

Solución para construir estructuras bajo el agua

Grouts antideslave



Andres H. Uribe Gomez,
Juan Camilo Lema Zambrano
BASF Master Builders Solutions

En la actualidad, una de las aplicaciones de mayor exigencia para las mezclas de tipo cementicio (concretos y morteros) empleadas en la ejecución de obras de infraestructura a nivel global es aquella que exige que el desempeño de la mezcla no se afecte al enfrentarse a condiciones complejas de colocación, entre ellas los vaciados en un medio con alta presencia de agua, construcciones y reparaciones subacuáticas o trabajos con *grout* (mortero de relleno) en estructuras marinas.

El actual avance de los procesos constructivos podría obviar este reto en algunos casos. Sin embargo, tanto para la construcción de nuevos elementos como para rehabilitación, existen aplicaciones cuyos diseños de mezclas exigen incorporar tecnologías que mitiguen o eviten del todo su afectación, especialmente durante las etapas de vaciado.

Los desafíos para que el vaciado subacuático sea exitoso comprometen a todas las partes del ciclo constructivo: por ejemplo, el constructor debe valerse de buzos para observar y dirigir las líneas de bombeo y las tuberías de Tremie mientras trabaja en aguas oscuras – considerando que este ambiente puede empeorar si hay lavado de cemento y finos de la mezcla– y los ingenieros

deben asegurar la calidad del concreto en el lugar de obra considerando, entre otros, que el concreto no puede ser vibrado bajo el agua y que, por ende, la capacidad de fluir al sitio destinado es crítica, lo que puede ser aún más complejo si se trabaja en labores de rehabilitación donde no se puede retirar de manera sencilla el concreto existente.

Adicionalmente, los retos constructivos para las aplicaciones bajo agua implican aspectos relacionados con el lavado de cemento y finos de los agregados, que pueden afectar la calidad del concreto en el sitio y causar problemas de tipo ambiental. También es importante considerar los altos sobrecostos que pueden generar la colocación de concretos bajo agua, las técnicas específicas de colocación, la incorporación de cemento adicional en el diseño de mezcla y el bombeo del material hacia el sitio a intervenir.

Un correcto diseño de la mezcla de concreto para este tipo de aplicación es clave para el éxito del proyecto. Las especificaciones serán desafiantes, por lo general, y los requisitos de resistencia a la compresión para el concreto pueden ser superiores a 55 MPa (8.000 psi). Para esto deben considerarse tecnologías que complementen el

↑ Foto 1. Proyecto Hidroeléctrico Ituango
CORTESÍA EPM

diseño, como el humo de sílice y los reductores de agua de alto rango con extensión de manejabilidad; usar una baja relación de agua/material cementante (a/mc), y proveer, además, una consistencia fluida para bombear el concreto en formaletas con espacios restringidos.



↑ Foto 2. Parque Eólico de Liverpool Bay, Inglaterra. CORTESÍA MASTER BUILDERS SOLUTIONS BASF

Por lo anterior, si el diseño de mezcla (sea de un concreto, mortero o *grout*) para aplicaciones subacuáticas, no incorpora tecnologías que modifiquen su comportamiento en estado fresco durante la etapa de colocación y vaciado, gran parte del cementante presente en la mezcla puede perderse en el entorno causando, entre otros, la reducción de su bombeabilidad debido al agua presente en las líneas de bombeo, reducción de la resistencia ante la pérdida de material cementante y, finalmente, detrimento de la funcionalidad estructural del proyecto.

