

DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ÁLCALI- SÍLICE DE AGREGADOS (Método químico)

INV E – 234 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma tiene por objeto determinar la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento portland utilizados en la fabricación de concreto hidráulico, y se basa en la cantidad de solución de hidróxido de sodio 1N que reacciona con el agregado finamente molido pasante del tamiz de 300 μm (No. 50) y retenido en el tamiz de 150 μm (No. 100), durante 24 horas a una temperatura de 80° C.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E–234–07.

2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1** Cuando se utilice este método para evaluar la reactividad potencial de los componentes silíceos de los agregados con los álcalis en un concreto hidráulico, se debe usar en conjunto con otros métodos de evaluación. Los resultados de los ensayos realizados de acuerdo con este método no se deben aplicar como método único para la aceptación o el rechazo de fuentes de materiales en relación con la reacción sílice – álcalis (RSA).
- 2.2** Las reacciones entre la solución de hidróxido de sodio y los componentes silíceos de los agregados, correlacionan con el desempeño de algunos agregados en estructuras de concreto. Los resultados de este ensayo se obtienen rápidamente y, aunque no son totalmente confiables en todos los casos, proporcionan datos de utilidad.
- 2.3** Este método de ensayo se puede emplear como una herramienta de control de calidad para la verificación periódica de muestras de una fuente existente con una trayectoria de servicio aceptable.

3 EQUIPO

- 3.1** *Balanza* – Se debe disponer de una que permita pesar una carga de 2000 g con precisión de ± 2 g y otra analítica cuya sensibilidad sea de ± 0.0005 g, que se usará para determinar la masa de la disolución de sílice por el método gravimétrico, de conformidad con los requerimientos prescritos en el método de la norma ASTM C–114.
- 3.2** *Equipo de trituración y molienda* – Trituradora pequeña de mandíbulas y un disco de pulverización o cualquier otro equipo que permita producir un material que pase el tamiz de 300 μm (No. 50).
- 3.3** *Tamices* – Dos tamices, uno de 300 μm (No. 50) y otro de 150 μm (No. 100), de orificios cuadrados y tejido de alambre.
- 3.4** *Recipientes de reacción* – De 50 o 75 ml de capacidad, fabricados en acero inoxidable o u otro material que resista la corrosión y provistos de tapa hermética. La Figura 234 - 1 muestra un tipo de recipiente aceptable. Recipientes hechos de polietileno pueden ser convenientes para este propósito. La conveniencia de uso se demuestra por un cambio de menos de 10 mmol/litro en la alcalinidad de la solución de hidróxido de sodio (Ver numeral 7.4), cuando se usa sola como blanco en el recipiente en cuestión.
- 3.5** *Baño de temperatura constante* – Un baño líquido capaz de mantener una temperatura de $80 \pm 1^\circ \text{C}$ por 24 horas.
- 3.6** *Espectrofotómetro o Fotómetro* – Un espectrofotómetro o fotómetro fotoeléctrico capaz de medir la transmisión de luz a una longitud de onda constante de, aproximadamente, 410 nm.
- 3.7** *Cristalería* – Recipientes e implementos de vidrio requeridos y seleccionados de forma cuidadosa, para cumplir los requerimientos particulares de cada operación. Los frascos volumétricos, las buretas y las pipetas deben ser de grado de precisión.



4.1 *Pureza de los reactivos* – Se deben usar productos químicos de grado reactivo en todos los ensayos. El uso de reactivos de otro tipo es posible, si se demuestra que poseen la suficiente pureza para ser usados sin disminuir la exactitud de las determinaciones.

4.2 Pureza del agua – A menos que se especifique otra cosa, se debe entender que cualquier referencia al agua significa agua reactiva conforme con el tipo IV de la norma ASTM D 1193.

4.3 Solución de molibdato de amonio – Se disuelven 10 gr de molibdato de amonio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) en 100 ml de agua. Si esta solución no es cristalina, se filtra a través de un papel de textura fina. La solución se debe almacenar en un recipiente de polietileno (nota 1).

