

# DOCUMENTO REACTIVIDAD ÁLCALI - AGREGADO

VERSIÓN 2020

[WWW.TOXEMENT.COM.CO](http://WWW.TOXEMENT.COM.CO)



SÍGUENOS EN REDES SOCIALES

#### OFICINA PRINCIPAL

· Tocancipá: (571) 869 87 87

#### OFICINAS NACIONALES

· Medellín: (4) 448 01 21. · Cali: (2) 524 23 25. · Barranquilla: (5) 380 80 33.  
· Bucaramanga: (7) 697 02 01. · Cartagena: (5) 652 62 31.



**EUCLID CHEMICAL**  
**TOXEMENT**

Este documento tiene como objetivo realizar una corta revisión sobre la reacción álcali - agregado, cómo esta afecta una matriz de concreto y qué mecanismos se pueden llevar a cabo para mitigar algunas de estas situaciones, considerando que Colombia es un país que cuenta con un alto índice de materiales reactivos.

## Este documento está basado en las siguientes normativas:

- ASTM C1778 – 19a Guía estándar para la reducción del riesgo de la reacción álcali-agregado perjudicial en el concreto
- NTC 5551. Concretos. Durabilidad del concreto. Numeral 5.4 (Reactividad álcali sílice)
- Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural ACI 318S-19

## 1. ¿Qué es la reacción álcali? – Agregado

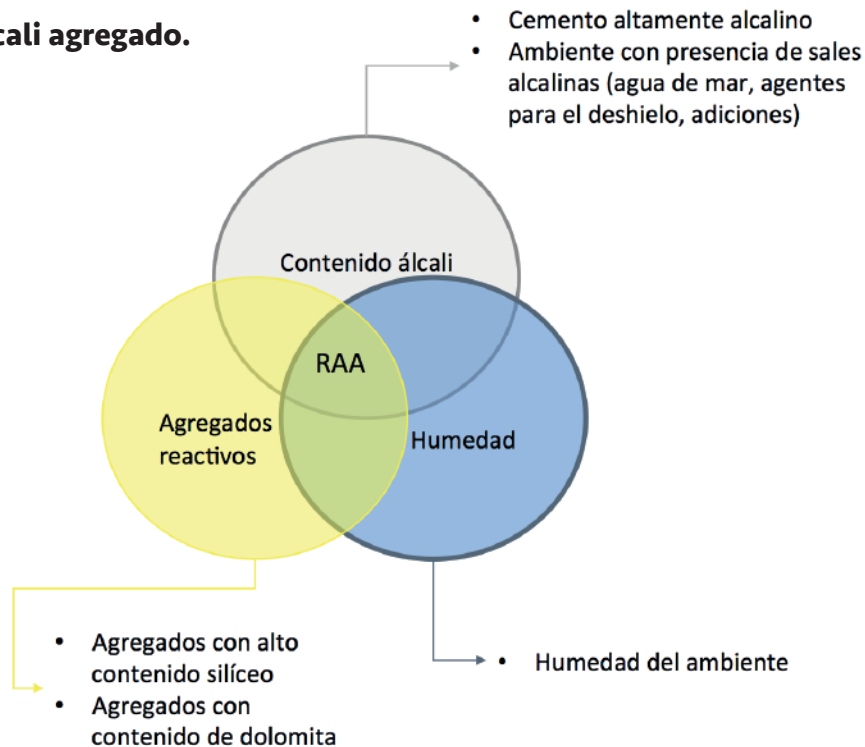
De acuerdo a la norma ASTM C1778–19a, “Las reacciones de agregado alcalino (RAA) ocurren entre hidróxidos alcalinos en solución depositados en los poros del concreto y ciertos componentes encontrados en algunos agregados. Existen dos tipos de RAA que son reconocidos según la naturaleza del componente reactivo”:

- La reacción álcali-sílice (RAS) involucra varios tipos de reactivos silíceo presentes en los minerales y de los cuales hablaremos más adelante.
- La reacción de álcali-carbonato (RCA) involucra ciertos tipos de rocas que contienen dolomita [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ].

Ambos tipos de reacción pueden resultar en expansión y agrietamiento de los elementos de concreto cuando se exponen a humedad, lo que lleva a una reducción en la vida útil de las estructuras de concreto

Por lo tanto, se debe recordar que para que este tipo de reacciones se lleven a cabo, es necesaria la presencia de un ambiente alcalino en la estructura de concreto, agregados reactivos y alta concentración de humedad.

