

Casi un cuarto de siglo y nadie lo advirtió ¿Leemos detenidamente lo que indican las normas?

Sebastián Orlando, Adjunto Asistencia Técnica, Departamento de Promoción y Asistencia Técnica Cementos Avellaneda: sebastian.orlando@cemavellaneda.com.ar

Carlos Milanesi, Gerente de Promoción y Asistencia Técnica Cementos Avellaneda

Introducción

Esta nota trata sobre algo que parece ser una realidad: nadie lee las normas o, si lo hacemos, nuestra lectura es muy liviana. Veamos algunos ejemplos.

A comienzos de 2021, se modificó la IRAM 1658:1995 (Hormigones. Determinación de la resistencia a tracción simple por compresión diametral), a raíz de un error en las unidades en la fórmula de cálculo de la tensión de rotura a tracción. Es decir, transcurrieron más de 25 años para que alguien notara este error y lo advirtiera al Subcomité de Hormigones y sus Aplicaciones (1).

A pesar de que la IRAM 1541 (Muestreo) establece que las muestras de hormigón destinadas al control de calidad (asentamiento, temperatura, moldeo de probetas, etc.) deben ser “compuestas”, son muy pocas las empresas que cumplen este requerimiento de norma (2).

Las normas de ensayo se redactan brindando la mayor cantidad de detalles posibles en los procedimientos a fin de que los resultados, por un lado, estén mínimamente influenciados por el operador (alta repetibilidad) y, por otro, puedan ser comparables de un laboratorio a otro (reproducibilidad). Sin embargo, a pesar de todos los recaudos que se toman al respecto (los documentos son revisados por numerosas personas y se someten a Discusión Pública, previo a su publicación), cada tanto, algún error se desliza.

Cuando se cometen errores en alguna norma, existen diferentes mecanismos dentro del proceso de normalización para salvar el inconveniente. Estos mecanismos, como la Fe de Erratas o las Modificaciones, pueden ser solicitadas no sólo por los miembros del Subcomité o los representantes de las instituciones de interés general (DNV, INTI, etc.), sino también por cualquier mortal que, como usuario, haya advertido el error y desee subsanarlo.

En lo que sigue, se discutirá el caso de la IRAM 1687-2 (índice de elongación), similar al de la norma IRAM 1658, descubierto, paradójicamente, por hacer las cosas bien, es decir, por cumplir literalmente con lo que indica la norma.

Lineamientos generales de la IRAM 1687

El objetivo de la IRAM 1687 (3,4) es establecer el método de determinación de los índices de lajosidad y elongación de los agregados. El documento está compuesto por dos partes:

- **IRAM 1687-1 (1996):** establece el procedimiento para la determinación del **índice de lajosidad**. El método clasifica a las partículas de un agregado como **laja** (Figura 1) cuando tienen un **espesor** (menor dimensión) **menor que 0,6 veces su tamaño nominal** (valor medio de las aberturas de los tamices límite utilizados para determinar el tamaño de la fracción a la que pertenece la partícula ensayada).

Partículas lajosas → Partículas que **PASAN** a través del calibrador

- **IRAM 1687-2 (1997):** establece el procedimiento para la determinación del **índice de elongación**. Las partículas **elongadas** son aquellas que poseen una **longitud (mayor dimensión) mayor que 1,8 veces su tamaño nominal**.

Partículas elongadas → Partículas que **NO PASAN** a través del calibrador



Figura 1. Partícula lajosa (izquierda) y elongada (derecha)

¿Por qué limitar los agregados lajosos y/o elongados?

Las normas y reglamentos limitan la cantidad de partículas lajosos y elongadas presentes en el agregado grueso con el objetivo de evitar que las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido se vean perjudicadas. La **forma del agregado** influye significativamente en la **movilidad de la mezcla**: las **partículas lajosos y/o elongadas** dificultan el empaquetamiento del esqueleto granular y tienden a trabarse entre sí, disminuyendo la movilidad del hormigón y generando diversos inconvenientes (mayor requerimiento de pasta, bloqueo de las cañerías de bombeo, etc.). Asimismo, estas partículas tienden a orientarse en posición horizontal, provocando la acumulación de agua de exudación debajo de ellas, debilitando la interfase y reduciendo la resistencia del hormigón, principalmente a flexión, parámetro de primer orden en pavimentos.

Metodología para la determinación del índice de elongación

A continuación, se resume, brevemente, el procedimiento de la norma IRAM 1687-2 para determinar el índice de elongación.

- Inicialmente se efectúa el análisis granulométrico sobre el total de la muestra, de acuerdo con la norma IRAM 1505 (tabla 1). Se pesa cada una de las fracciones individuales retenidas por los tamices establecidos por la norma y se los almacena en bandejas debidamente identificadas.
 - De cada fracción del agregado cuyo contenido en la muestra sea superior al 15%, se toman, como mínimo, 200 partículas y se determina su masa (m_i). Cuando el número de partículas de alguna fracción se considera excesiva, se la puede subdividir por cuarteo.

