

LOS ADITIVOS

Conceptos Generales:

Los aditivos son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

Productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y hormigones en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades.

Aún cuando los aditivos son un componente eventual del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables.

De esta manera su uso estará condicionado por:

- a) Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básico.
- b) Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del hormigón.
- c) Que un análisis de costo justifique su empleo.

MECANISMO DE ACCION DE ALGUNOS ADITIVOS

SUPERPLASTIFICANTES – FLUIDIFICANTES

Corresponden a una nueva generación de aditivos plastificadores en base a productos melamínicos o naftalínicos, constituyendo una evolución de los aditivos reductores de agua, que en la adsorción y capacidad de dispersión del cemento es mucho más acentuada.

Los efectos principales que se derivan de la incorporación de algún componente tensoactivo son por una parte la ionización de los filamentos del aditivo que produce la separación de los granos de cemento entre sí, conduciendo a una efectiva desfloculización, y, por otra parte, las moléculas de aditivo son absorbidas y se orientan en la superficie de los granos de cemento en un espesor de varias moléculas, de lo que resulta una lubricación de las partículas.

Para entender mejor el funcionamiento de estos aditivos se hace preciso recordar el comportamiento agua-cemento en el proceso de mezclado y fraguado del hormigón. Como sabemos, primero se forma la pasta aglutinante producto de la lubricación de las partículas de cemento y de árido tras la adsorción del agua, y luego esta pasta se vuelve cementante producto de la reacción química que se lleva a cabo entre ambas al iniciarse el fraguado.

En la primera de estas etapas es cuando se produce la mezcla de los componentes y las primeras reacciones electroquímicas entre agua y cemento, apareciendo las características del hormigón fresco como trabajabilidad, docilidad, consistencia, etc.

Estas características están gobernadas principalmente por las reacciones electroquímicas producidas entre las moléculas de agua y los granos de cemento, los que poseen un gran número de iones en disolución en su superficie. Estos iones tienden a formar, debido a una afinidad electroestáticas, flóculos o capas de solvatación al entrar en contacto con el agua durante la operación de amasado. Dichos flóculos ejercen dos efectos nocivos en la masa de hormigón.

- Impiden la dispersión uniforme de las partículas de cemento en la masa de hormigón.
- Retienen cierta cantidad de agua en el interior de su masa que incide negativamente en la porosidad final del material por no ser utilizable para lubricar la masa ni para la lubricación de los granos de cemento.

Los efectos nocivos de la floculación pueden ser contrarrestados, al menos en parte, mediante la incorporación a la masa de hormigón de ciertos compuestos químicos tales como

policondensados de naftaleno y formaldehído, también llamados superplastificantes, reductores de agua de alto rango o superfluidificantes.

Estas adiciones actúan neutralizando las cargas eléctricas que se encuentran sobre la superficie de las partículas de cemento y, por consiguiente, evitando la formación de flóculos. La forma lineal y alargada de estas moléculas orgánicas les permite recubrir por completo la superficie de los granos de cemento incorporándole cargas de signo negativo, provocando una fuerza de repulsión entre las partículas de cemento dificultando el fenómeno de la floculación.

Sin embargo como consecuencia del efecto envolvente de éstas moléculas puede ocurrir que, en altas dosis se produzca un efecto de retardo de la hidratación de los granos.

En el modo de acción de los superplastificantes pueden considerarse tres etapas consecutivas:

- Adsorción de los polímeros por parte de las partículas de cemento en la etapa de transición sólido-líquido.
- Carga de la superficie de los granos con fuerzas electroestáticas de repulsión por tener el mismo signo.
- Aparición de tensiones superficiales que aumentan la distancia entre partículas.

INCORPORADORES DE AIRE

Generalidades

En 1932 se observó en los Estados Unidos que algunos tramos de carretera resistían mejor el efecto del hielo que otros. Analizando este hormigón al microscopio, se observó que contenía una gran cantidad de microburbujas de aire, determinándose que había sido confeccionado con cemento procedente de fábricas que usaban en la molienda aditivos a base de aceite vegetal o de jabón.

