

Método de ensayo estándar para la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

ANTEPROYECTO

Advertencia

Este documento no es una Norma Nacional NORDOM. Se distribuye para su revisión y comentarios. Está sujeto a cambios sin previo aviso y no puede ser referido como un Estándar Internacional.

Los destinatarios de este borrador están invitados a enviar, con sus comentarios, la notificación de cualquier derecho de patente relevante del que tengan conocimiento y proporcionar documentación de respaldo.

Contenido

Prefacio	iii
1 Objeto y campo de aplicación.....	1
1.1 Objeto.....	1
1.2 Campo de aplicación.....	1
2 Referencias normativas.....	2
3 Términos y definiciones.....	2
4 Resumen del método de ensayo	3
5 Importancia y aplicación	4
6 Equipos	4
7 Muestreo.....	7
8 Preparación de la Muestra de Ensayo.....	7
9 Procedimiento.....	7
10 Cálculo	8
11 Informe.....	8
12 Precisión y Sesgo.....	8
12.1 Precisión	8
12.2 Sesgo	9
Bibliografía	10

Prefacio

El Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL) es el organismo oficial que tiene a su cargo el estudio y preparación de las Normas Dominicanas (NORDOM) a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO), de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC), y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), representando a la República Dominicana ante estos organismos.

La norma **NORDOM 91-7:028 Método de ensayo estándar para la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles**, ha sido desarrollada por la Dirección de Normalización del INDOCAL conforme a las directrices establecidas en la Directiva INDOCAL Parte 2, el procedimiento PR-DNO-002, la norma COPANT ISO/IEC 21-1:2006 y la Guía ISO/ IEC 59.

El estudio de la citada norma estuvo a cargo del comité Técnico de Normalización CTN 91-7 Hormigón y productos de hormigón integrado por representante de los sectores regulador, oficial, academia, privado y consumidor, quienes iniciaron su trabajo tomando como referencia la norma internacional ASTM C131/C131M-20 Método de ensayo estándar para la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

Esta propuesta fue aprobada como anteproyecto de norma en la reunión No. 9 celebrada el 13 de mayo del año 2026, y sometida a consulta pública por un período de 60 días, desde el X de XX del año XXXX, hasta el X de XX del año XXXX.

Finalizado este período, el Comité Técnico celebró la reunión No. X de fecha XX de enero del año XXXX y decidió aprobarlo como Proyecto de Norma y recomendó su oficialización, como Norma Dominicana, ante la Comisión Técnica de Expertos del Consejo Dominicano para la Calidad.

Formaron parte de este CTN, las entidades y personas naturales siguientes:

PARTICIPANTES

Noemí Pichardo

Antonio Reyes

Ányelo de la Rosa

Leisy Guillén

Karina Rodríguez

Jorge Moquete

Francisco Jiménez

Radaisis Montás

Pedro Moreta

REPRESENTANTES DE

Cemento Progreso

Instituto Nacional de Protección a los Derechos del Consumidor (PROCONSUMIDOR)

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)

Industrias Bisonó

Cementos Cibao

Cementos Argos

Ministerio de la Vivienda, Hábitat y Edificaciones (MIVHED)

Industrias VOM Concretos

Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL)

Método de ensayo estándar para la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

1 Objeto y campo de aplicación

1.1 Objeto

Este método de ensayo describe cómo realizar una prueba para evaluar la resistencia a la degradación (es decir, el desgaste o la rotura) de los agregados gruesos que tienen un tamaño máximo de 37.5 milímetros (1½ pulgadas), utilizando la máquina de ensayo de los Ángeles.

1.2 Campo de aplicación

1.2.1 Este método de ensayo cubre un procedimiento para probar agregados gruesos con un tamaño máximo de 37.5 mm (1 ½ pulgadas), a fin de determinar su resistencia a la degradación utilizando la máquina de ensayo de Los Ángeles.

NOTA Existe otro procedimiento, descrito en el método de ensayo ASTM C535, para probar agregados gruesos mayores de 19.0 mm (¾ de pulgada). Por lo tanto, los agregados con un tamaño máximo entre 19 mm (¾ de pulgada) y 37.5 mm (1 ½ pulgadas) pueden evaluarse ya sea con el método de ensayo ASTM C535 o mediante este método de ensayo.

