

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO A LA DEGRADACIÓN POR ABRASIÓN, UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL

INV E – 238 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Esta norma describe un procedimiento para medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso utilizando el aparato Micro-Deval.
- 1.2 Esta norma reemplaza la norma INV E-238-07.

2 DEFINICIONES

- 2.1 *Masa constante* – Condición de una muestra de ensayo secada a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$), cuando no pierde más de 0.1 % de humedad tras 2 h de secado.
- 2.1.1 *Discusión* – Esta condición se puede comprobar pesando la muestra antes y después de cada periodo de 2 h, hasta que la variación en la masa cumpla con lo indicado. Este procedimiento se puede obviar cuando la muestra se seca a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) durante un tiempo mayor que uno previamente comprobado como satisfactorio para producir masa constante, bajo una condición igual o superior de carga en el horno.

3 RESUMEN DEL MÉTODO

- 3.1 El ensayo Micro-Deval es una medida de la resistencia a la abrasión y de la durabilidad de agregados pétreos, como resultado de una acción combinada de abrasión y molienda con esferas de acero en presencia de agua. Una muestra con granulometría normalizada se sumerge inicialmente en agua durante un lapso no menor de una hora. La muestra se coloca entonces en un recipiente de acero de 20 cm de diámetro, con 2.0 litros de agua y una carga abrasiva, consistente en 5000 g de esferas de acero de 9.5 mm de diámetro. Recipiente, agregado, agua y carga se rotan a 100 rpm hasta por 2 horas, dependiendo del tamaño de las partículas (Figura 238 - 1). Posteriormente, se lava la muestra y se seca en el horno. La pérdida es la cantidad de material que

pasa el tamiz de 1.18 mm (No 16), expresada como porcentaje de la masa seca original de la muestra.



Figura 238 - 1. Degradación del agregado durante el ensayo Micro-Deval

4 IMPORTANCIA Y USO

- 4.1** La prueba Micro-Deval tiene por finalidad determinar la pérdida por abrasión de agregados gruesos en presencia de agua y de una carga abrasiva. Muchos agregados son más débiles en estado húmedo que secos, y el uso del agua en este ensayo incorpora esta reducción de resistencia, en contraste con otros ensayos que se realizan solamente con agregados secos. Los resultados del ensayo son útiles para juzgar la resistencia (tenacidad/abrasión) de agregados sujetos a abrasión, cuando no existe información adecuada sobre este tipo de comportamiento.
- 4.2** El ensayo Micro-Deval es útil para el control de calidad, porque detecta cambios en las propiedades de un agregado proveniente de una fuente como parte de un proceso de control de calidad o de aseguramiento de calidad.

5 EQUIPO

- 5.1** *Máquina de abrasión Micro-Deval* – Con un motor capaz de producir en los recipientes cilíndricos una velocidad de rotación regular de 100 ± 5 rpm (Figura 238 - 2).

Nota 1: Si el equipo tiene adaptado un contador, el ensayo se puede realizar contando el número de revoluciones (numeral 8.3.2).

- 5.2** *Recipientes cilíndricos* – Uno o más cilindros huecos, de 5 litros de capacidad, con las características y dimensiones mostradas en la Figura 238 - 2. Los cilindros deberán ser de acero inoxidable, de espesor mínimo de 3 mm. Se apoyarán sobre dos soportes cilíndricos de eje horizontal que le imponen un giro con la velocidad de rotación indicada en el numeral 5.1. Las superficies internas y externas del recipiente cilíndrico deben ser suaves y no mostrar protuberancias ni hendiduras.
- 5.3** *Carga abrasiva* – La carga abrasiva está constituida por esferas magnéticas de acero inoxidable, de 9.5 ± 0.5 mm de diámetro. Cada recipiente cilíndrico requiere una carga de 5000 ± 5 g de estas esferas.
- 5.4** *Balanza* – Que permita lecturas con una precisión de 1g.
- 5.5** *Tamices* – De las siguientes medidas: 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ "), 16.0 mm ($\frac{5}{8}$ "), 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ "), 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ "), 6.7 mm (0.265"), 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ "), 4.75 mm (No. 4) y 1.18 mm (No. 16).
- 5.6** *Horno* – Capaz de mantener la temperatura a $110 \pm 5^\circ$ C ($230 \pm 9^\circ$ F).