Nota 1: En la selección del recipiente, se debe tener especial cuidado para que el reactivo no se modifique por reacción con el material con el cual está fabricado el recipiente, incluyendo pigmentos u otros aditivos, o por transpiración de las fases a través de las paredes del recipiente. Resultan apropiados los recipientes con espesores de pared no menores a 0.51 mm, fabricados con polietileno de alta densidad, que reúnan los requerimientos de la especificación ASTM D 1248, para materiales de tipo III, clase A.

4.4 Ácido clorhídrico (1.19 kg/litro) – Ácido clorhídrico concentrado (HCl). La solución se almacena en un recipiente de vidrio o de plástico resistente al ataque químico (nota 1).

4.5 Solución patrón de ácido clorhídrico (0.05N) – Se prepara 0.05N HCl y se normaliza a $\pm 0.0001\text{N}$. La solución se almacena en un recipiente de vidrio o de plástico resistente al ataque químico (nota 1).

4.6 Ácido clorhídrico (1 + 1) – Se mezclan volúmenes iguales de HCl concentrado (1.19 kg/litro) y agua. La solución se almacena en un recipiente de vidrio o de plástico resistente al ataque químico (nota 1).

4.7 Ácido fluorhídrico (aproximadamente 50% HF) – Ácido fluorhídrico concentrado. La solución se deposita en una botella de polietileno (nota 1).

4.7.1 Precaución – Antes de usar HF, se deben revisar: (1) las precauciones de seguridad para el uso del HF, (2) primeros auxilios para quemaduras y (3) respuesta de emergencia por derrames, como se describe en la hoja de información sobre seguridad para el manejo del material o en la literatura que exista al respecto. El HF puede causar severas quemaduras y heridas si no se protegen la piel y los ojos. El personal de laboratorio que manipule este reactivo se debe proteger con el equipo adecuado en todo momento. Dentro del equipo de seguridad se deben incluir, entre otros: una careta de protección para el rostro; un delantal sintético o de caucho y guantes impermeables a la acción del HF, los cuales deben ser revisados periódicamente para verificar que no tengan agujeros o picaduras.

- 4.8** *Solución de ácido oxálico* – Se disuelven 10 gr de ácido oxálico dihidratado en 100 ml de agua. La solución se almacena en un recipiente de vidrio o plástico resistente al ataque químico (nota 1).
- 4.9** *Solución indicadora de fenolftaleína* – Se disuelve 1 gr de fenolftaleína en 100 ml de etanol (1+1). La solución se almacena en un recipiente de vidrio o plástico resistente al ataque químico (nota 1).
- 4.10** *Solución patrón de sílice* – Se prepara una solución patrón de sílice que contiene, aproximadamente, 10 mmol de sílice (SiO_2)/litro, disolviendo metasilicato de sodio en agua. La solución se almacena en una botella de polietileno. Se usa una alícuota de 100 ml de solución para determinar su contenido de SiO_2 según el procedimiento descrito en el numeral 7.2. No se debe usar una solución patrón de sílice que contenga más de un año de preparada, ya que da lugar a lecturas fotométricas falsas.
- 4.11** *Solución patrón de hidróxido de sodio ($1.000 \pm 0.010N$)* – Se prepara una solución de hidróxido de sodio (NaOH) concentrado $1.000 \pm 0.010N$, y se normaliza a $\pm 0.001N$. La solución se deposita en una botella de polietileno (nota 1). El reactivo seco y la solución se deben proteger de contaminación por dióxido de carbono.
- 4.12** *Ácido sulfúrico (gravedad específica = 1.84)* – Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). La solución se deposita en un recipiente de vidrio resistente al ataque químico (nota 1).

5 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

- 5.1** El ensayo se puede aplicar a cualquier tipo de agregado fino o grueso y, cuando los agregados fino y grueso procedan de un mismo material, se puede usar para el agregado total.
- 5.2** La muestra de agregado se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–201. El tamaño deberá ser el indicado en la Tabla 201 - 1 de dicha norma.
- 5.2.1** Si la muestra tiene un tamaño máximo nominal menor de 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ "), se divide en dos, siguiendo la norma INV E–202. Una mitad se tritura como se indica en el numeral 5.2.3, mientras la otra se conserva para un ensayo posterior, si se desea.