**Figura 1. Reacción álcali agregado.**



## 1.1 Alcalinidad en el concreto

Por lo mencionado anteriormente, la ASTM C1778-19a que tiene como objetivo disminuir el riesgo del uso de agregados potencialmente reactivos, en su numeral 3.2.1 hace una clara definición del término contenido de álcalis como uno de los factores que se requieren para que se desarrollen este tipo de reacciones, porque durante la hidratación del cemento se generan soluciones alcalinas con pH mayores a 12.5 que consiste, principalmente, en hidróxidos alcalinos disueltos (iones de K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup>); Generalmente la fuente más importante de álcalis en el concreto convencional es el cemento.

El contenido de álcali se expresa como el contenido del óxido de sodio y potasio, evaluados de acuerdo a la norma ASTM C114-18 para cementos hidráulicos usando la siguiente fórmula.

$$Na_2O_{eq} = \% Na_2O + 0.6583\%K_2O$$

De acuerdo a lo mencionado anteriormente la ASTM C150/C150M-19a, en la Tabla 1, cita en la nota 5, que el porcentaje máximo de álcalis en un cemento debe ser el 0.6 %. En la siguiente tabla se presenta un ejemplo del cálculo para varios tipos de cementos y su clasificación.

**Tabla 1. Contenido de equivalentes Álcalis en 3 tipos de cemento <sup>1</sup>.**

|                             | <b>Cement 1<br/>Low Alkali</b> | <b>Cement 2<br/>Moderate<br/>Alkali</b> | <b>Cement 3<br/>High Alkali</b> |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| Na <sub>2</sub> O (%)       | 0.069                          | 0.165                                   | 0.344                           |
| K <sub>2</sub> O (%)        | 0.343                          | 0.523                                   | 0.866                           |
| Na <sub>2</sub> O Equiv.(%) | 0.295                          | 0.509                                   | 0.91                            |
| C <sub>3</sub> S (%)        | 50.4                           | 55.9                                    | 42                              |
| C <sub>2</sub> S (%)        | 20.6                           | 18.0                                    | 26                              |
| C <sub>3</sub> A (%)        | 7.1                            | 7.5                                     | 9                               |
| C <sub>4</sub> AF (%)       | 12.2                           | 9.1                                     | 10                              |

<sup>1</sup> Tomado de **Effects of lithium nitrate admixture on early age concrete behavior; Marcus J. Millard, Georgia Institute of Technology, August 2006**

Sin embargo y de acuerdo a la ASTM C1778- 9a también es necesario determinar la carga alcalina, definiendo esta última como la cantidad de álcalis contribuidos por el cemento en la mezcla de concreto y expresado en kg/m<sup>3</sup> y calculado multiplicando el contenido de cemento en kg/m<sup>3</sup> por el contenido álcali del cemento.

“Como ejemplo se clarifica que el contenido de carga alcalina de un concreto que se configura con un diseño de mezcla que contiene 350 kg/m<sup>3</sup> de material cementicio que consiste en 75% de cemento portland; 20% de escoria y 5% de microsílca y donde el Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> del cemento portland es 0,89% entonces la carga alcalina (KGA) se calcula:

