$$

Donde:

V_i = Volumen aparente que ocupa la porción de prueba en la cámara de la celda de permeabilidad, (cm³)

W_a = Masa del mercurio con el que se llenó totalmente la cámara de la celda de permeabilidad, (g)

W_b = Masa del mercurio con el que se llenó la cámara de la celda de permeabilidad con la porción de prueba, (g)

ρ_{Hg_a} = Densidad del mercurio obtenida de la Tabla 1 de este Manual, a la temperatura ambiente (t_a) con la que se determinó W_a , (g/cm³)

ρ_{Hg_b} = Densidad del mercurio obtenida de la Tabla 1 de este Manual, a la temperatura ambiente (t_b) con la que se determinó W_b , (g/cm³)

TABLA 1.- Variación de la densidad del mercurio con la temperatura

Temperatura ambiente t °C	Densidad del mercurio ρ_{Hg} g/cm ³	Viscosidad del aire η μPa·s	$\sqrt{\eta}$
16	13,56	17,88	4,23
18	13,55	17,98	4,24
20	13,55	18,08	4,25
22	13,54	18,18	4,26
24	13,54	18,28	4,28
26	13,53	18,37	4,29
28	13,53	18,47	4,30
30	13,52	18,57	4,31
32	13,52	18,67	4,32
34	13,51	18,76	4,33

G.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE ESCURRIMIENTO

Deben realizarse por el mismo operador, al menos tres determinaciones del tiempo de escurrimiento, utilizando porciones diferentes obtenidas de la muestra patrón o de la misma porción de prueba previamente disgregada, siempre que se conserve en estado seco y que todas las determinaciones se ejecuten en un periodo no mayor de 4 h. El tiempo de escurrimiento T_s y la temperatura ambiente de la prueba de calibración t_s , que se han de utilizar para determinar la finura del cemento que se pruebe, serán el promedio de los valores obtenidos en dichas determinaciones, considerando que cada determinación se hace de la siguiente manera:

- G.2.1. Con la muestra patrón de cemento se prepara en la cámara de la celda de permeabilidad, una porción de la muestra de prueba W_{mp} , para lo cual se aplica el procedimiento descrito en la Cláusula H. de este Manual.
- G.2.2. Se ejecuta la prueba como se indica en la Cláusula I. de este Manual, obteniendo de cada determinación el intervalo de tiempo medido, que se registra como T y la temperatura ambiente con la que se realizó la prueba, que se registra como t .
- G.2.3. Adicionalmente se preparará una porción de prueba secundaria para usarla como patrón de finura en las determinaciones de comprobación entre las calibraciones programadas con la muestra patrón de cemento.

H. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra de cemento, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-2-02-001, *Muestreo de Cemento Pórtland*, debe ser ejecutada por el mismo operador que haya realizado la última calibración del aparato de Blaine y de acuerdo con lo indicado a continuación:

- H.1. En la cámara de la celda de permeabilidad, limpia y seca, se colocan el disco perforado y una hoja de papel filtro, presionando sus bordes con el émbolo de madera hasta que asiente correctamente sobre el disco.
- H.2. De la muestra de cemento Pórtland o Pórtland especial, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-2-02-001, *Muestreo de Cemento Pórtland*, que debe estar a la temperatura ambiente, se pone en el frasco de vidrio una porción de prueba W_{mp} , cuya masa se determina, con una aproximación de 0,001 g, mediante la siguiente expresión:

$$W_{mp} = \rho V (1 - \varepsilon)$$

Donde:

- W_{mp} = Masa requerida de la porción de prueba, (g)
 ρ = Densidad de la porción de prueba, que para el cemento Pórtland se considera de 3,15, (g/cm³)
 V = Volumen aparente de la porción de prueba, obtenido como se indica en la Fracción G.1. de este Manual, (cm³)
 ε = Porosidad deseada para la porción de prueba, que para cemento Pórtland se considera de $0,5 \pm 0,005$, salvo que se trate de cemento Pórtland Tipo III, en cuyo caso la porosidad será de $0,53 \pm 0,005$, (adimensional)