Esta experiencia hizo resaltar el efecto del aire incorporado sobre la resistencia del hormigón a los procesos de hielo-deshielo, lo que fue confirmado en experiencias posteriores.

El hormigón, además de sus componentes sólidos, contiene un porcentaje de vacíos de formas y dimensiones variadas, provenientes del aire atrapado y de la fracción del agua de amasado que se evapora. En cambio, al utilizar un incorporador de aire se producen microburbujas esféricas cuyos diámetros oscilan entre 25 y 250 μ con una distancia entre ellos de 100 a 200 μ .

Para otorgar resistencia a las heladas interesa particularmente que las burbujas sean pequeñas. La pasta de cemento está protegida contra los efectos del hielo-deshielo, si el factor de distancia es menor a 0.20 mm.

Mecanismo de Acción

Durante el amasado del hormigón se forman burbujas de aire de diferentes tamaños, debido a los movimientos internos de los materiales del hormigón.

Mientras más pequeña es la dimensión de las burbujas, mayor es la presión ejercida sobre ellas, por lo que éstas tienden a disolverse en el agua. Por su parte, las burbujas de mayor dimensión, debido a la menor presión que experimentan, tienden a crecer, son más deformables y pueden escapar especialmente durante la compactación del hormigón. Las que no se escapan pueden aumentar de volumen, alimentadas por las más pequeñas, formando huecos que permanecen indefinidamente en el hormigón.

De lo anterior se deduce que un hormigón convencional, sin aditivo plastificante, prácticamente no puede contener burbujas inferiores a 0.1 o 0.2 mm. puesto que éstas se disuelven en el agua. Sin embargo, con aditivo, aún cuando la cantidad de aire sea similar, sus características serán muy distintas desde el punto de vista reológico y de su resistencia al hielo.

Los incorporadores de aire son productos de naturaleza aniónica que, al introducirse en una pasta de cemento, quedan adsorbidos sobre la superficie de las partículas de cemento formando

una delgada capa de filamentos de naturaleza hidrófoba, orientados desde la superficie de éstas últimas hacia la fase acuosa entre granos sólidos y con su fase polar adherida a la superficie de los granos de cemento.

Por otra parte, una pequeña proporción del producto se disuelve en fase líquida y, durante el amasado del hormigón, produce burbujas de aire que quedan distribuidas en dicha fase sin unirse entre sí debido a que en ellas los filamentos se orientan hacia el interior de las burbujas con su fase polar sobre dicha superficie.

La cantidad y características del aire incorporado dependen de numerosos factores, entre los cuales pueden dimensionarse:

- Tipo y cantidad del aditivo

Intervienen tanto sobre la cantidad como sobre el tamaño, distribución y estabilidad de las burbujas de aire incorporadores.

- Tipo y dosis de cemento

La cantidad de aire incorporado disminuye cuanto más fino es el cemento y más alta es su dosis en el hormigón.

- Docilidad del hormigón

La cantidad de aire y tamaño de las burbujas de aire incorporado aumentan con la mayor fluidez del hormigón. En relación con este último aspecto, pueden señalarse los siguientes valores:

Razón agua/cemento	Tamaño de las burbujas
0.35	10 - 100 μ
0.55	20 - 200 μ
0.75	50 - 500 μ

- Características del hormigón

Las características del hormigón inciden en la cantidad de aire incorporado. Entre ellas pueden mencionarse:

- Proporción de mortero en el hormigón
- Tamaño máximo del árido grueso
- Contenido de granos finos entre 0,2 y 0,8 mm

Condiciones de fabricación y puesta en obra del hormigón

Las condiciones más influyentes en la cantidad de aire incorporado son:

- Tiempo de amasado: un amasado muy prolongado hace perder parte del aire, el remanente es de un diámetro más pequeño puesto que las burbujas más grandes son más inestables, tendiendo a romperse o a salir a la superficie.
- Condiciones de transporte: mientras más trepidaciones y trasposos experimenta el hormigón en su transporte mayor es la cantidad de aire perdido.
- Condiciones de compactación: una cierta cantidad de aire puede perderse por efecto de la compactación si su energía es muy elevada y el tiempo de vibración prolongado, especialmente si la docilidad del hormigón es alta.

