

Pablo Sala Renovell. Licenciado en Ciencias Químicas. Departamento Técnico. ENAH - Química para Hormigón, S.L.

Marcos González Herrero. Licenciado en Ciencias Químicas. Director Técnico. ENAH - Química para Hormigón, S.L.

El hormigón de hoy que garantiza los estándares del futuro.

Nueva gama de aditivos superplastificantes ENAHTEC

El hormigón que se producirá en un futuro próximo, y cuyas tendencias ya se observan en la actualidad, estará fabricado con recursos materiales acordes a la situación energética y medioambiental global. La necesidad de reducir los costes de producción para hacer viable la fabricación de hormigón pasa por obtener recursos minerales próximos, reduciendo el consumo de combustibles y la consiguiente huella de carbono asociada. La escasez de los recursos minerales de calidad idónea marca la tendencia a optimizar los rendimientos asociados a la utilización de materiales de baja o moderada calidad con el empleo de aditivos de nuevo desarrollo para conseguir desde hormigones convencionales a hormigones de altas prestaciones con los recursos disponibles.

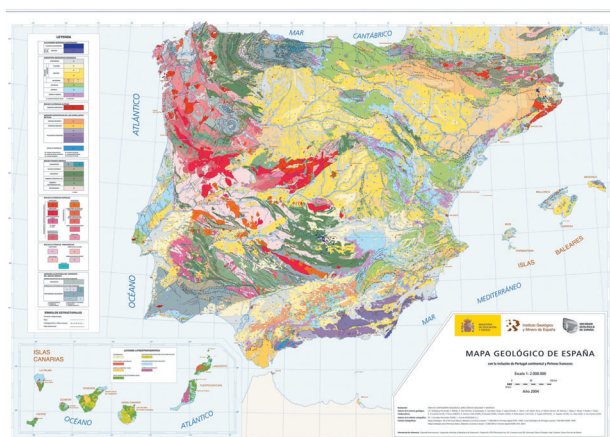
En este contexto, Química para Hormigón ha desarrollado ENAHTEC, la última tecnología en policarboxilatos que ha sido testada con áridos de calidad limitada, mostrando un excelente comportamiento tanto en el hormigón fresco como endurecido. Un aditivo que funciona donde los aditivos convencionales no presentan esta solución.

Los áridos son una materia prima indispensable para la sociedad, siendo empleada principalmente por el sector de la construcción y otras industrias. En el caso del hormigón, el 80% de los materiales necesarios para la fabricación de un metro cúbico está compuesto por arena y árido grueso. Por este motivo, las centrales de hormigón requieren altas cantidades de árido en sus proximidades, o a distancias de transporte razonables, para que la fabricación del hormigón sea económicamente viable en un mercado de libre competencia.

La geografía española presenta rocas de distinta naturaleza, siendo algunas de ellas aptas para la fabricación de hormigón, desde granitos o calizas para la obtención de áridos triturados, hasta materiales de origen poligénico en las cuencas de los ríos. Tanto su composición como el tratamiento que sufren estos materiales para la obtención de arenas y gravas, influyen de forma directa en las propiedades que serán determinantes para la fabricación de distintos tipos de hormigón, como la curva granulométrica, contenido en finos, dureza, densidad, porosidad, absorción, forma, textura superficial y humedad, principalmente.

Si bien los áridos para la fabricación de hormigón estructural deben cumplir unos requisitos mínimos de calidad recogidos en la EHE 2008 y el Código Estructural, normativas que coexisten actualmente, el problema es que no siempre se dispone de los áridos de mejor calidad para su fabricación a una distancia razonable. Tanto su escasez en algunas zonas, como el agotamiento de los recursos minerales de idónea calidad, obligan a la búsqueda de otras soluciones como la incorporación de arenas y gravas de calidades moderadas para la fabricación de las distintas mezclas.

Para el aprovechamiento de estos recursos de inferior calidad, las tendencias actuales de mayor relevancia consisten en la utilización de arenas manufacturadas procedentes de rocas trituradas y productos secundarios del proceso de trituración, o el tratamiento de arenas con presencia de arcillas y otras partículas minerales que pro-



Mapa geológico que muestra la elevada diversidad de materiales a lo largo de la geografía del territorio español.

vocan efectos adversos en el hormigón, tanto en estado fresco como endurecido, sobre todo en condiciones de exposición agresivas. Por otro lado, la utilización de árido procedente de hormigón reciclado, está cobrando mucha fuerza en los últimos años. El patrimonio en forma de hormigón armado en España ha pasado de ser casi inexistente a ser muy extenso en el último siglo. La demolición de obras y estructuras antiguas de hormigón para su renovación, permite hoy la disponibilidad de estos materiales reciclados de hormigón donde antes no los había. La salida de estos materiales para un desarrollo de hormigón sostenible incluye, entre otras aplicaciones, la incorporación de un porcentaje de árido grueso para la fabricación de hormigón estructural.



Solera de hormigón con aditivo ENAHTEC. Puesta en obra.