6 SUMINISTROS

- 6.1** *Agregado de referencia de laboratorio* – Una provisión de un agregado de calidad reconocida que sirva como referencia.

Nota 2: La ASTM recomienda como agregado de referencia de laboratorio el "Brechin Quarry No.2" de la Sección de Suelos y Agregados del Ministerio de Transporte de Canadá. 1201 Wilson Avenue, Downsview, Ontario, Canada M3M1J8, Fax: 1-416-235-4101.

- 6.2** *Agregado de calibración* – Un suministro de agregado que el laboratorio considere apropiado para la calibración del método de ensayo (Ver numeral 10.1).

7 MUESTRA DE ENSAYO

- 7.1** La muestra de ensayo se debe lavar y luego secar al horno a $110 \pm 5^\circ$ C ($230 \pm 9^\circ$ F) hasta masa constante, separada en fracciones individuales de acuerdo con el procedimiento de la norma INV E –213, y recombinada para obtener las granulometrías mostradas en los numerales 7.2, 7.3 y 7.4. En los casos de los numerales 7.3 y 7.4, se podrá emplear un tamiz de 6.7 mm (0.265") en lugar del de 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ ").

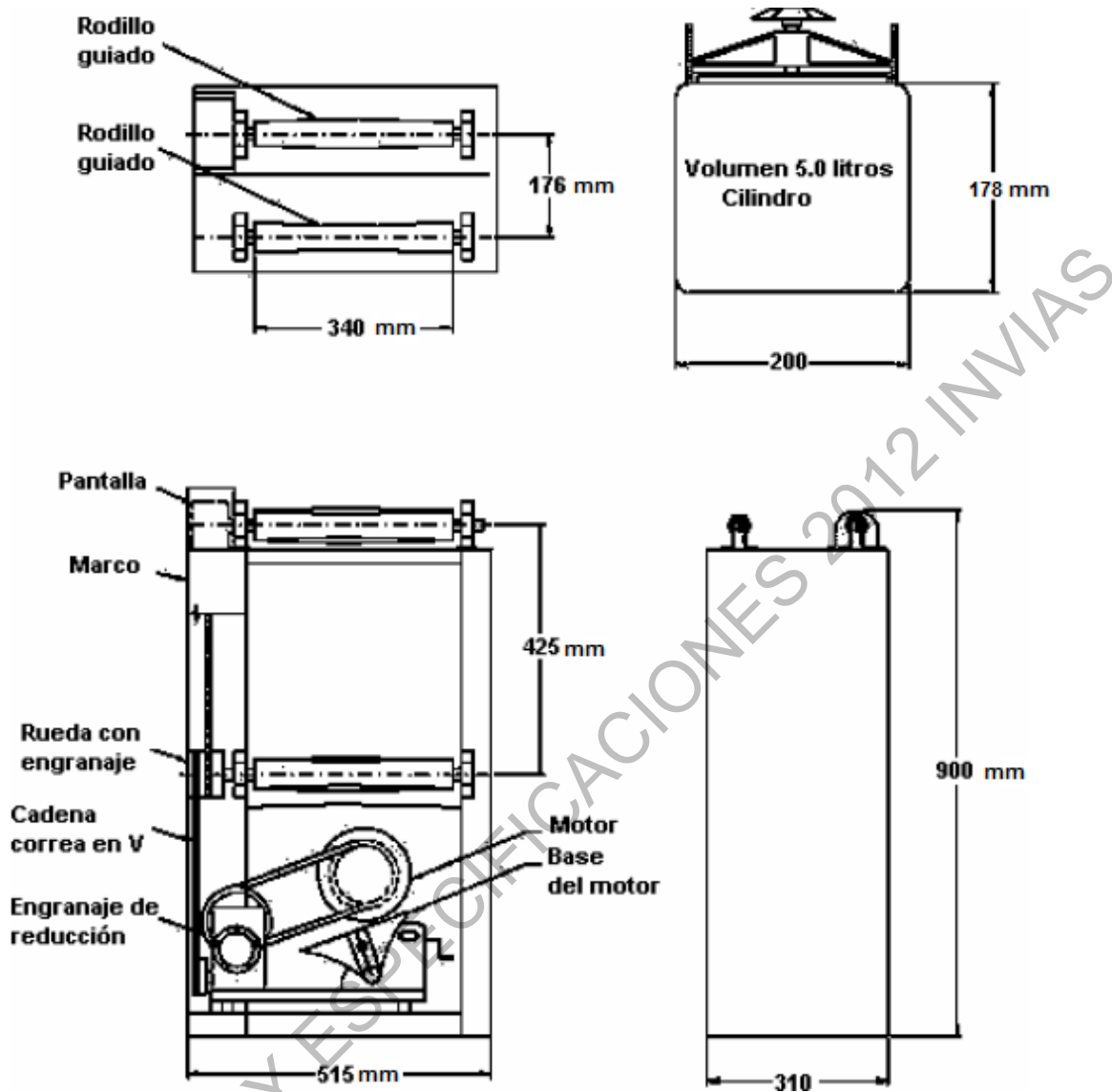


Figura 238 - 2. Aparato Micro-Deval

- 7.2 El agregado para ensayo deberá consistir de material comprendido entre los tamices de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ") y de 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ "). Se deberá preparar una muestra secada al horno de 1500 ± 5 g, como sigue:

PASA TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	MASA
19.0 mm	16.0 mm	375 g
16.0 mm	12.5 mm	375 g
12.5 mm	9.5 mm	750 g

- 7.3** Si el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 12.5 mm, la masa de 1500 ± 5 g se deberá preparar como sigue:

PASA TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	MASA
12.5 mm	9.5 mm	750 g
9.5 mm	6.3 mm	375 g
6.3 mm	4.75 mm	375 g

- 7.4** Si el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 9.5 mm o menos, la masa de 1500 ± 5 g se deberá preparar como sigue:

PASA TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	MASA