1.2.2 Los valores indicados en unidades del Sistema Internacional (SI) o en unidades del sistema pulgada-libra deben considerarse por separado como estándares. Las medidas en ambos sistemas no son necesariamente equivalentes exactos; por eso, para asegurar que se cumpla con la norma, cada sistema debe usarse de manera independiente, sin mezclar o combinar valores de ambos.

NOTA El tamaño de los tamices se identifica según su designación estándar en la norma ASTM E11. La designación alternativa que aparece entre paréntesis solo se incluye como información adicional y no representa un tamaño de tamiz diferente.

1.2.3 Esta norma no pretende abordar todos los posibles riesgos de seguridad relacionados con su aplicación. Es responsabilidad del usuario de la norma establecer las prácticas adecuadas de seguridad, salud y protección ambiental, así como determinar la aplicabilidad de las restricciones reglamentarias antes de utilizarla.

1.2.4 Esta norma fue elaborada de acuerdo con los principios de normalización reconocidos internacionalmente, establecidos en la Decisión sobre los Principios para la Elaboración de Normas, Guías y Recomendaciones Internacionales emitida por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos se mencionan en el texto de tal manera que parte o todo su contenido constituye requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluidas las enmiendas).

Los siguientes documentos se mencionan en el texto de tal manera que parte o todo su contenido constituye requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluidas las enmiendas).

NORDOM100, Sistema internacional de unidades

NORDOM 635, Hormigón y Agregados para el Hormigón - Terminología y Definiciones

ASTM A6/A6M, Especificación de requisitos generales para barras, placas, perfiles estructurales laminados y tablestacas de acero

ASTM C125, Terminología relacionada con el concreto y los agregados para concreto

ASTM C136, Método de ensayo para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos mediante tamizado

ASTM C535, Método de ensayo para la resistencia a la degradación de agregados gruesos de gran tamaño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

ASTM C670, Práctica para la preparación de declaraciones de precisión y sesgo en métodos de ensayo de materiales de construcción

ASTM C702, Práctica para la reducción de muestras de agregados al tamaño apropiado para ensayo

ASTM D75, Práctica para el muestreo de agregados

ASTM E11, Especificación para tela metálica de tamices de ensayo tejidos y tamices de prueba

ISO/IEC 17000:2020, Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales

3 Términos y definiciones

Para la aplicación de esta norma se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

3.1

Abrasión

Es la pérdida de masa de los agregados causada por la fricción y el impacto de las esferas de acero en un tambor rotatorio, que simula el desgaste que sufrirían los materiales en el uso real.

3.2

Aceptabilidad

Se refiere a que los resultados obtenidos cumplen con los criterios preestablecidos de validez o desempeño, lo que permite considerar el ensayo como válido y confiable para fines de evaluación.

3.3

Acreditación

Proceso por el cual una entidad competente certifica que los laboratorios de ensayos están realizando sus operaciones de acuerdo con las especificaciones de la norma.

3.4

Agregado

Material granular (arena, grava, piedra triturada o escorias de alto horno) usado junto a un material cementante para formar el hormigón o mortero.

3.5

Agregado fino

Agregado cuyo tamaño de partículas pasa el 100 % por el tamiz 9.5 mm (3/8") y más del 95 % por el tamiz 4.75 mm (No. 4) y se retiene en el tamiz de 75 µm (No. 200).

3.6

Agregado grueso

Agregado que queda predominantemente retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4); o Aquella porción de un agregado que queda retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

3.7

Degradación

Disminución de la integridad física del agregado por desgaste, (fractura o desintegración) cuando son sometidos a la acción combinada de bolas de acero y rotación durante el ensayo en la Máquina de los Ángeles.

3.8

Hormigón

Mezcla de cemento hidráulico, agregados finos, agregados gruesos y agua, con o sin adiciones, que forma una masa pétreas al fraguar y endurecer.

3.9

Impacto

Efecto producido por los golpes repetidos que ocurren cuando las bolas de acero y las partículas de agregado caen libremente dentro del tambor giratorio de la máquina de Los Ángeles, chocando entre sí y contra las paredes del tambor, causando fractura o rotura de las partículas.