- 5.2.2** Si la muestra tiene un tamaño máximo nominal igual o mayor de 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ "), se mezcla y cuartea según la norma INV E-202. Se tritura un cuarto como se indica en el numeral 5.2.3, mientras los otros tres cuartos se conservan para ensayos posteriores, si se desea.
- 5.2.3** Se tritura la mezcla en la trituradora de mandíbulas de laboratorio, usando pequeñas porciones cada vez y reteniendo todas las fracciones producidas, hasta que la muestra pase en su totalidad el tamiz de 4.75 mm (No. 4). La muestra triturada se reduce a una masa de 300 ± 5 g, cuarteando como se indica en la norma INV E-202.
- 5.3** Se tamiza la muestra de 300 g, descartando todo el material que pase el tamiz de 150 μ m (No. 100). Se tritura o muele en porciones reducidas el material retenido usando un disco pulverizador, un molino giratorio o un mortero con maja de caucho. Para minimizar la producción de material que pase el tamiz de 150 μ m (No. 100), se toman varias porciones ya pasadas a través del equipo, y se les remueve el pasante del tamiz de 300 μ m (No. 50) antes de volverlas a moler. Si la cantidad de material retenido en el tamiz de 150 μ m (No. 100) es menor de 100 g luego de pulverizar los 300 g de la muestra, se deberá descartar la muestra y pulverizar una nueva de 300 g (nota 2).
- Nota 2: Una muestra sobre-pulverizada puede producir resultados químicos incorrectos. Una muestra adecuadamente pulverizada deberá tener entre 110 y 150 g de material retenido en el tamiz de 150 μ m (No. 100) luego del lavado.*
- 5.4** Con el fin de asegurarse que se ha eliminado el material fino que pasa por el tamiz de 150 μ m (No. 100), se lava la muestra sobre dicho tamiz. No se debe realizar este lavado empleando, de una sola vez, una cantidad de material superior a 100 gramos sobre un tamiz de 203 mm (8") de diámetro. La muestra lavada se seca en el horno a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 20 ± 4 h. Se permite que la muestra se enfríe a temperatura ambiente y se vuelve a pasar por el tamiz de 150 μ m (No. 100). Si la inspección de la muestra indica la presencia de sedimentos o recubrimientos de arcilla o limo en las partículas, se debe repetir el procedimiento de lavado y secado, y se tamiza como antes, sobre el tamiz de 150 μ m (No. 100). Se reserva para el ensayo la porción retenida en el tamiz de 150 μ m (No. 100).

6 PROCEDIMIENTO DE REACCIÓN

- 6.1** Se pesan tres porciones de 25 ± 0.05 gramos de la muestra seca comprendida entre los tamices de 150 μ m (No. 100) y 300 μ m (No. 50), preparada de acuerdo con la Sección 5. Se colocan las porciones en tres recipientes de

reacción y se añaden a cada porción, por medio de una pipeta, 25 cm³ de solución de NaOH 1.000 N. En un cuarto recipiente se ponen con la pipeta 25 cm³ de la misma solución de NaOH, para un ensayo en blanco. Se cierran perfectamente los cuatro recipientes de reacción y se agitan con suavidad para desprender las burbujas de aire que pueden haber quedado atrapadas.

- 6.2** Inmediatamente después de sellados, los recipientes de reacción se colocan en un baño líquido a $80 \pm 1^\circ \text{C}$. Pasadas $24 \pm \frac{1}{4} \text{h}$, se sacan del baño y se enfrían, por debajo de 30°C , con agua corriente durante 15 ± 2 minutos.
- 6.3** Después de enfriados, los recipientes de reacción se abren y se filtra la solución del residuo de agregado, para lo cual se utiliza un crisol Gooch (nota3) con un disco de papel de filtro. Se coloca el crisol sobre un soporte de caucho en un embudo. Se coloca un tubo de ensayo seco de 35 a 50 ml dentro de un matraz para recoger el líquido filtrado y se asienta el embudo en el cuello del matraz. Mediante vacío, se decanta sobre el papel de filtro una pequeña cantidad de solución, de manera que se asiente apropiadamente en el crisol. Sin mezclar el contenido del recipiente de reacción, se decanta el líquido restante en el crisol. Cuando se complete la decantación del líquido, se interrumpe la acción del vacío y se pasan al crisol los sólidos que permanezcan en el recipiente, con ayuda de una espátula de acero inoxidable. Se vuelve a aplicar el vacío, ajustándolo a 51 kPa, aproximadamente. Se continúa el proceso de filtración hasta que una filtración adicional produce líquido filtrado a razón de una gota cada diez segundos. Se reserva el líquido filtrado para ensayos adicionales. Se anota el tiempo de aplicación de vacío como el tiempo de filtración. Se debe procurar que el tiempo de filtración de todo el juego de muestras sea el mismo, uniformizando el procedimiento en el ensamble de los aparatos de filtración y en la transferencia de los sólidos al crisol.