- H.3.** Se tapa el frasco de vidrio que contiene la porción de prueba, se sacude vigorosamente con las manos por un lapso de 2 min, con el propósito de romper los grumos y dispersar las partículas, para después dejarlo reposar por 2 min sin destaparlo; a continuación se retira la tapa y se remueve con el agitador, para distribuir la fracción fina que se haya depositado en la superficie de la porción de prueba.
- H.4.** En la cámara de la celda de permeabilidad, limpia y seca conforme a lo indicado en la Cláusula E. de este Manual, se coloca el disco perforado y sobre éste una hoja de papel filtro, presionando sus bordes con el émbolo de madera hasta que asiente correctamente sobre el disco; posteriormente la porción de prueba contenida en el frasco de vidrio se introduce en la cámara de la celda de permeabilidad, golpeando ligeramente la celda para lograr que la porción de prueba se distribuya uniformemente y cuidando que no queden partículas adheridas en las paredes del frasco y de la cámara. Se coloca sobre la porción la hoja superior de papel filtro, acomodándola suavemente con el émbolo de madera. Se compacta la porción haciendo presión con el émbolo metálico, éste se levanta ligeramente, se gira respecto a su eje vertical aproximadamente 90° y se vuelve a comprimir la muestra sucesivamente hasta que el mango del émbolo metálico haga contacto con el borde superior de la cámara; a continuación se retira suavemente el émbolo metálico.
- H.5.** Inmediatamente después de cada prueba se desmonta el aparato de Blaine, se retira la porción de prueba y se extrae el disco perforado, procediendo a efectuar su lavado y secado conforme a lo señalado en la Cláusula E. de este Manual.

I. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

La prueba será ejecutada por el mismo operador que realizó la última calibración del aparato de Blaine, en la forma que se indica a continuación:

- I.1.** La celda de permeabilidad con la porción ya preparada conforme a lo establecido en la Fracción H.4., se acopla en la conexión hermética del manómetro previamente habilitado conforme a lo indicado en el Inciso D.1.4. de este Manual y conectado a la bomba de succión. Se verifica la hermeticidad de la conexión teniendo cuidado de no sacudir o perturbar el espécimen de prueba, para lo que, activando la bomba de succión, se evacua suavemente el aire del interior del manómetro hasta que el líquido alcance la marca 4 del manómetro; rápidamente se cierra la válvula y se bloquea la parte superior de la celda impidiendo el paso de aire. Si el líquido baja, existe una fuga de aire en el sistema y se repite la operación hasta que el nivel se mantenga.
- I.2.** Verificada la hermeticidad de la conexión, se inicia la prueba desbloqueando la parte superior de la celda. Cuando el líquido baje hasta que la parte inferior de su *menisco* llegue a la marca 3 del manómetro, inmediatamente se activa el cronómetro deteniéndolo cuando dicha parte del menisco llegue a la marca 2. Se registran el tiempo medido T , en s, con aproximación de 0,5 s, que corresponde al tiempo de escurrimiento, y la temperatura ambiente, t , con la que se realizó la prueba, en °C con aproximación a la unidad.

J. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Se reporta como resultado de la prueba, en cm^2/g con aproximación a la unidad, la finura del material en términos de la superficie específica, que se calcula con base en los resultados de la prueba y en los datos de la calibración del aparato de Blaine, usando la fórmula que corresponda de entre las mostradas en la Tabla 2 de este Manual y considerando que para un cemento Pórtland o Pórtland especial se reporta como finura el resultado de solamente una prueba, mientras que para cemento Pórtland Tipo III u otros materiales de alta finura con tiempos de escurrimiento grandes, se reporta como finura el promedio de los resultados de cuando menos dos pruebas hechas al mismo material, cuyos valores no difieran entre sí más de 2%. De no cumplirse esta condición, se deben descartar los valores y se repiten las pruebas hasta que se cumpla con ella.

K. PRECAUCIONES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

- K.1.** Realizar la prueba en un lugar cerrado para mantener la temperatura ambiente estable; con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire que puedan provocar pérdidas de partículas.
- K.2.** Verificar que el aparato de Blaine esté perfectamente limpio y seco en todas sus partes, antes de iniciar cada prueba, con el propósito de que no se adhiera el material a la pared de la cámara de la celda de permeabilidad y que las perforaciones del disco metálico no estén obstruidas.
- K.3.** Mantener la muestra patrón de cemento y el material por probar a la misma temperatura que el cuarto de laboratorio donde se calibre el aparato de Blaine o se ejecute la prueba.
- K.4.** Colocar el disco perforado en la celda de permeabilidad, siempre en la misma posición, con la cara marcada hacia abajo.
- K.5.** Tener especial cuidado en utilizar papel filtro de buena calidad, limpio y seco, con el diámetro apropiado, pues si éste resulta grande o pequeño puede inducir a errores en la prueba.
- K.6.** Cuidar que el manómetro esté correctamente habilitado, conectado con la bomba de succión y que su líquido no se mezcle o contamine con otras sustancias.
- K.7.** Garantizar la hermeticidad de la conexión entre la celda de permeabilidad y el manómetro y que no existan fugas de aire en el sistema.

