

Aditivos y cemento; camino hacia Kyoto

Pere Borralleras, Marketing Manager Admixture Systems Iberia, BASF Construction Chemicals España S.L.

Ya no resulta novedoso afirmar que la nueva cruzada a la que nos vemos todos implicados es la de adaptar nuestras vidas hacia un mejor respeto al medioambiente. Pero está claro que el sector industrial es quien debe realizar más esfuerzos para que se respeten los acuerdos Kyoto, relacionados con las reducciones de emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) a la atmósfera y reafirmados por la mayoría de Gobiernos. Pero focalizando dentro del mundo industrial, el sector cementero siempre ha estado en el punto de mira al hablar de la necesidad de reducir las emisiones de CO₂.

El empleo creciente de adiciones en la producción del cemento con la finalidad de reducir las emisiones de CO₂ y cumplir así con los acuerdos de Kyoto acarrea consecuencias en el uso de aditivos de carácter retardante, limitando su dosificación y por lo tanto reduciendo sus prestaciones.

Con la finalidad de evitar el incremento de la cantidad de cemento del hormigón (que se entiende como una medida desfavorable para el medio-ambiente y económicamente), BASF Construction Chemicals España S.L. dispone de los aditivos GLENIUM SKY para cementos con mayor contenido de adición, que no causan retraso de fraguado y ofrecen prestaciones superiores al trabajar con cementos con menor contenido el aluminato tricálcico. Con la introducción de GLENIUM SKY y la utilización de cementos con mayor contenido de adición, el sector productor de hormigón puede permitir reducir hasta en un 20% las emisiones derivadas de la producción de cemento, sin que ello implique sobrecostes de producción y mermas en la calidad y prestaciones del hormigón. Sin duda alguna, esta es una medida que permitiría acercarnos a las exigencias del protocolo de Kyoto, en el que España está actualmente sobrepasando de forma considerable y preocupante los límites establecidos para las emisiones de CO₂.

Producir una tonelada de cemento Portland genera aproximadamente 600 - 800 kg de CO₂ emitidos a la atmósfera. Si además consideramos los consumos actuales de cemento en el estado español resulta evidente la contribución por parte de los productores de cemento en las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Sin embargo,



sería injusto decir que el sector cementero haya eludido su propia responsabilidad. La mayoría de fabricantes y asociaciones relacionadas con el cemento ya han empezado a caminar hacia Kyoto.

Uno de los caminos para reducir las emisiones de CO₂ por parte del sector cementero ha implicado la potenciación del uso de cementos con mayor contenido de adición, con una doble finalidad: producir cemento con menor cantidad de clínker (responsable mayoritario de la emisión de CO₂) y aumentar el uso de subproductos industriales como por ejemplo las cenizas volantes, escorias o los fillers calizos, contribuyendo de manera doble al desarrollo sostenible y al respeto ambiental.