Nota 3: Los crisoles Gooch Coors No.4, o equivalentes, son satisfactorios para este propósito.

- 6.4** El líquido del ensayo en blanco se filtra de manera análoga a la indicada antes, ajustando el vacío de forma que el proceso dure un tiempo igual a la media de los tiempos de filtración de las tres muestras consideradas.
- 6.5** Una vez completada la filtración, se agita el filtrado para asegurar su homogeneidad y luego se toma con una pipeta una alícuota de 10 ml defiltrado y se diluye en un matraz con 200 ml de agua. Se reserva esta solución diluida para determinar el SiO₂ disuelto y la reducción en la alcalinidad.

- 6.6** Si el filtrado diluido no se analiza dentro de las 4 horas posteriores a la terminación de la filtración, la solución se transfiere a un recipiente limpio y seco de polietileno, el cual se sella con un tapón o una tapa con buen ajuste.

7 ANÁLISIS DEL LÍQUIDO FILTRADO

- 7.1** Se mide la sílice disuelta por un procedimiento gravimétrico (numeral 7.2) o uno fotométrico (numeral 7.3). Se mide, también, la reducción de alcalinidad (numeral 7.4).

- 7.2** Método gravimétrico para determinar la sílice disuelta

7.2.1 Procedimiento:

7.2.1.1 Empleando la pipeta, se transfieren 100 ml de la solución diluida y se ponen en una cápsula de evaporación, de ser posible de platino, con el fin que la evaporación sea más rápida. Se añaden de 5 a 10 ml de HCl concentrado (1.19 kg/litro) y se evapora hasta sequedad en baño de vapor. Sin volver a calentar el residuo, se trata con 5 a 10 ml de HCl concentrado (1.19 kg/litro) y una cantidad igual de agua o, de una vez, con 10 a 20 ml de HCl (1+1) sobre el residuo. Se cubre la cápsula y se somete la solución a digestión sobre el baño de vapor o sobre una placa calefactora durante diez minutos. Se diluye la solución con un volumen igual de agua caliente; se filtra inmediatamente a través de un papel de filtro de bajo contenido de ceniza, se lava totalmente la sílice separada (SiO_2) con agua hirviendo y se reserva el residuo (nota 4).

Nota 4: El lavado del precipitado de SiO_2 se puede realizar de forma más efectiva usando HCl caliente (1 + 99) y completando mediante lavado con agua caliente.

7.2.1.2 El líquido filtrado se evapora de nuevo hasta sequedad, colocando el residuo en un horno durante una hora a una temperatura entre 105 y 110° C. Se trata el residuo con 10 a 15 ml de HCl (1+1) y se calienta en el baño o en la placa calefactora. Se diluye la solución con una cantidad igual de agua caliente y se coge y lava sobre otro papel de filtro la pequeña cantidad de SiO_2 que contiene. Esta segunda evaporación es necesaria, únicamente, cuando se está determinando la concentración de la solución patrón de

metasilicato de sodio (numeral 4.10). Para las otras soluciones de ensayo, esto se puede obviar.

- 7.2.1.3** Se pasan a un crisol de platino (nota 5) los papeles de filtro que contienen el residuo (numerales 7.2.1.1 y 7.2.1.2). Los papeles se secan y se queman, primero a baja temperatura hasta que se consume el carbón del papel de filtro sin inflamación y, finalmente, se calcinan a una temperatura entre 1100 y 1200° C hasta masa constante.