Tabla 1. Análisis granulométrico de la muestra (parte 1)

TAMIZ	Retenido individual (R _i)		Fracción de Agregado	
	Masa (grs.)	% muestra	(mm)	m _i (grs.)
1"	0,0	0%	entre 35,5 y 25	-
3/4"	0,0	0%	entre 25 y 20	-
1/2"	3.570,0	59%	entre 20 y 12,5	1785,0
3/8"	2.239,0	37%	entre 12,5 y 10	1120,0
1/4"	241,0	4%	entre 10 y 6,3	-
Total Muestra	6050,0	100%		

Mínimo 200 partículas (> 15%)

No se ensaya (< 5%)

- Si la participación de la fracción en el total de la muestra está comprendida entre 5% y 15% se toman, como mínimo, 100 partículas y se determina su masa (m_i).
 - Se descarta (no se ensaya) toda fracción cuya masa sea inferior al 5% de la muestra.
- b) Se calibra cada fracción mediante el uso del calibrador metálico de espesores (Figura 2), seleccionando la separación entre barras apropiada para la fracción bajo ensayo. Se calibra cada partícula por separado, en forma manual, **clasificando como elongadas las partículas cuya mayor dimensión les impide pasar a través de las barras.**

Para calcular el índice de elongación de cada fracción "i" ensayada se emplea la fórmula [1] establecida en la norma. El índice de elongación total de la muestra se calcula con la fórmula [2]. Los resultados obtenidos se expresan para cada fracción y para el total de la muestra.

$IE_i = \frac{m_{ei}}{m_i} \times 100$ <p>[1]</p>	<p>Siendo:</p> <p>IE_i: índice de elongación de cada fracción "i" ensayada, en g/100 g</p> <p>m_{ei}: masa de las partículas de cada fracción "i" ensayada, que pasa a través de la correspondiente abertura del calibrador, en g</p> <p>m_i: masa total de cada fracción "i" ensayada, en g</p>
$IE = \frac{\sum IE_i \times R_i}{\sum R_i}$ <p>[2]</p>	<p>Siendo:</p> <p>IE: índice de elongación total de la muestra, en g/100 g;</p> <p>IE_i: índice de elongación de cada fracción "i" ensayada, en g/100 g</p> <p>R_i: Porcentaje de partículas retenidas en cada tamiz, en g/100 g</p>

Si bien, desde el punto de vista conceptual, no hay duda de que las partículas **elongadas son las que quedan "retenidas" por el calibrador**, y no las que pasan a través de las barras (Figura 3), al aplicar literalmente lo indicado por la norma (ver referencias de la fórmula [1]) estaríamos incurriendo en un error, ya que ésta indica que m_{ei} corresponde a la masa que **pasa** a través del calibrador, en lugar de referirse al material "retenido" o que "No pasa".

Cabe destacar que, si bien en el anexo A de la norma se aclara correctamente que lo que interesa son las partículas "retenidas", éste es "Informativo", con lo cual, no sería de cumplimiento obligatorio.