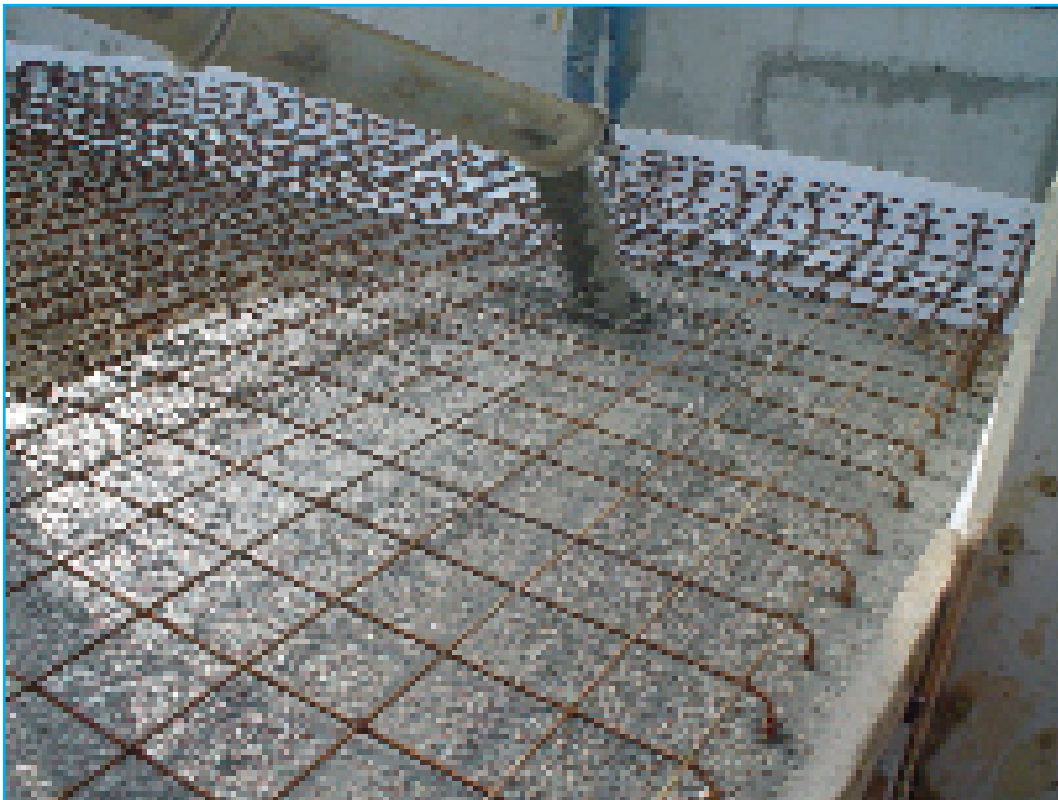
Estas adaptaciones (forzadas por la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ y respetar así los acuerdos de Kioto) han motivado la promoción de cementos “más ecológicos”, implicando algunas singularidades en el comportamiento de éstos. El uso de cementos tipo CEM II como sustitutos de los cementos tipo CEM I (más ricos en clínker), y en general, el uso de cementos más adicionados, implica variaciones en los tiempos de fraguado (más lentos en el caso de cementos con más adición) y en el desarrollo de resistencias mecánicas en

el tiempo (menores resistencias iniciales en el caso de cementos con más adición), con mayor sensibilidad a la temperatura, si bien es cierto que también tienden a producir hormigones más dóciles y trabajables, con menor retracción y menor tendencia a la fisuración y de mayor resistencia al ataque químico.

Implicaciones sobre el rendimiento de los aditivos

Al comparar un cemento tipo CEM I con un tipo CEM II/A, o un cemento tipo CEM II/A con un tipo CEM II/B, se hallan apreciables diferencias especialmente en su tiempo de fraguado y la evolución de resistencias iniciales, incrementándose éstas cuanto menor es la temperatura ambiente. Estas diferencias en tiempo de fraguado y evolución de resistencias iniciales, sin embargo, se ven multiplicadas cuando se usa un aditivo de carácter retardante.

Los cementos más ricos en adición contienen menor cantidad de C3A (aluminato tricálcico), que implica por lo general un tiempo de fraguado más lento. Sin embargo, la menor cantidad de C3A condiciona de forma significativa el rendimiento del aditivo, especialmente si éste posee carácter retardador.



Dosificaciones máximas de aditivo polifuncional (aproximadas)		
Tipo cemento	Dosificación máxima a +20 °C	Dosificación máxima a +9°C
CEM I 52,5R	1,1 - 1,4% spc	0,8 - 1,0% spc
CEM I 42,5R	0,9 - 1,1% spc	0,7 - 0,9% spc
CEM II A/V 42,5R	0,8 - 1,0% spc	0,6 - 0,8% spc
CEM II B/V 42,5R	0,7 - 0,9% spc	0,5 - 0,7% spc

Los aditivos polifuncionales comúnmente empleados en el hormigón preparado son aditivos de carácter retardante, en base a cuyo efecto basan su capacidad para mantener la consistencia del hormigón en el tiempo. Su funcionamiento depende de, entre otras variables, la cantidad de C3A presente en el cemento. Por lo general, estos aditivos se emplean comúnmente a dosificaciones elevadas, cercanas a su límite de saturación, con la finalidad de obtener de ellos la máxima rentabilidad. De este modo, los cambios en la composición del cemento (especialmente del contenido de C3A) repercuten de forma más trascendente y amplificada en su rendimiento.