La utilización de estas soluciones puede contribuir a la viabilidad económica del producto, pero también presenta mayores dificultades para alcanzar los estándares de calidad del hormigón, desde su fabricación, transporte y puesta en obra, hasta la entrada en funcionamiento de la estructura y su durabilidad. El empleo de materiales de baja o moderada calidad requiere, a menudo, un mayor consumo de cemento para obtener la relación agua/cemento deseada. La mayoría de aditivos del mercado, de distintas naturalezas químicas, no consiguen por lo general con estos materiales la optimización de los contenidos de cemento, ni la trabajabilidad y comportamiento deseado del hormigón fresco, ni las resistencias tanto iniciales como finales del hormigón endurecido.

La última tecnología desarrollada por ENAH, los superplastificantes de la gama ENAHTEC, ha sido testada con materiales con bajo equivalente de arena, con impurezas de filosilicatos y con áridos reciclados, consiguiéndose hormigones de sorprendente calidad. Los estudios realizados tanto en laboratorio como en diversas plantas de hormigón preparado, muestran un elevado incremento de las resistencias tanto iniciales como finales al utilizar los superplastificantes de la gama ENAHTEC en comparación con otros superplastificantes de distinta naturaleza química. Para con-

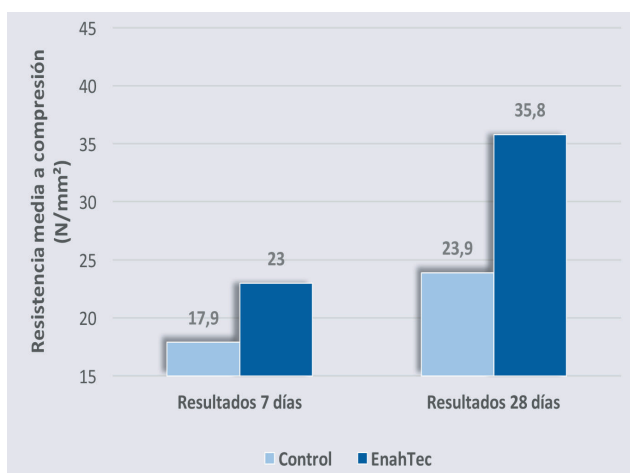
trolar el tiempo abierto de trabajabilidad, se han utilizado aditivos plastificantes de la gama EnahPlast en sinergia con los superplastificantes de la gama ENAHTEC.

PCE vs. ENAHTEC. Árido fino de baja calidad en HA/25/B/20/IIa

El aditivo ENAHTEC se ha comparado frente a un aditivo policarboxilato convencional de otra firma comercial.

Materiales empleados

- Árido fino 0/5: el 90% del árido fino utilizado para este estudio (0/5 mm) procede de la trituración de dos tipos de materiales:
 1. Roca caliza grisácea (90%) con moscovita 'mica blanca' y cuarzo (10%).
 2. Conglomerado de origen poligénico (silicocalcáreo) con matriz arenosa y cemento calcáreo.
 El polvo mineral de la mezcla contiene un 75% de calcita, un 10% de dolomita, un 10% de filosilicatos y un 5% de cuarzo. Estos filosilicatos ('micas', 'caolines', 'minerales de las arcillas') contribuyen de manera fundamental a la baja calidad de la arena, produciendo una altísima demanda de agua de amasado y un pernicioso efecto de adsorción del aditivo superplastificante.
- La arena resultante del procesamiento de estos materiales presenta un valor de 70 en el ensayo de equivalente de arena.
- Árido fino 0/2: el 10% del árido fino restante (0/2 mm) procede de una cantera de caliza para su uso como arena correctora. Este árido fino presenta un valor equivalente de arena de 55 y un valor de azul de metileno de 1,5 g/kg.
- Árido grueso: El árido grueso utilizado en sus fracciones 5/11 y 11/20 mm tiene la misma procedencia que la arena 0/5 mm y presenta un porcentaje de dos o más caras de fractura superior al 80%.
- Cemento: el cemento utilizado es un CEM II (A-L) 42,5 R con el contenido mínimo de cemento para un ambiente IIa.
- Aditivo ENAHTEC vs. PCE convencional: para realizar el estudio comparativo entre el aditivo policarboxilato de control que habitualmente utiliza esta central, y el policarboxilato de la gama ENAHTEC, se ajustó la dosificación de aditivo para fabricar hormigones a la misma relación agua/cemento, fijada en 0,53. El asentamiento de cono de Abrams obtenido fue de 10-11 cm en todos los hormigones fabricados.



Hormigón con aditivo de control (policarboxilato) y hormigón con aditivo ENAHTEC. Resistencia media a compresión a 7 y 28 días.

Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que, habiendo fabricado todos los hormigones a la misma relación agua/cemento y habiendo obtenido la misma consistencia, el hormigón de control fabricado con un policarboxilato convencional no alcanza la resistencia característica mínima y el hormigón fabricado con ENAHTEC, no sólo incrementa considerablemente la resistencia a 7 días, sino que supera con creces la resistencia final deseada. Frente a los bajos resultados obtenidos con el policarboxilato convencional, el hormigón fabricado con ENAHTEC presenta un excelente comportamiento químico ante a la presencia de filosilicatos en el árido fino. Gracias a la particular y estratégica disposición, tanto de las cadenas laterales del copolímero como de la carga catiónica de las moléculas de ENAHTEC, permite reducir hasta un 80% el atrapamiento por adsorción de las mismas por parte de estos filosilicatos. Es decir, se reduce el proceso de adsorción, en el que los átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material, en contraposición con la absorción, que es un fenómeno de volumen.



Árido fino 0/5 mm procedente de la trituración de roca caliza y conglomerado.

Naftaleno vs. ENAHTEC. Árido grueso reciclado en HRA/25/B/20/IIa

El aditivo ENAHTEC para este caso se ha comparado frente a un aditivo de naturaleza química naftaleno sulfonado de otra firma comercial.

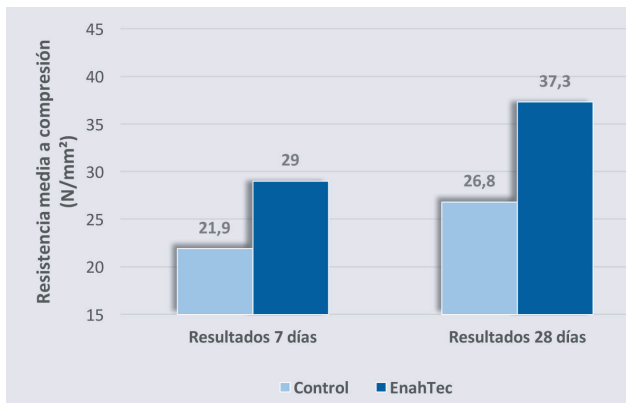
El árido reciclado que se ha utilizado para este estudio procede de la demolición de estructuras de hormigón no especiales y sin patologías, con contenidos inferiores al 1% de partículas ligeras, 1% de materiales bituminosos y 0,5% de otros materiales, cumpliendo tanto las recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados de la EHE-08 como del Código Estructural.

Materiales empleados

- Árido grueso reciclado: para la optimización del número de tolvas de la central de hormigón preparado y medios humanos en el proceso de fabricación se ha empleado como árido reciclado la fracción 5/12 mm, representando un 20% del total de árido grueso. Esta fracción granulométrica presenta un valor de absorción del 6% y un desgaste de Los Ángeles de 34.
- Árido grueso: el 80% del árido grueso restante es árido calizo triturado de fracción granulométrica 12/20 mm, habitual de la zona.
- Árido fino: como árido fino se ha utilizado mayoritariamente una arena 0/5 mm y como correctora una arena 0/2 mm, ambas lavadas y de naturaleza caliza, procedentes de la misma cantera que el árido grueso 12/20 mm.
- Cemento: el cemento utilizado es un CEM II (A-L) 42,5 R con el contenido mínimo de cemento para un ambiente IIa.
- Aditivo ENAHTEC vs. naftaleno: el estudio comparativo entre el aditivo naftaleno de control habitualmente utilizado en esta central y el policarboxilato de la gama ENAHTEC, se ha realizado con el objetivo de alcanzar la misma consistencia en todos los hormigones fabricados, fijada en un asentamiento de cono de Abrams entre 8 y 9 cm. La optimización de la fórmula al introducir el aditivo ENAHTEC permitió una reducción de la relación agua/cemento de 0,57, obtenida con el aditivo de control, a una relación agua/cemento de 0,54 con ENAHTEC.

Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos, la sustitución del aditivo superplastificante por ENAHTEC permite obtener un incremento muy importante de las resistencias me-



Hormigón con aditivo de control (naftaleno) y hormigón con aditivo ENAHTEC. Resistencia media a compresión a 7 y 28 días.

cánicas respecto al hormigón fabricado con el aditivo de control. El hormigón fabricado con naftaleno alcanza la resistencia característica a 28 días, mientras que el hormigón fabricado con ENAHTEC la alcanza incluso a los 7 días y la supera en más de 11 N/mm² a los 28 días.



Árido grueso 5/12 mm reciclado de hormigón.

Como conclusión, la gama ENAHTEC se presenta como una solución para las plantas que fabrican hormigón con áridos de baja calidad y se ven obligados a aumentar el contenido de cemento para asegurar el cumplimiento de las resistencias proyectadas, produciendo un gasto innecesario, aumentando las emisiones de CO₂ y encareciendo el coste del metro cúbico de hormigón.

La necesidad de aumentar el rendimiento de materiales de calidad limitada es necesaria para llevar a cabo un ahorro tanto económico como energético, reduciendo el impacto medioambiental y obteniendo las características técnicas adecuadas que se exigen en el hormigón, un material de una gran importancia para el sector de la construcción y la sociedad.

**ALGUNOS
PIENSAN QUE
LA BASURA NO
VALE NADA.
NOSOTROS NO
LO PENSAMOS.**