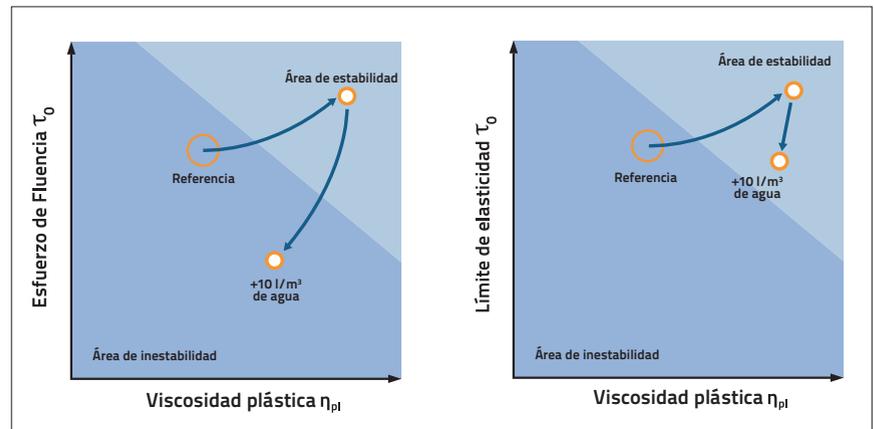
Como alternativa a todos los desafíos de ingeniería que representa este tipo de procesos constructivos, en años recientes se ha desarrollado un abanico de soluciones tecnológicas que permiten mejorar el comportamiento reológico de las mezclas de concreto, *grouts* y morteros, reduciendo notablemente los sobrecostos de las obras.

Tecnología química en estructuras bajo agua

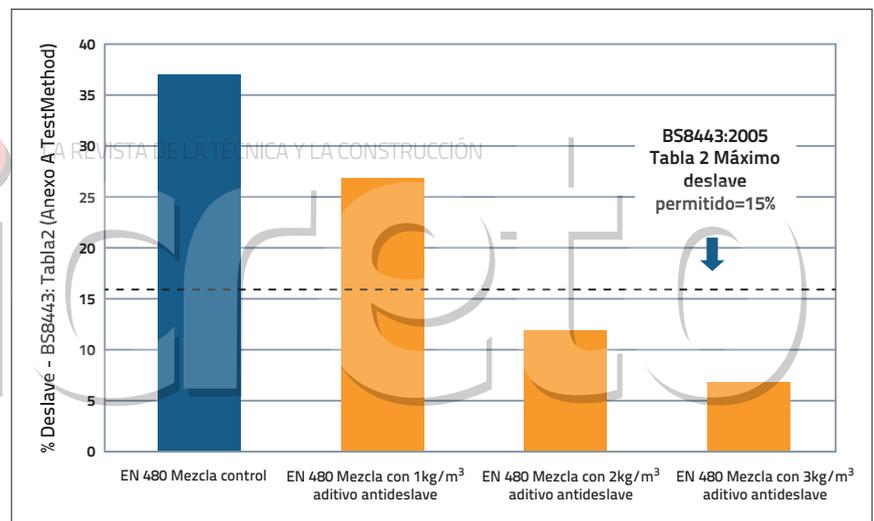
Los aditivos y productos antideslave constituyen una alternativa que proporciona varias condiciones para un vaciado subacuático exitoso, pues mejora notablemente las propiedades reológicas durante el vaciado y la colocación del material en obra y disminuye los sobrecostos asociados a la pérdida de material en las mezclas, con ínfima afectación del desarrollo de las propiedades del estado endurecido del material empleado en la reparación o en el proceso constructivo.

Su desarrollo obedece a tecnologías patentadas que suplen el vacío técnico de otros materiales y grouts convencionales que no tienen la capacidad de resistir altas presiones y deslave, ante caudales de agua en las aplicaciones de ingeniería hidráulica [1].

El mecanismo de acción que mejora las propiedades de las mezclas con este tipo de tecnología se basa principalmente en la modificación de los dos parámetros



↑ Gráficas 1 y 2. Estabilización de concreto inestable para aplicaciones bajo agua mediante tecnologías antideslave [2]. A la izquierda un concreto convencional que al ser lavado con agua pasa a la región de inestabilidad en términos de pérdida material cementante y capacidad de bombeo, a la derecha, se evidencia que a pesar de que el concreto interactúa con mayor cantidad de agua, no pierde sus propiedades de bombeo y su estabilidad en flujo para ser colocado con mayor facilidad. CORTESÍA MASTER BUILDERS SOLUTIONS BASF