3.10

Máquina de Los Ángeles (también conocida como máquina de abrasión de los Ángeles)

Es un equipo utilizado para determinar la resistencia de los agregados gruesos a la abrasión y al impacto.

NOTA Para cualquier otra definición de los términos utilizados en esta norma, consulte la norma de terminología NORDOM 635 o la ASTM C125.

4 Resumen del método de ensayo

4.1 Este ensayo mide la degradación de agregados minerales con granulometrías estándar, resultante de una combinación de acciones que incluyen abrasión o desgaste, impacto y molienda dentro de un tambor de acero giratorio que contiene un número específico de esferas de acero, dependiendo de la granulometría de la muestra de ensayo. A medida que el tambor gira, una placa interna levanta la muestra y las esferas de acero, llevándolas alrededor hasta que caen al lado opuesto del tambor, produciendo un efecto de impacto y trituración.

4.1.1 A medida que el tambor gira, una placa interior o repisa levanta la muestra y las esferas de acero, llevándolas hacia arriba hasta que caen en el lado opuesto del tambor, generando un efecto de impacto y trituración.

4.1.2 Luego el contenido rueda dentro del tambor, produciendo una acción de abrasión y molienda hasta que la placa vuelve a recoger la muestra y las esferas de acero, repitiéndose así el ciclo.

4.1.3 Después del número de revoluciones establecido, se extrae el contenido del tambor y se tamiza la fracción de agregado para medir la degradación en términos de porcentaje de pérdida.

5 Importancia y aplicación

5.1 Este ensayo se ha utilizado ampliamente como un indicador de la calidad o competencia relativa de diversas fuentes de agregados que tienen composiciones minerales similares. Los resultados no permiten automáticamente hacer comparaciones válidas entre fuentes que difieren claramente en origen, composición o estructura. Los límites de especificación deben asignarse con sumo cuidado, los tipos de agregados disponibles y su historial de desempeño en usos específicos.

5.1.1 El porcentaje de pérdida determinado por este método de ensayo no tiene una relación constante conocida con el porcentaje de pérdida del mismo material cuando se ensaya mediante el método de ensayo ASTM C535.

6 Equipos

6.1 Máquina de los Ángeles— Se utilizará una máquina de los Ángeles que cumpla, en todas las características esenciales, con el diseño mostrado en la Fig. 1. La máquina consistirá en un cilindro hueco de acero, con un espesor de pared de al menos 12 mm (1/2 pulgadas) (Ver nota 1 del apartado 6.1.6) y cerrado en ambos extremos, conforme a las dimensiones mostradas en la Fig. 1, con un diámetro interior de 710 mm $\pm$ 5 mm (28 pulgadas. $\pm$ 0.2 pulgadas) y una longitud interior de 510 mm $\pm$ 5 mm (20 pulgadas $\pm$ 0.2 pulgadas).

6.1.1 La superficie interior del cilindro deberá estar libre de protuberancias que interrumpan la trayectoria de la muestra y de las esferas de acero, excepto por la repisa descrita a continuación.

6.1.2 El cilindro deberá estar montado sobre ejes cortos unidos a los extremos del cilindro, pero sin penetrarlo, y deberá montarse de manera que gire con su eje en posición horizontal dentro de una tolerancia de inclinación de 1 en 100.

6.1.3 Se deberá disponer de una abertura en el cilindro para la introducción de la muestra de ensayo. Se debe proporcionar una tapa adecuada, hermética al polvo, para dicha abertura, con un sistema de pernos para fijarla en su lugar. La tapa deberá estar diseñada de manera que mantenga el contorno cilíndrico de la superficie interior, a menos que la repisa esté ubicada de tal forma que las esferas de acero y la muestra no impacten en, o cerca de, la abertura y la tapa durante el ensayo.

6.1.4 Una repisa de acero removible, que se extienda a lo largo de toda la longitud del cilindro y que sobresalga hacia el interior 90 mm $\pm$ 2 mm (3.5 pulgadas $\pm$ 0.1 pulgadas), deberá estar montada en la superficie cilíndrica interior del cilindro, de manera que un plano centrado entre las caras grandes coincida con un plano axial. La repisa deberá tener un espesor adecuado y estar montada, mediante pernos u otros medios apropiados, de forma firme y rígida.