TABLA 2.- Fórmulas para el cálculo de la finura

Condición		Fórmula ^[1]
Para cemento Pórtland o Pórtland especial con $0,495 \leq \varepsilon \leq 0,505$	$t_s - 3 \leq t \leq t_s + 3$	$S = \frac{S_s \sqrt{T}}{\sqrt{T_s}} \dots\dots\dots(3)$
	$t < t_s - 3$ ó $t > t_s + 3$	$S = \frac{S_s \sqrt{\eta_s} \sqrt{T}}{\sqrt{\eta} \sqrt{T_s}} \dots\dots\dots(4)$
Para cemento Pórtland o Pórtland especial con $\varepsilon < 0,495$ ó $\varepsilon > 0,505$	$t_s - 3 \leq t \leq t_s + 3$	$S = \frac{S_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{(1 - \varepsilon) \sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s}} \dots\dots\dots(5)$
	$t < t_s - 3$ ó $t > t_s + 3$	$S = \frac{S_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\eta_s} \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{(1 - \varepsilon) \sqrt{\eta} \sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s}} \dots\dots\dots(6)$
Para materiales que no sean cemento Pórtland o Pórtland especial	$t_s - 3 \leq t \leq t_s + 3$	$S = \frac{S_s \rho_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (1 - \varepsilon) \sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s}} \dots\dots\dots(7)$
	$t < t_s - 3$ ó $t > t_s + 3$	$S = \frac{S_s \rho_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\eta_s} \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (1 - \varepsilon) \sqrt{\eta} \sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s}} \dots\dots\dots(8)$

Donde:
S = Finura de la porción probada, en términos de la superficie específica, (cm²/g)
S_s = Finura de la porción patrón usada en la calibración del aparato de Blaine, en términos de la superficie específica, (cm²/g)
T = Tiempo de escurrimiento para la muestra probada, (s)
T_s = Tiempo de escurrimiento obtenido en la calibración del aparato de Blaine, (s)
η = Viscosidad del aire, obtenida de la Tabla 1 de este Manual, para la temperatura ambiente (*t*) con la que se ejecutó la prueba, (μPa·s)
η_s = Viscosidad del aire obtenida de la Tabla 1 de este Manual, para la temperatura ambiente (*t_s*) con la que se calibró el aparato de Blaine, (μPa·s)
ε = Porosidad de la capa preparada para la prueba
ε_s = Porosidad de la capa preparada para la calibración del aparato de Blaine
ρ = Densidad de la porción probada, (para cemento Pórtland se considera 3,15 g/cm³)
ρ_s = Densidad de la porción patrón usada en la calibración del aparato de Blaine, (3,15 g/cm³)
t = Temperatura de la prueba de calibración
t_s = Temperatura de prueba de las muestras

[1] Para facilitar el cálculo de la finura con las fórmulas indicadas en esta Tabla, los valores de $\sqrt{\eta}$, $\sqrt{\varepsilon^3}$ y \sqrt{T} , se pueden obtener de las Tablas 1, 3 y 4, respectivamente.

TABLA 3.- Valores de $\sqrt{\varepsilon^3}$

Porosidad de la porción de prueba (<i>ε</i>)	$\sqrt{\varepsilon^3}$	Porosidad de la porción de prueba (<i>ε</i>)	$\sqrt{\varepsilon^3}$	Porosidad de la porción de prueba (<i>ε</i>)	$\sqrt{\varepsilon^3}$
0,495	0,348	0,504	0,358	0,527	0,383
0,496	0,349	0,505	0,359	0,528	0,384
0,497	0,350	0,506	0,360	0,529	0,385
0,498	0,351	0,507	0,361	0,530	0,386
0,499	0,352	0,508	0,362	0,531	0,387
0,500	0,354	0,509	0,363	0,532	0,388
0,501	0,355	0,510	0,364	0,533	0,389
0,502	0,356	0,525	0,380	0,534	0,390
0,503	0,357	0,526	0,381	0,535	0,391