↑ Gráfica 3: Mejoramiento de pérdida de matriz de cemento usando aditivos antideslave a diferentes dosis. La norma BS8443:2005¹ indica el máximo valor de deslave permitido para aplicaciones en construcciones hidráulicas [3]. CORTESÍA MASTER BUILDERS SOLUTIONS BASF

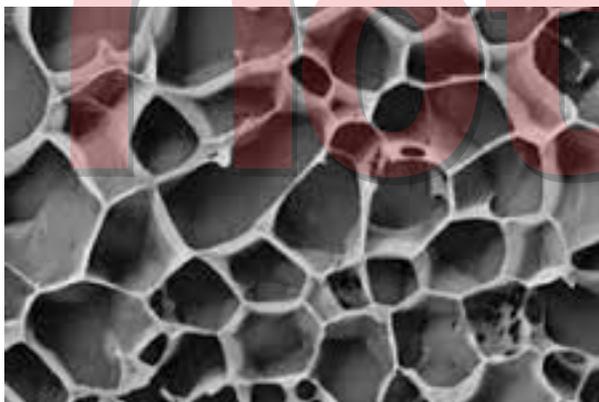
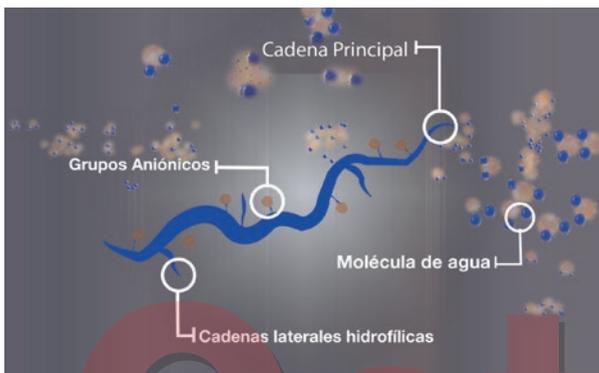
¹ Specification for establishing the suitability of a special purpose concrete admixtures / Especificación para establecer la idoneidad de aditivos de concreto para propósitos especiales.

reológicos más importantes de la mezcla: el esfuerzo de fluencia y la viscosidad plástica, relacionados con el comportamiento en estado plástico de los materiales. Estos parámetros son controlados por los aditivos antideslave y permiten obtener la optimización de mezclas empleadas en aplicaciones hidráulicas bajo el concepto de *Smart Dynamic Concrete*¹, que proporciona un material de construcción más estable para estos usos.

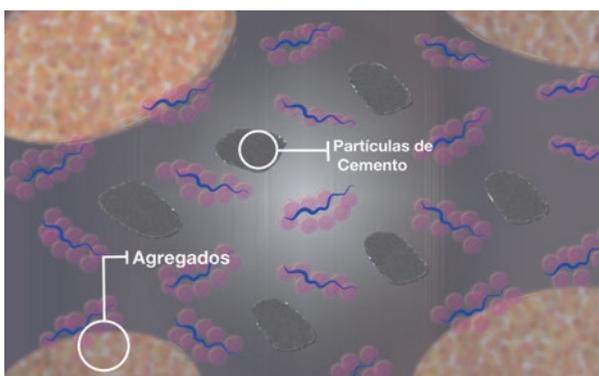
A continuación se muestra un ejemplo que evidencia el mejoramiento del desempeño de una mezcla para aplicaciones de este tipo con aplicación de la tecnología de aditivos y productos antideslave.

¹ Tecnología de diseño química, inteligente y selectiva para convertir el concreto autocompactante en una mezcla robusta, de fácil colocación, estable y con el menor sobre costo en el momento de hacer construcciones de altos requerimientos técnicos.