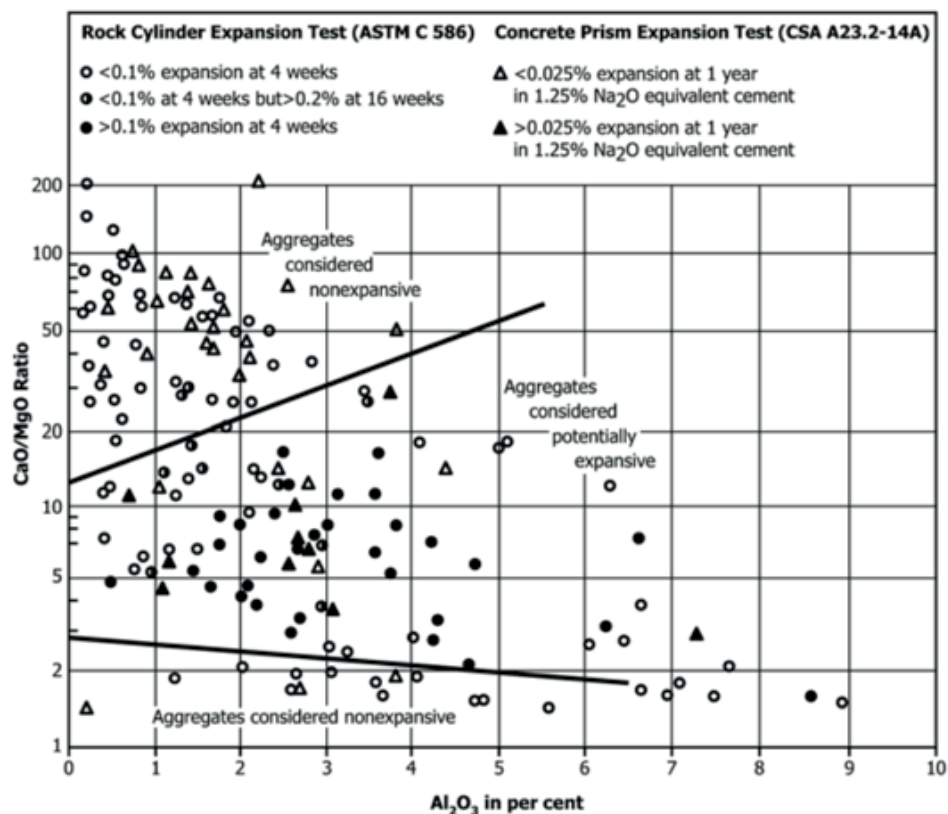
$$\text{KGA} = 350 / (75/100) (0,89/100) = 2,3 \text{ kg/m}^3$$

Se destaca que, aunque el cemento puede ser el mayor aportante de alcalinidad al concreto, existen otros tipos de elementos alcalinos como las adiciones, el agua de mar, agentes para el deshielo, los aditivos e incluso algunos agregados que se quiebran durante la RAA.

## 1.2 Reacción álcali-carbonato.

En concordancia, las reacciones álcali – carbonato, se presentan cuando en una estructura de concreto hay presencia de agregados que contienen Dolomita [CaMg (CO<sub>3</sub>)<sup>2</sup>], para ser evaluados inicialmente se mide la concentración de óxido de calcio (CaO), óxido de magnesio (MgO) y óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que, al ser comparados contra la composición total de la roca, permiten determinar la reactividad del agregado de acuerdo a la siguiente gráfica:

**Figura 2. Gráfico de la relación CaO / MgO versus el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de las rocas de carbonita extraídas<sup>2</sup>**



<sup>2</sup> Tomado de ASTM C1778-19<sup>a</sup> Standard Guide for Reducing the Risk of Deleterious Alkali-Aggregate reaction in Concrete, pagina 5, Figura 2, 2019

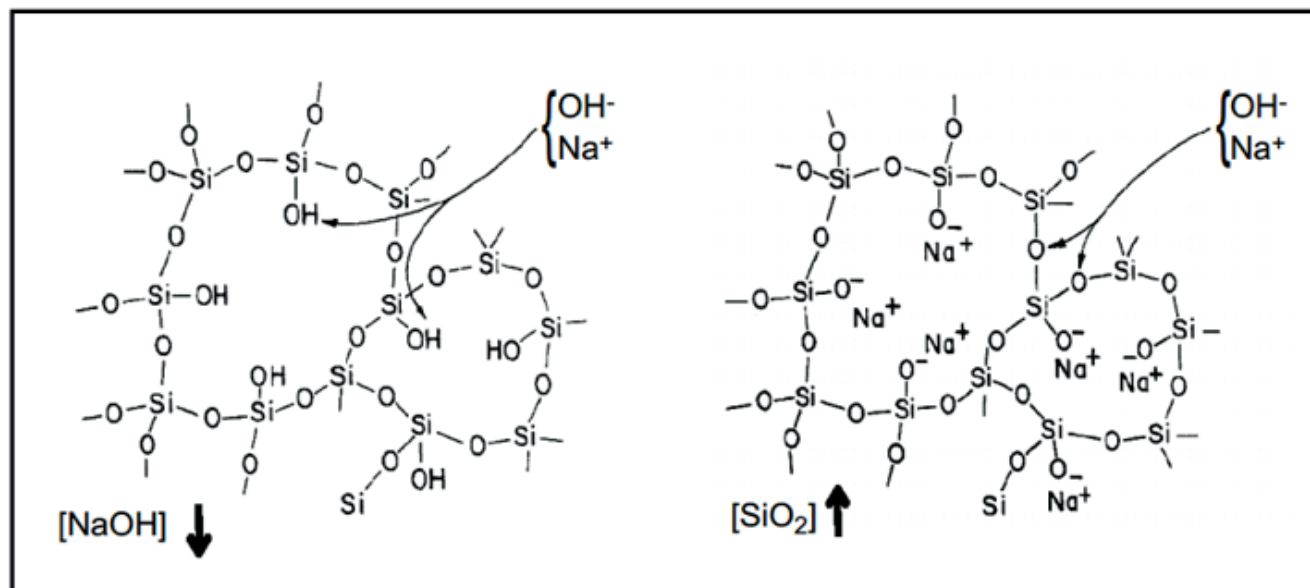
Si una vez realizados los análisis para determinar la composición los agregados son considerados potencialmente expansivos por reacción álcali-carbonato, estos deben continuar el proceso de análisis de acuerdo a lo expresado en la Norma ASTM C1778-19a, que incluye el test de prismas (ASTM C1105 ó ASTM C1293 sección 7.5 y 7.6) y confirmación de la reacción RAC (ASTM C1293 sección 7.5.2 Nota 6). Si finalmente estos son reactivos, deben ser desechados y se debe conseguir una nueva fuente de agregados.