6.1.5 La posición de la repisa (Ver nota 2 del apartado 6.1.6) deberá ser tal que la muestra y las esferas de acero no impacten en, o cerca de, la abertura y su tapa, y que la distancia desde la repisa hasta la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro en la dirección de rotación, no sea menor de 1270 mm (50 pulgadas).

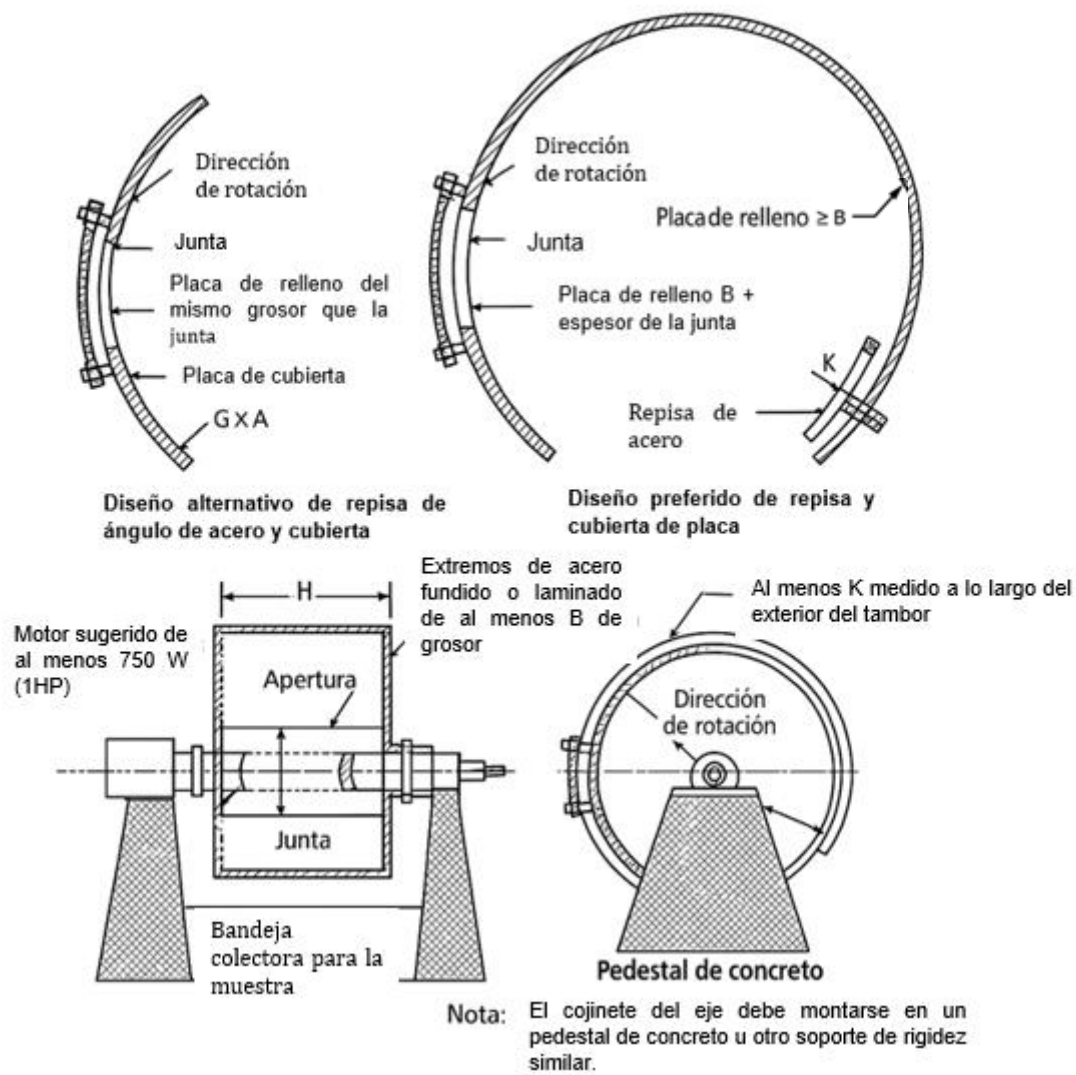


FIG.1 Maquina de Desgaste de los Ángeles

Dimensiones

	A	B	C	E	F	G	H	J	K
mm	6	12	19	100	150	190	510	710	1270
in.	(1/4)	(1/2)	(2/3)	(4)	(6)	(7 1/2)	(20)	(28)	(50)

6.1.6 Inspeccione periódicamente la repisa para asegurarse de que no esté doblada, ya sea a lo largo de su longitud o desde su posición radial normal respecto al cilindro. Si se detecta cualquiera de estas condiciones, repare o reemplace la repisa antes de realizar nuevos ensayos.