Nota 5: Se debe determinar la masa del crisol vacío, si se desea conocer la magnitud de impurezas en el residuo de SiO₂.

- 7.2.1.4** El residuo de SiO₂ así obtenido (el cual puede contener una pequeña cantidad de impurezas) en el crisol de platino, se trata con unas pocas gotas de agua, con 10 ml de ácido fluorhídrico (HF) y una gota de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) y se evapora cuidadosamente hasta la sequedad en un baño de vapor. Finalmente, se calcina el residuo durante 1 a 2 minutos en una mufla a temperatura comprendida entre 1050 y 1100° C, se enfría y se determina su masa. La diferencia entre esta determinación y la obtenida previamente, da la masa de la sílice (SiO₂).

7.2.2 Cálculos:

- 7.2.2.1** Se calcula la concentración de SiO₂ de la solución de NaOH filtrada del agregado mineral, con la expresión:

$$S_c = 3330 \times W \quad [234.1]$$

Donde: S_c : Concentración de SiO₂, en mmol/litro en el líquido filtrado original;

W : Gramos de SiO₂ hallada en 100 ml de la solución diluida.

7.3 Método fotométrico para determinar la sílice disuelta

- 7.3.1** *Aplicación* – Este método se aplica para determinar la sílice cristaloidal (no coloidal) (nota 6), en todas las soluciones acuosas, excepto aquellas que presentan interferencias de color excesivas (tanino, etc.), pero no

determinará la sílice total. Este método se aplica particularmente para un análisis de control rápido de la sílice cristaloidal por debajo de 10 ppm.

Nota 6: La sílice cristaloidal (no-coloidal) reacciona con iones de molibdato en solución ácida (pH óptimo de 1.2 a 1.5) para producir un color complejo amarillo verdoso de silicomolibdato, cuya intensidad es aproximadamente proporcional a la concentración de sílice en la solución, pero que no sigue perfectamente la ley de Beer.

7.3.2 Preparación de la curva de calibración:

7.3.2.1 Se prepara una serie de soluciones de concentración conocida de sílice con variaciones desde 0.0 a 0.5 mmol/litro, por dilución de porciones de la solución patrón de silicato de sodio (numeral 4.10). Se transfieren las porciones de solución a frascos volumétricos de 100 ml, llenos con agua hasta la mitad.

7.3.2.2 Se adicionan 2 ml de solución de molibdato de amonio y 1 ml de HCl (1+1), y se agita revolviendo el contenido del frasco. Se deja en reposo por 15 minutos a temperatura ambiente. Se adicionan 1.5 ± 0.2 ml de la solución de ácido oxálico, se llena el frasco hasta la marca con agua y se mezcla completamente. Se deja la solución en reposo por 5.0 ± 0.1 min. Se lee la transmitancia de las diversas soluciones en el fotómetro a 410 nm, y se compara con la del agua.

7.3.2.3 Se elabora una curva de calibración dibujando las lecturas de porcentaje de transmitancia o absorbancia versus las concentraciones conocidas de sílice en cada solución.

7.3.3 Determinación de la sílice disuelta:

7.3.3.1 Se transfiere con una pipeta una alícuota de 10 ml de la solución diluida (numeral 6.5) a un frasco volumétrico de 100 ml lleno hasta la mitad con agua y se procede como se indica en los numerales 7.3.2.2 y 7.3.2.3. Se lee la concentración de sílice soluble directamente en la curva de calibración preparada previamente, correlacionando la transmisión de luz de esta longitud de onda con la concentración de sílice. Si la transmitancia está por debajo 30 % o por encima del 50 %, se deberá usar, respectivamente, una menor o una mayor cantidad de solución diluida.

7.3.4 Cálculos:

7.3.4.1 Se calcula la concentración de SiO₂ de la solución de NaOH filtrada del agregado mineral, con la expresión:

$$S_c = 20 \times \frac{100}{V} \times C \quad [234.2]$$

Donde: S_c: Concentración de SiO₂, en mmol/litro en el líquido filtrado original;

C: Concentración de sílice en la solución medida a través del fotómetro, mmol/litro;

V: Mililitros usados de la solución diluida, mencionada en el numeral 6.5.