### 1.3 Reacción álcali-sílice (RAS).

La reacción álcali sílice se da cuando partículas de agregado silíceo químicamente inestables reaccionan en el ambiente de pH elevado para conducir al fenómeno que se conoce como RAS "Reacción Álcali-Sílice". Este tipo de reacción se lleva a cabo a través de dos fases:

- La primera fase se da cuando los enlace Si-OH se equilibran por los iones  $\text{Na}^+$  durante una reacción de tipo ácido base y lo que da como resultado la neutralización de las moléculas.
- Y la segunda fase se da cuando los puentes de siloxano (Si-O-Si) son atacados por parte de los iones  $\text{OH}^-$ , lo que genera la disolución de la estructura sílice reactiva (Ver Figura 2). Durante este proceso el  $\text{OH}^-$  se libera nuevamente y penetra lentamente generando el gel álcali-sílice que en presencia  $\text{Ca}^{++}$  comienza su expansión al ser higroscópico, generando fuerzas de expansión dentro de la estructura del concreto y dando como resultado el deterioro prematuro del elemento.

**Figura 2. Fases de la reacción álcali- sílice<sup>3</sup>**



<sup>3</sup> Tomado de alkali-aggregate reaction for various aggregates used in concrete J.Gadea , J. Soriano; A. Martín, P. L. Campos A. Rodríguez, C. Junco, I.Adán , V. Calderón

Por lo anterior y con el fin de mitigar esta situación y reducir el riesgo de reacción deletérea álcali agregado en el concreto la norma ASTM C1778-19a en sus capítulos 8 y 9 presenta dos tipos de enfoque, para determinar el grado de reactividad de un agregado y las medidas que se deben tomar para mitigar el efecto que este genera, a continuación, se presenta a grandes rasgos los dos métodos para determinar las acciones para mitigar el efecto de la reacción álcali sílice.

• Enfoque basado en el desempeño para la determinación de las medidas preventivas: esta sección es presentada por la norma en su capítulo 8 y se determina la cantidad de adiciones <sup>4</sup> de acuerdo a los resultados obtenidos a partir de la evaluación de la reactividad álcali – sílice siguiendo los lineamientos de ASTM C1293-18a ó la ASTM 1567-13 teniendo en cuenta que:

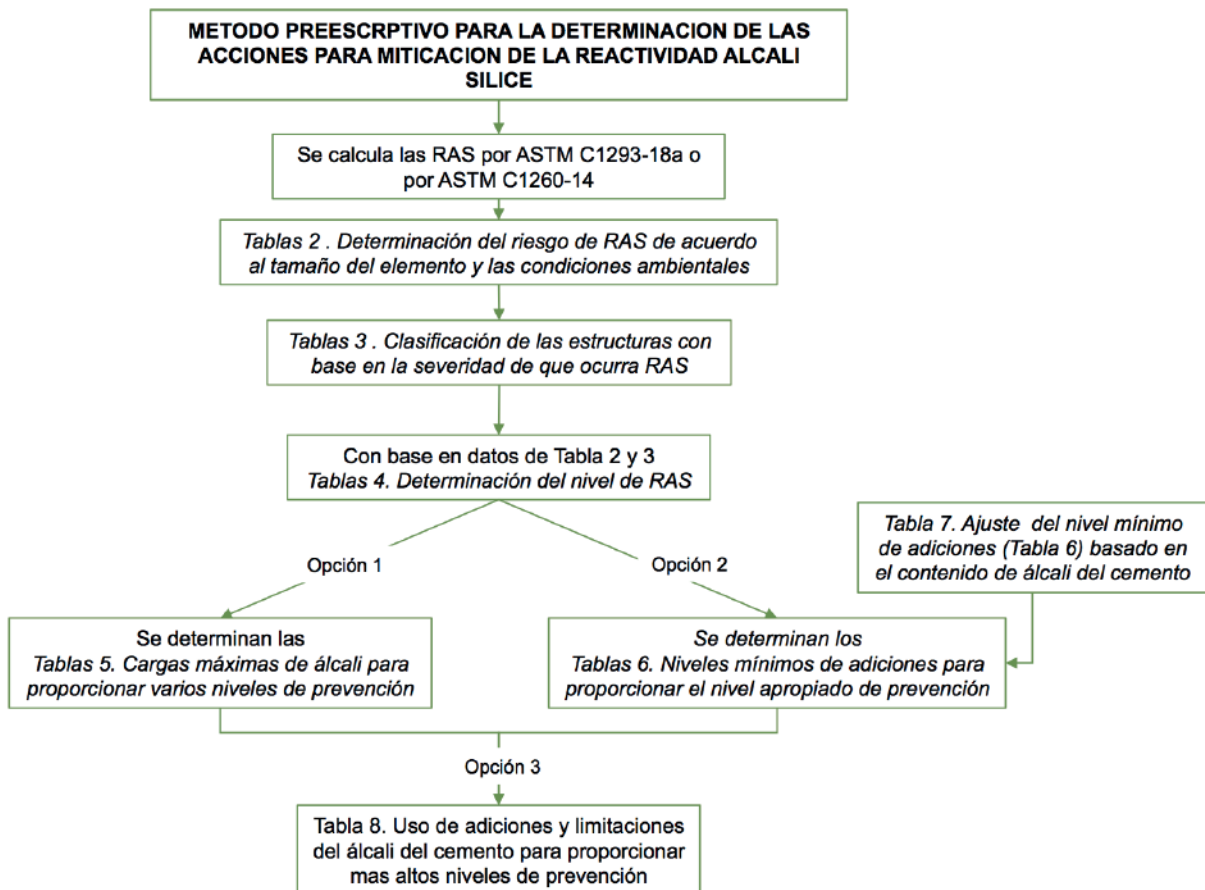
- Por este enfoque solo se pueden usar cementos con cargas máximas alcalinas del  $\text{Na}_2\text{Eq}$  menores al 1,25, tampoco sirve para medir la variación en los efectos de la mitigación modificando esta variable.

**4 Adiciones: hace referencia a los materiales o aditivos como las cenizas volantes, el humo de sílice, puzolanas naturales entre otros.**

- La evaluación llevada a cabo usando la ASTM C1293-18a, tomas al menos 2 años y los resultados en el porcentaje de expansión de los especímenes debe ser menor al 0,04% al cabo de este tiempo.

- En el caso de usar el procedimiento estándar de la ASTM C1260-14, primero se debe verificar que el agregado no se encuentre en la zona 3 de acuerdo a Figura 3 de la norma, de no ser así se lleva a cabo el ensayo, en el cual al cabo de 14 días se determina la expansión acelerada de los especímenes que debe ser menor al 0.1%.

• Enfoque prescriptivo para la selección apropiada de medidas preventiva: bajo esta metodología, se determinan las acciones de mitigación de acuerdo a los resultados de varias pruebas y que se van usando para navegar en las tablas que presenta la ASTM C1778-19a y que permite tomar medidas con el uso de materiales cementantes o variando la carga alcalina de la mezcla. En este sentido la norma presenta 2 caminos de ruta básicos y una 3 opción cuando las condiciones son críticas, lo cual se muestra en el siguiente flujograma:



Cuando se comprueba que el agregado es potencialmente reactivo, tiene un porcentaje de expansión superior al 0,1% de acuerdo a la metodología de la ASTM C1260-14, se pueden utilizar adiciones para ayudar a la mitigación del fenómeno, estas se deben ensayar bajo la normativa ASTM C1567-13, donde se busca que los porcentajes de expansión del concreto sean menores al 0,1% (bajo potencial a RAS).