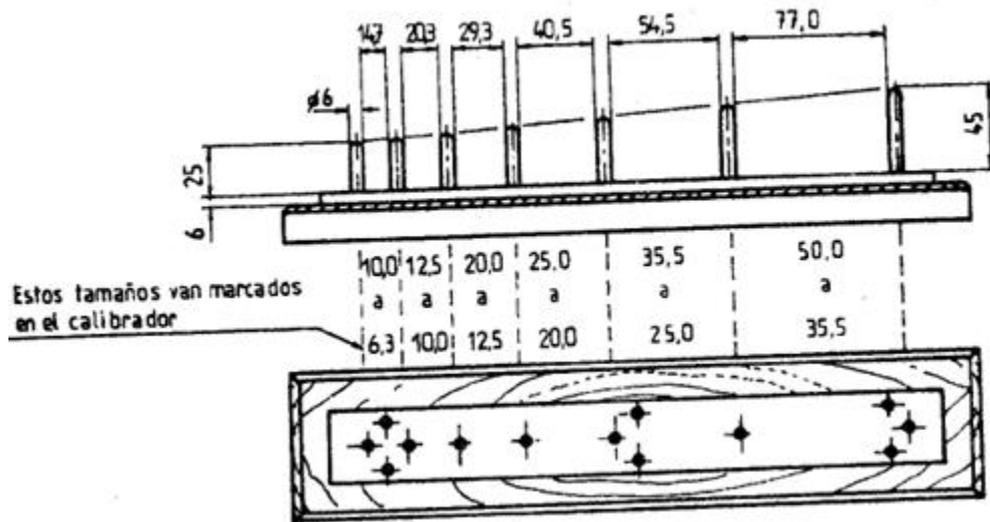


Figura 2. Calibrador metálico de espesores

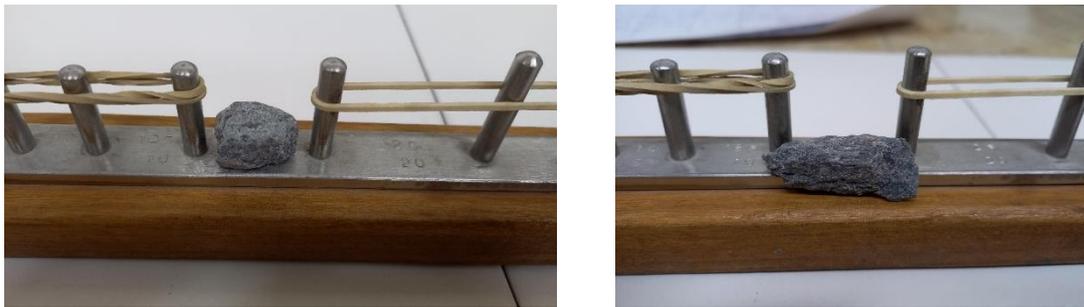


Figura 3. Ejemplo de dos partículas de tamaño nominal $\frac{1}{2}$ " : Izquierda: Partícula cuya mayor dimensión le permite pasar por la abertura, Derecha: Partícula cuya mayor dimensión NO le permite pasar por la abertura (partícula elongada)

Este hallazgo surgió en el marco de un muestreo de control anual sistemático, en donde se observó un salto excepcional en el valor de IE informado por un laboratorio de terceros. Esto llevó a realizar una serie de verificaciones para determinar si se trataba de un cambio en las características del agregado o de un error de ensayo.

Veamos esto en un breve ejemplo (Tabla 2). Si se aplica la norma, respetando "literalmente" su texto, al calcular el IE, según la fórmula [1], resulta un valor igual a 69. Por el contrario, si se aplica el sentido común, el IE obtenido resultaría igual 31. Obviamente, el primer valor se ubica fuera de los límites habituales establecidos en los reglamentos o normas (5,6), situación que, sin dudas, podría originar un conflicto en la obra.

Consideraciones finales

La primera consecuencia lógica derivada del caso que se menciona en esta nota fue solicitar al IRAM que se incluya dentro del plan de trabajo 2023 del Sub-Comité de Agregados la revisión de la norma IRAM 1687-2 (índice de elongación).

Tabla 2. Ejemplo de la determinación del índice de elongación

TAMIZ	Retenido individual (R _i)		Fracción de Agregado		Elongación de la fracción (aplicando la fórmula [1])			Elongación de la fracción (aplicando sentido común)			
	Masa (grs.)	% muestra	(mm)	m _i (grs.)	Partículas que pasan por entre las barras		IE _i x R _i	Partículas que NO pasan por entre las barras		IE _i x R _i	
					m _{ei} (grs.)	IE _i		m _{ei} (grs.)	IE _i		
1"	0,0	0%	entre 35,5 y 25	-				-	-	-	
3/4"	0,0	0%	entre 25 y 20	-				-	-	-	
1/2"	3.570,0	59%	entre 20 y 12,5	1785,0	1259,5	71	42	525,5	29	17	
3/8"	2.239,0	37%	entre 12,5 y 10	1120,0	756,0	68	25	364,0	33	12	
1/4"	241,0	4%	entre 10 y 6,3	-				-	-	-	
Total Muestra	6050,0	100%					IE =	69		IE =	31

Sin embargo, este caso plantea también algunos interrogantes curiosos, y otros que nos deberían llamar a la reflexión. Alguien podría preguntarse, por ejemplo: ¿Qué es lo correcto?, ¿Cumplir a rajatabla lo que dice la norma, aunque vaya en contra del sentido común? o ¿Aplicar el sentido común, a pesar de lo que indica la norma?

Por cierto, pasó más de un cuarto de siglo y nadie advirtió el error. O nadie lee las normas o, si lo hacemos, parecería que nuestra lectura es muy liviana.

Referencias

- 1) Milanesi, C.A., Etapas del proceso de elaboración de una norma IRAM, Seminario Estudio e interpretación de normas y reglamentos, Magíster en Tecnología y Construcciones de hormigón – FIO-UNICEN, 1 de setiembre de 2022
- 2) Milanesi, C.A., ¿Muestras de hormigón simples o compuestas?, Boletín AATH Septiembre-Octubre 2018 (<https://www.aath.org.ar/?p=989>)
- 3) IRAM, Agregados. Método de determinación del índice de lajosidad, Norma IRAM 1687-1, Diciembre 1996
- 4) IRAM, Agregados. Determinación del índice de elongación, Norma IRAM 1687-2, Mayo 1997
- 5) CSA, Flat and elongated particles in coarse aggregate, A23.2-13A, Canadian Standards Association (CSA), 2019
- 6) INTI-CIRSOC, Proyecto de Reglamento CIRSOC 200, Ministerio de Obras Públicas de la Nación, Secretaría de Obras Públicas, Enero 2023 (en Discusión Pública Nacional)