TABLA 4.- Valores de \sqrt{T}

Tiempo de escurrimiento (T)	\sqrt{T}	Tiempo de escurrimiento (T)	\sqrt{T}	Tiempo de escurrimiento (T)	\sqrt{T}	Tiempo de escurrimiento (T)	\sqrt{T}	Tiempo de escurrimiento (T)	\sqrt{T}	Tiempo de escurrimiento (T)	\sqrt{T}
26,0	5,10	51,0	7,14	76,0	8,72	101	10,05	151	12,29	201	14,18
26,5	5,15	51,5	7,18	76,5	8,75	102	10,10	152	12,33	202	14,21
27,0	5,20	52,0	7,21	77,0	8,77	103	10,15	153	12,37	203	14,25
27,5	5,24	52,5	7,25	77,5	8,80	104	10,20	154	12,41	204	14,28
28,0	5,29	53,0	7,28	78,0	8,83	105	10,25	155	12,45	205	14,32
28,5	5,34	53,5	7,31	78,5	8,86	106	10,30	156	12,49	206	14,35
29,0	5,39	54,0	7,35	79,0	8,89	107	10,34	157	12,53	207	14,39
29,5	5,43	54,5	7,38	79,5	8,92	108	10,39	158	12,57	208	14,42
30,0	5,48	55,0	7,42	80,0	8,94	109	10,44	159	12,61	209	14,46
30,5	5,52	55,5	7,45	80,5	8,97	110	10,49	160	12,65	210	14,49
31,0	5,57	56,0	7,48	81,0	9,00	111	10,54	161	12,69	211	14,53
31,5	5,61	56,5	7,52	81,5	9,03	112	10,58	162	12,73	212	14,56
32,0	5,66	57,0	7,55	82,0	9,06	113	10,63	163	12,77	213	14,59
32,5	5,70	57,5	7,58	82,5	9,08	114	10,68	164	12,81	214	14,63
33,0	5,74	58,0	7,62	83,0	9,11	115	10,72	165	12,85	215	14,66
33,5	5,79	58,5	7,65	83,5	9,14	116	10,77	166	12,88	216	14,70
34,0	5,83	59,0	7,68	84,0	9,17	117	10,82	167	12,92	217	14,73
34,5	5,87	59,5	7,71	84,5	9,19	118	10,86	168	12,96	218	14,76
35,0	5,92	60,0	7,75	85,0	9,22	119	10,91	169	13,00	219	14,80
35,5	5,96	60,5	7,78	85,5	9,25	120	10,95	170	13,04	220	14,83
36,0	6,00	61,0	7,81	86,0	9,27	121	11,00	171	13,08	221	14,87
36,5	6,04	61,5	7,84	86,5	9,30	122	11,05	172	13,11	222	14,90
37,0	6,08	62,0	7,87	87,0	9,33	123	11,09	173	13,15	223	14,94
37,5	6,12	62,5	7,91	87,5	9,35	124	11,14	174	13,19	224	14,97
38,0	6,16	63,0	7,94	88,0	9,38	125	11,18	175	13,23	225	15,01
38,5	6,20	63,5	7,97	88,5	9,41	126	11,22	176	13,27	226	15,04
39,0	6,24	64,0	8,00	89,0	9,43	127	11,27	177	13,30	227	15,08
39,5	6,28	64,5	8,03	89,5	9,46	128	11,31	178	13,34	228	15,11
40,0	6,32	65,0	8,06	90,0	9,49	129	11,36	179	13,38	229	15,15
40,5	6,36	65,5	8,09	90,5	9,51	130	11,40	180	13,42	230	15,18
41,0	6,40	66,0	8,12	91,0	9,54	131	11,45	181	13,45	231	15,22
41,5	6,44	66,5	8,15	91,5	9,57	132	11,49	182	13,49	232	15,25
42,0	6,48	67,0	8,19	92,0	9,59	133	11,53	183	13,53	233	15,29
42,5	6,52	67,5	8,22	92,5	9,62	134	11,58	184	13,56	234	15,32
43,0	6,56	68,0	8,25	93,0	9,64	135	11,62	185	13,60	235	15,36
43,5	6,60	68,5	8,28	93,5	9,67	136	11,66	186	13,64	236	15,39
44,0	6,63	69,0	8,31	94,0	9,70	137	11,70	187	13,67	237	15,43
44,5	6,67	69,5	8,34	94,5	9,72	138	11,75	188	13,71	238	15,46
45,0	6,71	70,0	8,37	95,0	9,75	139	11,79	189	13,75	239	15,50
45,5	6,75	70,5	8,40	95,5	9,77	140	11,83	190	13,78	240	15,53
46,0	6,78	71,0	8,43	96,0	9,80	141	11,87	191	13,82	241	15,57
46,5	6,82	71,5	8,46	96,5	9,82	142	11,92	192	13,86	242	15,60
47,0	6,86	72,0	8,49	97,0	9,85	143	11,96	193	13,89	243	15,64
47,5	6,89	72,5	8,51	97,5	9,87	144	12,00	194	13,93	244	15,67
48,0	6,93	73,0	8,54	98,0	9,90	145	12,04	195	13,96	245	15,71
48,5	6,96	73,5	8,57	98,5	9,92	146	12,08	196	14,00	246	15,74
49,0	7,00	74,0	8,60	99,0	9,95	147	12,12	197	14,04	247	15,78
49,5	7,04	74,5	8,63	99,5	9,97	148	12,17	198	14,07	248	15,81
50,0	7,07	75,0	8,66	100,0	10,00	149	12,21	199	14,11	249	15,85
50,5	7,11	75,5	8,69	100,5	10,02	150	12,25	200	14,14	250	15,88

L. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS

NORMA

DESIGNACIÓN

Método de Permeabilidad al Aire NMX-C-056-1997