9.5 mm	6.3 mm	750 g
6.3 mm	4.75 mm	750 g

8 PROCEDIMIENTO

- 8.1** Se prepara una muestra seca representativa de 1500 ± 5 g, distribuida como se indica en los numerales 7.2 a 7.4. Se determina la masa de la muestra con aproximación de 1.0 g y se registra esta masa como A.
- 8.2** Se somete la muestra a inmersión en 2.0 ± 0.05 litros de agua del grifo, a $20 \pm 5^\circ$ C, durante un lapso mínimo de una 1 h, ya sea en el recipiente del Micro-Deval o en otro recipiente apropiado.
- 8.3** Se coloca la muestra en el recipiente cilíndrico de abrasión del Micro-Deval con 5000 ± 5 g de esferas de acero y el agua usada para saturar la muestra (Figura 238 - 3). Se tapa el recipiente y se coloca sobre la máquina Micro-Deval.



Figura 238 - 3. Colocación de la muestra, la carga abrasiva y el agua dentro del recipiente cilíndrico

- 8.3.1** Se procede a rotar la máquina a una velocidad de $100 \text{ rpm} \pm 5 \text{ rpm}$ durante $2 \text{ h} \pm 1 \text{ min}$ para la gradación mostrada en el numeral 7.2; de $105 \pm 1 \text{ min}$ para la gradación mostrada en el numeral 7.3 y de $95 \pm 1 \text{ min}$ para la mostrada en el numeral 7.4.
- 8.3.2** Si la máquina dispone de un contador de revoluciones, se deberán contar $12\ 000 \pm 100$ revoluciones al ensayar el agregado con la gradación del numeral 7.2; $10\ 500 \pm 100$ con la del numeral 7.3 y 9500 ± 100 con la del numeral 7.4.
- 8.4** Terminado el tiempo de rotación, se vierten cuidadosamente la muestra y las esferas sobre dos tamices superpuestos de 4.75 mm (No. 4) y 1.18 mm (No. 16). Se deberá tener el cuidado de vaciar del recipiente cilíndrico toda la muestra. Se lava y manipula el material retenido con agua limpia, con el chorro del grifo y usando la mano o con una manguera de control manual, hasta que el agua de lavado salga clara y se garantiza que se haya evacuado todo el material menor a 1.18 mm (Figura 238 - 4). Se desecha todo este material menor de 1.18 mm.