Dentro del portafolio de productos EUCLID CHEMICAL TOXEMENT y, teniendo en cuenta la información antes presentada para el uso de adiciones, que permitan mitigar el efecto de la reacción álcali sílice y sus patologías asociadas sugerimos el uso de los siguientes productos:

| PRODUCTO                       | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DOSIFICACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EUCON MSA - MICROSILICA</b> | <p>Es un aditivo en polvo, color gris que adicionado al concreto, le otorga características de alta resistencia mecánica y química. <b>EUCON MSA - MICROSILICA</b> reacciona con el hidróxido de calcio en la pasta de cemento, produciendo mayor cantidad de gel de silicato de calcio, incrementando las resistencias y durabilidad. Las partículas muy finas de micro sílice llenan los pequeños espacios entre las partículas de cemento creando un concreto más denso y menos permeable.</p> <p><b>EUCON MSA - MICROSILICA</b> cumple con los requerimientos de ASTM C- 1240.</p> | Entre el 3% y 10% del peso del cemento y/o de acuerdo a las consideraciones técnicas de aplicación solicitadas.                                                                                                                                                                 |
| <b>EUCON MTC</b>               | <p><b>EUCON MTC</b> es un material sólido finamente molido, a base de aluminio – silicatos, utilizado como material cementante. Índice de Puzolanidad : &gt;75%</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | La dosis de <b>EUCON MTC</b> depende de las características del concreto o diseño a producir, se recomienda consultar con el Departamento Técnico de TOXEMENT, para efectuar las mezclas previas y necesarias y determinar la dosificación óptima en función de sus materiales. |

Adicionalmente la norma también menciona que se puede mitigar este tipo de reacciones con el uso de aditivos a base de litio, tecnología disponible en nuestro portafolio de productos EUCLID CHEMICAL TOXEMENT, y que es presentado a continuación.

| PRODUCTO            | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DOSIFICACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>INTEGRAL ARC</b> | <p>Es un aditivo base Nitrato de Litio, especialmente diseñado para prevenir y controlar la reacción álcali - sílice (ASR) en concreto. Cuando la sílica reactiva tiene suficiente álcali y humedad, se forma un gel expansivo que rompe el concreto. La reactividad álcali - sílice puede ser controlada utilizando <b>EUCON INTEGRAL ARC</b> como un aditivo en el concreto a la dosis recomendada.</p> <p>Las dosis pueden variar dependiendo del sodio equivalente del cemento y de las puzolanas como Fly Ash tipo F utilizadas en la mezcla.</p> | <p>La dosis de <b>EUCON INTEGRAL ARC</b> está basada en la cantidad de Sodio equivalente *(Na<sub>2</sub>O<sub>e</sub>) en el cemento. * Sodio equivalente (Na<sub>2</sub>O<sub>e</sub>) = % Na<sub>2</sub>O + 0.658 x % K<sub>2</sub>O. Para controlar el ARC en concreto, adicione 0.55 galones de <b>EUCON INTEGRAL ARC</b> por libra de Sodio equivalente en el cemento. Para mantener la misma relación A/C reste 0.85 galones de agua por cada galón de <b>EUCON INTEGRAL ARC</b> adicionado.</p> <p>Revisar hoja técnica para el cálculo detallado.</p> |

Finalmente, también se debe considerar que una baja relación a/mc (agua /material cementante) es importante para mitigar o evitar éste fenómeno. Para éste fin, se sugiere el uso de reductores de agua, **EUCLID CHEMICAL TOXEMENT** tiene un amplio portafolio el cual se puede encontrar en el siguiente link: <http://www.toxement.com.co/segmentos/concretos/productos-sugeridos/>

Listado de normativas mencionadas en el documento.

- ASTM C114 - 18 Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement.
- ASTM C150/C150M-19 Standard Specification for Portland Cement.
- ASTM C1105 - 08<sup>a</sup> (2016) Standard Test Method for Length Change of Concrete Due to Alkali-carbonate Rock Reaction.
- ASTM C1260-14 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method).
- ASTM C1293-18a Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to alkali-silica Reaction.
- ASTM C1567-13 Standard Test Method for Determining the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate (Accelerated Mortar-Bar Method).







# EUCLID CHEMICAL TOXEMENT

---

CONSTRUYENDO MEJORES PROYECTOS

---

[WWW.TOXEMENT.COM.CO](http://WWW.TOXEMENT.COM.CO)

Para mayor información consulte la hoja técnica  
visitando nuestro portal web o consulte nuestro  
departamento técnico.

**DOCUMENTO REACTIVIDAD ÁLCALI - AGREGADO**

---

VERSIÓN 2020