NOTA 1 Las tolerancias para el espesor de la pared se indican en la norma ASTM A6/A6M.

NOTA 2 Se prefiere el uso de una repisa de acero resistente al desgaste, de sección transversal rectangular y montada de manera independiente a la tapa. Sin embargo, puede utilizarse una repisa formada por una sección de ángulo laminado, correctamente montada en la parte interior de la placa de la tapa, siempre que la dirección de rotación sea tal que la carga sea levantada por la cara externa del ángulo.

6.1.7 La máquina deberá estar accionada y contrabalanceada de manera que mantenga una velocidad de rotación de 30 a 33 rpm (ver nota). Si se utiliza un ángulo como repisa, la dirección de rotación deberá ser tal que la carga sea levantada por la superficie externa del ángulo.

NOTA El juego o deslizamiento en el mecanismo de accionamiento puede producir resultados de ensayo que no sean reproducibles en otras máquinas de los Ángeles que operen con velocidad periférica constante.

6.2 Tamices— Conformes con la norma ASTM E11.

6.3 Balanza— Una balanza o báscula precisa dentro del 0.1 % de la carga de ensayo en el rango requerido para esta prueba.

6.4 Horno— Un horno de tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 10 °F).

6.5 Carga— La carga consistirá en esferas de acero o rodamientos, cada uno con un diámetro entre 46 mm ($1 \frac{13}{16}$ pulgadas) y 48 mm ($1 \frac{7}{8}$ pulgadas) y con una masa entre 390 y 445 g.

6.5.1 La carga (esferas de acero o rodamientos), (ver la nota) dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo descrita en la Sección 8, será la siguiente:

Gradación	Número de esferas	Masa de carga, g
A	11	5000 ± 25
B	11	4580 ± 25
C	8	3380 ± 20
D	6	2500 ± 15

NOTA La masa total especificada requiere una masa promedio de cada esfera de acero o rodamiento de 416 g. Las esferas de acero o rodamientos de 46.0 mm ($1 \frac{13}{16}$ pulgadas) y 47.6 mm ($1 \frac{7}{8}$ pulgadas) de diámetro, con una masa aproximada de 400 y 440 g cada una, respectivamente, están fácilmente disponibles. También pueden obtenerse esferas de acero o rodamientos de 46.8 mm ($1 \frac{27}{32}$ pulgadas) de diámetro con una masa aproximada de 420 g. La carga puede consistir en una mezcla de estos tamaños, siempre que cumpla con las tolerancias de masa indicadas en los apartados 6.5 y 6.5.1.

7 Muestreo

Obtenga la muestra de campo de acuerdo con la norma ASTM D75 y reduzca la muestra de campo al tamaño adecuado de la muestra conforme a la norma ASTM C702.

8 Preparación de la Muestra de Ensayo

Lave la muestra reducida (véase el punto 9.1.1) y séquela en horno a 110 ± 5 °C (230 ± 10 °F) hasta obtener una masa constante. Separe la muestra en fracciones individuales por tamaño y luego recombínelas según la gradación de la Tabla 1, correspondiendo lo más cercanamente posible al rango de tamaños del agregado tal como fue suministrado para el trabajo.

9 Procedimiento

9.1 Coloque la muestra de ensayo y la carga abrasiva dentro de la máquina de ensayo de Los Ángeles y haga girar la máquina a una velocidad de 30 a 33 r/min durante 500 revoluciones (ver nota 1 del apartado 9.1.3).

9.1.1 Después del número prescrito de revoluciones, descargue el material de la máquina y realice una separación preliminar de la muestra utilizando un tamiz más grueso que el tamiz de 1.70 mm (No. 12).

9.1.2 Tamice la fracción más fina utilizando un tamiz de 1.70 mm (No. 12), conforme al método de ensayo ASTM C136.

9.1.3 Lave el material retenido en el tamiz de 1.70 mm (No. 12) y séquelo en horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) hasta obtener una masa constante, y determine la masa con una precisión de 1 g (ver nota 2 de este apartado).