Figura 238 - 4. Lavado de la muestra y las esferas sobre los tamices

8.5 Se remueven las esferas de acero inoxidable mediante alguna de las siguientes opciones:

8.5.1 *Opción 1, método húmedo para remover las esferas de la muestra* – Las esferas se remueven de la muestra inmediatamente después del lavado, empleando un imán u otro medio adecuado, con el cuidado necesario para evitar la pérdida de material de la muestra. En seguida, se combina el material que quedó retenido en las mallas de 4.75 mm (No. 4) y de 1.18 mm (No. 16). Se seca dicho material en el horno hasta masa constante, a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).

8.5.2 *Opción 2, método seco para remover las esferas de la muestra* – Se combinan las fracciones de material retenidas en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y en el de 1.18 mm (No. 16) con las esferas de acero, con el cuidado necesario para evitar la pérdida de material de la muestra. Se secan la muestra y las esferas en el horno hasta masa constante, a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$). Luego, se remueven las esferas, empleando un imán u otro medio adecuado.

Nota 3: Se debe tener mucho cuidado al emplear el método húmedo para remover las esferas de la muestra. La tensión superficial del agua puede hacer que partículas pequeñas del agregado se adhieran a las esferas de acero. El método húmedo permite efectuar ensayos consecutivos con mayor rapidez, cuando el laboratorio tiene un número limitado de esferas. El método seco se puede emplear para eliminar esta fuente potencial de error; sin embargo, también se debe tener cuidado al remover las esferas para que no ocurran pérdidas de agregado.

8.6 Se pesa la muestra con aproximación a 1.0 g, y se registra esta masa como B.

9 CÁLCULOS

9.1 Se calcula la pérdida por abrasión Micro-Deval, redondeada a 0.1 %, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de pérdidas} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad [232.1]$$

10 USO DEL AGREGADO DE CALIBRACIÓN

10.1 *Agregado de calibración* – El laboratorio debe definir un agregado de calibración que presente una pérdida entre 15 % y 25 %. Se toman 10

muestras al azar de este material y se ensayan. Al mismo tiempo, se toman y ensayan 10 muestras del agregado de referencia de laboratorio. Si el material de referencia es el Brechin Quarry No.2, y su pérdida promedio y su variación se encuentran dentro de las tolerancias mencionadas en el numeral 10.1.1, los valores de valor medio y de rango obtenidos se deberán utilizar con el agregado de calibración. El procedimiento de calibración se deberá realizar cada vez que se requiera un suministro del agregado de calibración.

10.1.1 La pérdida media del agregado de referencia Brechin Quarry No.2 obtenida en un estudio sobre el ensayo Micro-Deval, realizado por varios laboratorios, fue 19.1 %. Para que haya aceptación continua de datos, los datos individuales del material de calibración se deberán encontrar entre 17.5 y 20.7 % el 95 % de las veces.

10.1.2 Cuando los datos del agregado de calibración caen por fuera de los límites, se debe adelantar un estudio para establecer las causas. El equipo deberá ser recalibrado y la técnica de ensayo reexaminada para detectar las no conformidades con el procedimiento de ensayo.

10.2 Cada 10 muestras, o al menos cada semana en la que se realice un ensayo, se debe ensayar también el agregado de calibración. El material se debe tomar de un depósito de reserva y preparar de acuerdo con el numeral 7.2 de esta norma. Cuando se hayan ensayado 20 muestras y los resultados muestren una variación satisfactoria, se podrá reducir la frecuencia de ensayo a un mínimo de una vez al mes.

10.3 *Uso del gráfico de tendencia* – El porcentaje de pérdida de las últimas 20 muestras del material de calibración se debe dibujar en un gráfico de tendencia, para observar las variaciones de los resultados (Figura 238 - 5).

11 INFORME

11.1 El informe debe incluir lo siguiente:

11.1.1 El tamaño máximo del agregado y la gradación utilizada.

11.1.2 El porcentaje de pérdida, con una cifra decimal.

11.1.3 El porcentaje de pérdida del agregado de calibración, con una cifra decimal, correspondiente a un ensayo realizado en un tiempo lo más cercano posible al ensayo que se está reportando.

11.1.4 Porcentajes de pérdida de las últimas 20 muestras del agregado de calibración, dibujados en el gráfico de tendencia.