En consecuencia, la adaptación que han sufrido los cementos para lograr menores emisiones de CO₂ en su producción conlleva implicaciones que afectan irremediablemente al rendimiento del aditivo. Básicamente la limitación se halla en la dosificación máxima de aditivo que permite un cemento. En un cemento rico en clínker, dosificaciones elevadas de aditivo polifuncional son posibles sin causar retraso de fraguado, mientras que con un cemento más adicionado la dosificación límite del mismo aditivo para que no cause retraso siempre será inferior, pues el cemento contiene menor cantidad de C3A.

De confirmarse la necesidad de reducir la dosificación de trabajo del aditivo polifuncional al cambiar a cementos más adicionados, esta reducción de dosis implicará una menor capacidad para reducir agua en el hormigón y por lo tanto se traducirá en una posible mayor

demanda de agua para alcanzar la consistencia especificada, que, si se trata de cementos de idéntica clase resistente, se traducirá finalmente en menores resistencias mecánicas.

Una posible solución (aunque la más costosa) a este problema consiste en incrementar la cantidad de cemento, generalmente en 10 - 30 kg/m³, en función de las diferencias entre cementos y de la temperatura. Esta actuación, además de ser la más costosa económicamente, es la más hostil contra el propio propósito: reducir las emisiones de CO₂. De poco servirán los esfuerzos de los productores de cemento si la tendencia es aumentar la cantidad de cemento por metro cúbico (véase el siguiente ejemplo, donde se muestran las emisiones de CO₂ asociadas a un metro cúbico de hormigón HA-25/B producido con diferentes tipos y cantidades de cemento, considerando que por cada kg de clínker producido se emiten 800 kg de CO₂).

En base a este cálculo, podemos deducir que si se incrementa la cantidad de cemento para compensar las implicaciones del uso de cementos con adición se deja de reducir las emisiones de CO₂ asociadas en un porcentaje alrededor del 5 - 10%. En consecuencia, tanto por finalidades medioambientales como por repercusión económica, la mejor alternativa implica la posibilidad de fabricar hormigón con cementos más ricos en adición pero sin la necesidad de incrementar la cantidad de cemento, obteniendo las resistencias mecánicas deseadas y sin problemas relacionados con

Tipo cemento	% de clínker del cemento	kg/m ³ aproximado para HA-25/B	kg/m ³ de CO ₂ asociados
CEM I-42,5R	96%	275 kg/m ³	211,2 kg/m ³
CEM II A/V 42,5R	83%	295 kg/m ³	196,8 kg/m ³
CEM II A/V 42,5R	83%	275 kg/m ³	182,6 kg/m ³
CEM II B/V 42,5R	69%	310 kg/m ³	171,1 kg/m ³
CEM II B/V 42,5R	69%	285 kg/m ³	157,3 kg/m ³

retrasos de fraguado o con bajas resistencias iniciales del hormigón.

Nuevos aditivos para nuevos cementos

Las herramientas que pueden permitir trabajar con cementos más adicionados sin necesidad de incrementar su cantidad (comparativamente a cementos más ricos en clínker) son naturalmente los aditivos químicos para hormigón.

Un primer tipo son los aditivos polifuncionales. Por lo general, todos los aditivos denominados polifuncionales poseen carácter retardante, pero no todos con la misma intensidad. Existe una clasificación de los aditivos polifuncionales según su carácter retardante de fraguado. Sobre esta clasificación, y a modo general, los aditivos más rápidos ofrecerán mejores rendimientos con cementos más lentos (y dado el caso, a menores temperaturas).

La sustitución de aditivos polifuncionales por otros polifuncionales más rápidos permite poder mantener la dosificación de aditivo cuando el cemento rico en clínker es sustituido por otro con más adición. De este modo se mantiene la reducción de agua, y por consiguiente, la resistencia.

Con una adecuada selección del aditivo polifuncional puede no tener que incrementarse la cantidad de cemento, o en cualquier caso, incrementarse en menor medida de lo que implicaría manteniendo el aditivo más retardante.