7.4 Reducción en la alcalinidad**7.4.1 Procedimiento:**

7.4.1.1 Se transfiere con una pipeta una alícuota de 20 ml de solución diluida (numeral 6.5) a un matraz Erlenmeyer de 125 ml de capacidad. Se añaden dos o tres gotas de solución de fenolftaleína y se titula con HCl 0.05N hasta el punto final de fenolftaleína (desaparición total del color rosa de la fenolftaleína). Se anota la cantidad total de ácido clorhídrico consumido en la valoración.

7.4.2 Cálculos:

7.4.2.1 Se calcula la reducción en alcalinidad, con la expresión:

$$R_c = \frac{20N}{V_1} \times (V_3 - V_2) \times 1000 \quad [234.3]$$

Donde: R_c: Reducción en la alcalinidad, mmol/litro;

- V₁: Mililitros usados de la solución diluida, mencionada en el numeral 6.5;
- V₂: Mililitros de HCl utilizados para alcanzar el punto final en la fenolftaleína en la muestra de ensayo;
- V₃: Mililitros de HCl utilizados para alcanzar el punto final en la fenolftaleína en el ensayo en blanco;
- N: Normalidad del HCl utilizado en la titulación.

8 PRECISIÓN Y SESGO

- 8.1** *Precisión* – La información referente a la precisión de este método está siendo investigada y su publicación se hará cuando los datos obtenidos se hayan analizado de conformidad con la norma ASTM C 670.
- 8.2** De acuerdo con datos preliminares sobre precisión, los resultados del ensayo se consideran satisfactorios si ninguno de los tres valores de R_c (y o de S_c) difieren del promedio de los tres en más de las siguientes cantidades: (1) 12 mmol/litro cuando el promedio es de 100 mmol/litro o menor; y (2) 12 %, cuando el promedio es mayor de 100 mmol/ litro.
- 8.3** *Sesgo* – Hasta el momento no existe un material de referencia aceptable adecuado para determinar el sesgo de este método de ensayo. Por lo tanto, no hay declaración sobre el tema.

9 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM C 289 – 07

ANEXO A (Informativo)

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- A.1** Se han realizado gran cantidad de correlaciones entre los datos obtenidos por este método y: (1) la expansión en barras de mortero que contienen cemento con alto contenido de álcalis, (2) el examen petrográfico de los agregados, y (3) el comportamiento de los agregados en las estructuras de concreto hidráulico. Con base en estos datos, se ha establecido la curva continua que se muestra en la Figura 234A - 1. Se indica un grado potencial perjudicial de la reactividad alcalina, si uno de los tres puntos, R_c , S_c , cae a la derecha de la curva de la Figura 234 - 1, donde los agregados son deletéreos. Sin embargo, los agregados potencialmente deletéreos representados por puntos ubicados por encima de la línea a trazos de la Figura 234 - 1, pueden dar lugar a expansiones relativamente bajas en morteros, aunque ellos sean extremadamente reactivos con los álcalis. De estos agregados se puede decir que presentan un grado potencialmente deletéreo, mientras no se demuestre su carácter inocuo, sea por informes sobre su buen comportamiento en servicio, sea por los resultados de los ensayos complementarios aplicables, entre los descritos en las normas ASTM C 227, C 1260 y C 1293.
- A.2** Los resultados de este ensayo pueden ser dudosos sobre agregados que contengan carbonato de calcio, magnesio o hierro ferroso como calcita, dolomita, magnesita o siderita; o silicatos de magnesio como la antigorita (serpentina). El error introducido por la presencia de carbonato de calcio no es significativo, a menos que los valores de S_c y R_c indiquen un potencial marginal de reactividad. Se puede emplear la norma ASTM C 295 para examinar agregados con presencia de minerales de este tipo.
- A.3** Se recomienda que las interpretaciones basadas en este método se correlacionen con la guía de la ASTM C295 y con los informes de comportamiento en servicio del agregado. Los resultados de este ensayo no predicen la reactividad sílice – silicatos que puede ocurrir a largo plazo en un concreto fabricado con agregados que contengan cuarzo deformado o microgranulado, o con agregados compuestos por metagrauvaca, metalimolita, metacuarzo o rocas similares.