Como se evidencia en las gráficas 1, 2 y 3, es posible mejorar diferentes propiedades del concreto en términos de pérdida de cementante de la mezcla y reología en el momento de la colocación. Este resultado se obtiene gracias al efecto de los polímeros hidrosolubles, cuya característica principal se basa en cadenas iónicas de alto peso molecular que interactúan con las moléculas de agua presentes en el fluido libre de una mezcla y, además, se absorben de manera controlada en las partículas más finas del cemento y las arenas. Este diseño molecular permite mantener el agua libre del concreto dentro de la mezcla, consolidando todos los materiales juntos.



Se esquematiza a continuación el mecanismo en que parte de las moléculas principales que componen el aditivo y este tipo de tecnología generan un balance hidrofílico-lipofílico que impide que el agua se libere al exterior de la molécula, reduciendo la posibilidad del lavado del cementante e impidiendo el sangrado o segregación del material por su uso en aplicaciones hidráulicas.



← Figuras 1 y 2. Estructura polimérica para mejoramiento reológico de mezclas de concreto y grouts antideslave. CORTESÍA MASTER BUILDERS SOLUTIONS BASF

← Figura 3. Mecanismo de acción de tecnología antideslave en aplicaciones de ingeniería hidráulica. Los polímeros diseñados para la tecnología antideslave, evitan que las partículas del agua migren fuera de la matriz del concreto y mantienen en una suspensión estable a las partículas de cementante mientras se van hidratando en el tiempo para ganar resistencia. CORTESÍA MASTER BUILDERS SOLUTIONS BASF

El efecto que se logra con este tipo de tecnologías dependerá del uso y el desafío que se quiera resolver, pues las aplicaciones de estos productos van desde la consolidación estructural de macizos fracturados bajo el agua, -como es el caso de la presa hidroeléctrica de Hidroituango en Colombia, donde se aplica en la actualidad tecnología de *grouts* antideslave para reparar y consolidar los túneles colapsados de la obra hasta la fundación de torres de energía para parques eólicos, como en el caso de las 160 turbinas instaladas en la bahía de Liverpool, Inglaterra, en donde se emplearon *grouts* antideslave en la cimentación, vertidos en presencia de agua marina.

El uso y la comprensión de este tipo de tecnología arroja beneficios a la industria de la construcción en términos económicos, ecológicos y ergonómicos, con los siguientes aspectos a considerar:

Económicos

- Reducción de costos en pérdidas de finos cementantes y de la arena.
- Colocación en sitio del concreto 40% más rápida.
- Productividad laboral hasta 5 veces mayor.

Ecológicos

- Menor residuo fino en cuerpos de agua.
- Menor huella de CO₂ durante el proceso constructivo.
- Mayor durabilidad de las estructuras.

Ergonómicos

- No se requiere de vibración.
- No genera ruidos.
- El proceso de bombeo, la colocación es más sencilla al tener menor cohesividad de mezcla.

Las ventajas enumeradas abren una ventana y un sinnúmero de posibilidades a nuevos retos de ingeniería que implican condiciones de colocación extremas y específicas de acuerdo con diferentes exigencias de la ingeniería hidráulica mundial.

Por ello, continuar el mejoramiento, diseño y aplicación de este tipo de materiales y productos en los proyectos de infraestructura y construcción subterránea, permitirá que un país como Colombia siga creciendo en términos de construcciones hidráulicas de alta complejidad que están a la vanguardia de grandes obras de referencia, mejorando la calidad de vida y el nivel de desarrollo de la población de diferentes regiones.

Referencias

1. J. H. H. S. M. X. Wei Cui, «Development of two new anti-washout grouting materials using multiway ANOVA in conjunction with grey relational analysis», *Construction and Building Materials*, vol. 184, nº 198, pp. 1-15, 2017.
2. Master Builders Solutions-BASF, «MasterMatrix - Advanced Rheology Control for Concrete», 23.10.2017. [En línea]. Available: <https://www.master-builders-solutions.basf.co.uk/en-gb/products/mastermatrix>. [Último acceso: 15.01.2020].
3. British Standards Institution (BSI), «Specification for establishing the suitability of special purpose concrete admixtures», 2006.