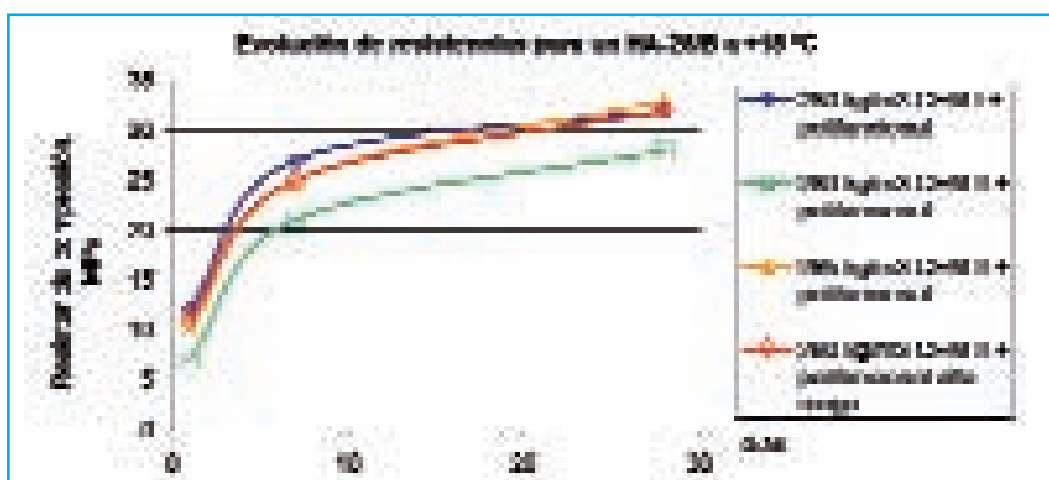
Existen también aditivos polifuncionales denominados aditivos polifuncionales de alto

rango, especialmente desarrollados para cementos con adición, que, además de tratarse de aditivos con menor carácter retardante, colaboran en la activación de las adiciones puzolanas del cemento, incrementando la consecución de resistencia mecánica. Con estos nuevos aditivos adaptados puede evitarse o reducirse el incremento de cemento.

Un segundo tipo son los aditivos superplastificantes. La utilización de aditivos superplastificantes en el hormigón preparado es la solución más indicada en el caso de sustitución de cementos ricos en clínker por cementos con más adición. Si bien las alternativas en aditivos polifuncionales, o incluso empleando aditivos polifuncionales de alto rango, pueden ofrecer prestaciones limitadas (referidas a la necesidad de incrementar la cantidad de cemento), con el empleo de aditivos superplastificantes fácilmente puede lograrse conseguir las mismas resistencias con la misma cantidad de cemento al sustituir un CEM I por un CEM II.

Existen dos sistemas para ello. El primero de ellos consiste en un sistema combinado de aditivos entre el aditivo polifuncional empleado a menor dosificación y un aditivo superplastificante que se caracteriza por una elevada capacidad reductora de agua y por colaborar en el mantenimiento de consistencia sin causar retraso de fraguado. Combinando ambos aditivos no es necesario incrementar la cantidad de cemento cuando se usan cementos más lentos, y ajustando las dosificaciones de ambos aditivos, pueden conseguirse hormigones de fraguado rápido, menos sensibles a las bajas temperaturas.

La otra alternativa consiste en el uso de



Cantidades de cemento aproximadas para un HA-25/B con diferentes tipos de cementos y de aditivos (a su dosificación recomendada)			
Tipo cemento	Cantidad, kg CEM/m ³	Tipo aditivo	Dosificación, % spc
CEM I 42,5 R	280	Polifuncional	0,9
CEM II A/V 42,5R	300	Polifuncional	0,8
CEM II A/V 42,5R	280	Polifuncional + Superplastificante	0,8 + 0,5
CEM II A/V 42,5R	275	GLENIUM SKY	0,7
CEM II B/V 42,5R	315	Polifuncional	0,7
CEM II B/V 42,5R	280	GLENIUM SKY	0,7

aditivos superplastificantes de nueva generación de la gama GLENIUM SKY. Estos aditivos, formulados a base de policarboxilatos



especialmente adaptados y formulados, permiten elevadas reducciones de agua al mismo tiempo que mantienen la consistencia del hormigón sin causar retrasos de fraguado al hormigón, incluso conteniendo cementos con elevada proporción de adición y ante bajas temperaturas. Gracias al uso de aditivos GLENIUM SKY pueden emplearse cementos con gran proporción de adición sin prácticamente alterar el tiempo de fraguado y sin necesidad de incrementar el contenido de cemento para alcanzar las resistencias deseadas.