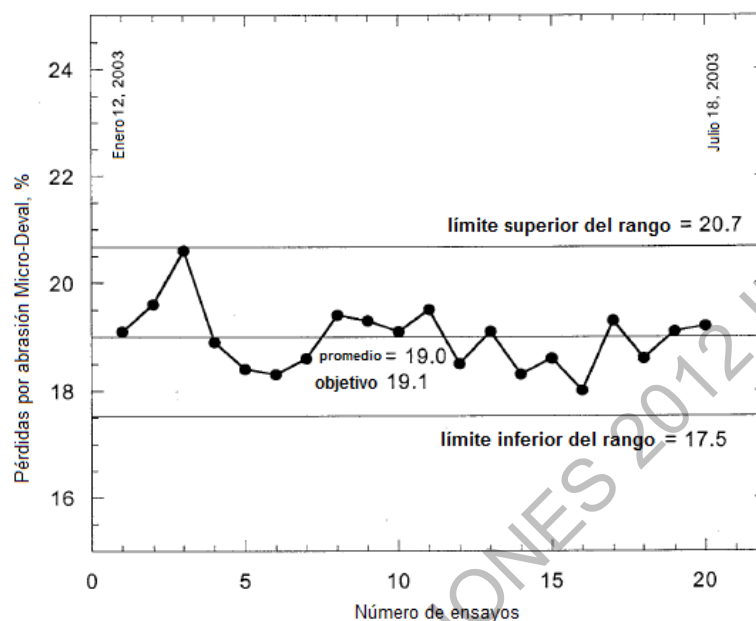


Figura 238 - 5. Gráfico de tendencia de las pérdidas por abrasión Micro-Deval de muestras del agregado Brechin Quarry No.2

12 PRECISIÓN Y SESGO

12.1 Precisión – Para un agregado con un tamaño máximo de 19.0 mm, con pérdidas por abrasión entre 5 % y 20 %, se encontró que el coeficiente de variación de un operario individual era 3.4 %. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente realizados sobre muestras del mismo agregado, por el mismo operario y empleando el mismo equipo, no deberían diferir en más de 9.6 % de su promedio, el 95 % de las veces. El coeficiente de variación de los resultados de ensayos realizados en varios laboratorios fue 5.6 %; por consiguiente, los resultados de dos ensayos adecuadamente realizados en laboratorios diferentes, sobre muestras del mismo agregado, no deberían diferir más del 15.8 % de su valor promedio, el 95 % de las veces.

12.2 Sesgo – El procedimiento de este método para medir la resistencia a la abrasión no presenta sesgo, por cuanto la resistencia a la abrasión solo puede ser definida en los términos del método de ensayo.

13 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 6928 – 10

**ANEXO A
(Informativo)****INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO**

- A.1** En estudios sobre el comportamiento de agregados sometidos a este ensayo, se ha determinado que los límites indicados en la Tabla 238A - 1 separan los agregados de comportamiento satisfactorio de aquellos de comportamiento regular o pobre. Emplear un solo tipo de ensayo para estimar el comportamiento de un agregado no es suficiente. Es necesario combinar los resultados de ensayos que valoren diferentes propiedades del material.

Tabla 238A - 1. Límites referenciados de Micro-Deval para diferentes aplicaciones de los agregados

APLICACIÓN	MÁXIMAS PÉRDIDAS POR ABRASIÓN EN PRUEBA MICRO-DEVAL (%)
Subbase granular	30 ^A
Base granular	25 ^A
Base de gradación abierta	17 ^A
Concreto estructural	17 ^A 21 ^B
Pavimento rígido	13 ^A
Base de concreto asfáltico	21 ^A
Capa de rodadura asfáltica en vías secundarias	21 ^A
Capa de rodadura en concreto asfáltico	17 ^A 18 ^C

^A Rogers, C., "Canadian Experience with the Micro-Deval Test for Aggregates," *Advances in Aggregates and Armourstone Evaluation*, Latham, J. P., ed., Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 13, 1998, pp. 139-147.

^B Lang, A. P., Range, P. H., Fowler, D. W. and Allen, J. J., "Prediction of Coarse Aggregate Performance by Micro-Deval and Other Soundness, Strength, and Intrinsic Particle Property Tests," *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, No. 2026, 2007, pp. 3-8.

^C Kandhal, P. S., Parker Jr., F., "Aggregate Tests Related to Asphalt Concrete Performance in Pavements," *Final Report Prepared for National Cooperative Highway Research Program*, Transportation Research Board, Washington, May 1997.