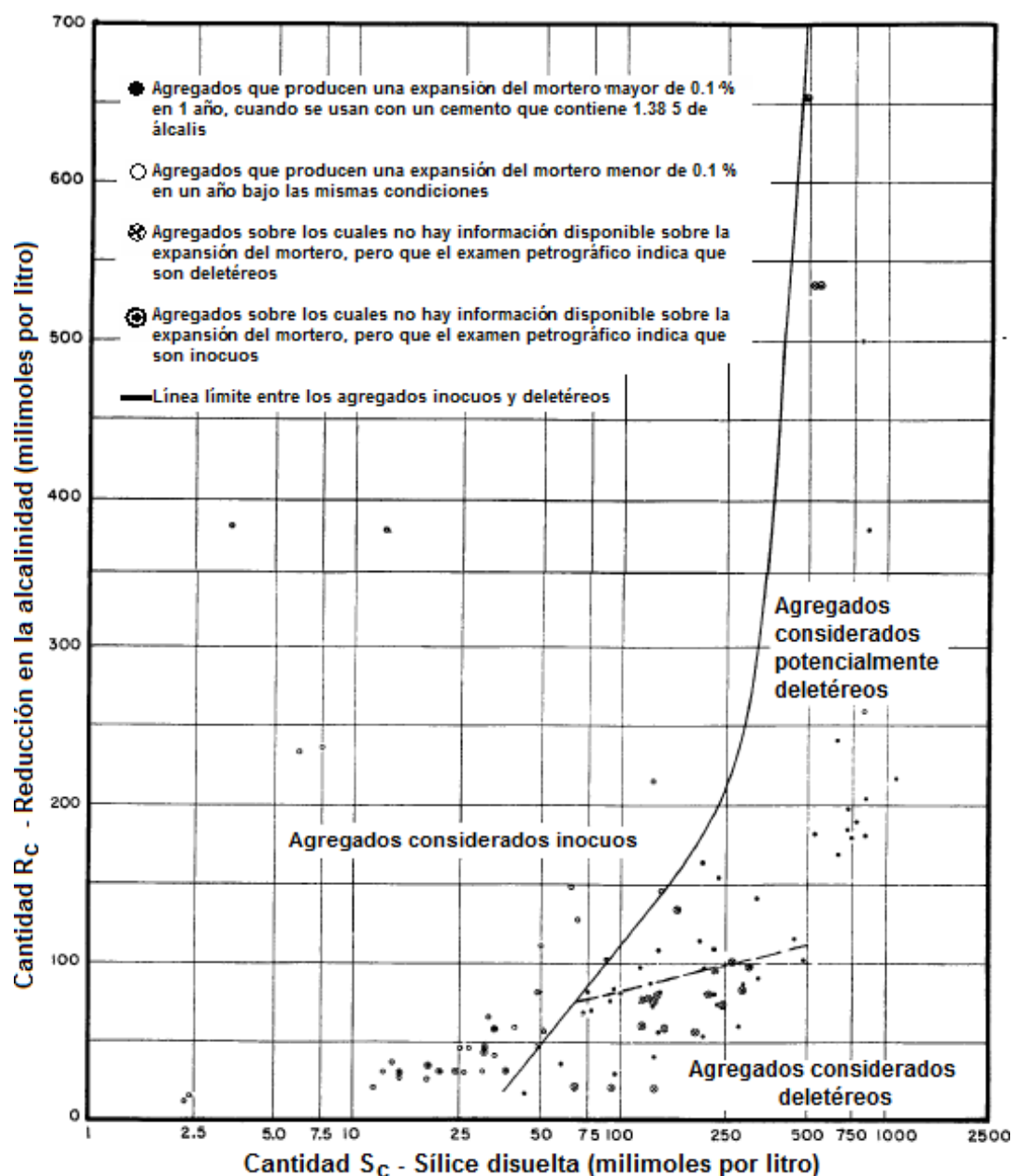


Figura 234A - 1. Ilustración de la división entre agregados inocuos y deletéreos, con base en el ensayo de reducción en la alcalinidad