NOTA 1 Puede obtenerse información valiosa sobre la uniformidad de la muestra en ensayo determinando la pérdida después de 100 revoluciones. La pérdida debe determinarse tamizando en seco el material en el tamiz de 1.70 mm sin lavado. La relación entre la pérdida después de 100 revoluciones y la pérdida después de 500 revoluciones no debe exceder significativamente de 0.20 para materiales de dureza uniforme. Cuando se realice esta determinación, se debe tener cuidado de evitar perder cualquier parte de la muestra; devuelva la muestra completa, incluido el polvo de fractura, a la máquina de ensayo para las 400 revoluciones finales requeridas para completar el ensayo.

NOTA 2 La eliminación del lavado después del ensayo rara vez reducirá la pérdida medida en más de aproximadamente 0.2 % de la masa original de la muestra.

Tabla 1— Clasificaciones de las Muestras de Prueba

Tamaño de Tamiz (Aberturas Cuadradas)		Masa de los Tamaños Indicados, g			
Porcentaje que pasa	Porcentaje Retenido	Granulometría			
		A	B	C	D
37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	1250 ± 25	-	-	-
25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	1250 ± 25	-	-	-
19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (3/8 in.)	1250 ± 10	2 00 ± 10	-	-
9.5 mm (3/8 in.)	6.3 mm (¼ in.)	-	-	2500 ± 10	-
6.3 mm (¼ in.)	4.75 mm (No. 4)	-	-	2500 ± 10	-
4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No. 8)	-	-	-	5000 ± 10
Total	-	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

9.1.4 Si el agregado está esencialmente libre de recubrimientos adheridos y polvo, el requisito de lavado después del ensayo es opcional. Sin embargo, en el caso de un ensayo de referencia o con fines comparativo, deberá realizarse el procedimiento de lavado.

10 Cálculo

10.1 Calcule la pérdida por abrasión (la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra de ensayo) como un porcentaje de la masa original de la muestra. Reporte este valor como el porcentaje de pérdida, (ver nota).

NOTA El porcentaje de pérdida determinado por este método de ensayo no tiene una relación consistente conocida con el porcentaje de pérdida del mismo material cuando se ensaya según el método de ensayo ASTM C535.

$$\text{Porcentaje de Perdida} = [(C-Y)/C] \times 100 \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

- C = masa de la muestra original de prueba, en gramos
- Y = masa final de la muestra de prueba, en gramos

11 Informe

11.1 Registre la siguiente información:

11.1.1 Identificación del agregado en cuanto a su origen, tipo y tamaño máximo nominal;

11.1.2 Designación de la clasificación de la Tabla 1 utilizada para la prueba; y

11.1.3 Pérdida por abrasión e impacto de la muestra expresada con una aproximación al 1 % más cercano en masa.

11.1.4 Graduación escogida

11.1.5 Velocidad de la maquina

11.1.6 Números de revoluciones

11.1.7 Cantidad de bolas

11.1.8 Peso inicial y peso final de la muestra

12 Precisión y Sesgo

12.1 Precisión

Para un tamaño nominal máximo de agregado grueso de 19.0 mm (3/4 pulgadas) con pérdidas porcentuales en el rango de 10 a 45 %, se ha encontrado que el coeficiente de variación multilaboratorios es de 4.5 %. Por lo tanto, no se espera que los resultados de dos ensayos realizados

correctamente en dos laboratorios diferentes sobre muestras del mismo agregado grueso difieran entre sí en más de un 12.7 % (con una probabilidad del 95 %) de su promedio. El coeficiente de variación para un solo operador se ha encontrado en 2.0 %. Por lo tanto, no se espera que los resultados de dos ensayos realizados correctamente por el mismo operador sobre el mismo agregado grueso difieran entre sí en más de un 5.7 % (con una probabilidad del 95 %) de su promedio.

12.2 Sesgo

Dado que no existe un material de referencia aceptada que sea adecuado para determinar el sesgo de este procedimiento, no se hace ninguna declaración sobre el sesgo.

Bibliografia

[1] ASTM C131/C131M-20 *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*