Por las razones expuestas, la cantidad de aire incorporado debe controlarse sistemáticamente, midiéndolo mediante métodos adecuados.

La medición se puede realizar por el Método de Presión, que está normalizado en ASTM C 231, o por el Método Gravimétrico, normalizado en NCh 1564: Hormigón, determinación de la densidad aparente, del contenido de cemento y del contenido de aire del hormigón fresco.

En el hormigón endurecido, el contenido de aire, distancia entre burbujas y otros parámetros pueden ser determinados mediante observación microscópica efectuada según ASTM C-457.

Efectos

La incorporación de aire en el hormigón produce diversos efectos sobre éste, tanto mientras se mantiene en estado plástico como cuando ya ha endurecido.

Debe señalarse que el efecto principal buscado con el uso de los incorporadores de aire es el aumento de la resistencia del hormigón frente a los ciclos alternados de hielo-deshielo, que pueden producirse en los períodos en que las temperaturas ambiente descienden bajo 0 °C, caso en el cual su empleo debe considerarse imprescindible.

Sin embargo, la incorporación de aire tiene también otros efectos secundarios de importancia, algunos de características favorables para el uso del hormigón, los cuales se analizan en los párrafos que siguen.

- Efecto frente a los ciclos alternados de hielo-deshielo

Cuando existen bajas temperaturas ambiente que conducen a procesos de hielo y deshielo alternativos, las burbujas de aire incorporado en el hormigón actúan como cámaras de expansión frente al aumento de volumen que experimenta el agua al transformarse en hielo. Ello permite reducir las presiones hidráulicas y, con ello, las tensiones internas que se originan por este motivo, impidiendo así el deterioro progresivo que se produciría en un hormigón que no contenga aire incorporado.

Debe señalarse que, para que este proceso destructivo se produzca, es necesario que el hormigón esté saturado de agua, al menos hasta una cierta profundidad. No basta, en consecuencia, la existencia de las bajas temperaturas, sino que éstas deben ir unidas a la existencia de humedad en el hormigón, derivada ya sea del ambiente o del terreno adyacente.

Lo anterior implica también que, al mismo tiempo, para que se induzca el mecanismo protector descrito, las burbujas de aire no deben estar saturadas de humedad, lo cual se logra al emplear compuestos aniónicos que actúan de acuerdo al mecanismo descrito en el párrafo A, produciendo los filamentos hidrófobos señalados. En consecuencia, de lo anterior se desprende que no cualquier producto que produzca aire atrapado en el hormigón, por ejemplo los utilizados para producir hormigones livianos, tendrá la misma acción que un incorporador de aire.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que la eficacia de un aditivo incorporador de aire depende tanto de la cantidad total de aire incorporado, como del tamaño y distancia entre burbujas, siendo más efectivo mientras más pequeñas sean y próximas se encuentren.

En relación con el primero, la experiencia práctica acumulada indica que, para asegurar la protección de hormigones expuestos a ciclos de hielo-deshielo, deberá incorporarse del orden de 3 a 6% de aire según el tamaño máximo del árido.

Al respecto, la Norma NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, prescribe los valores indicados en la Tabla siguiente.

Contenido de aire recomendado para el hormigón expuesto a ciclos de hielo-deshielo

Tamaño máximo nominal del árido (mm)	Contenido de aire
10	6.0
12	5.5
20	5.0
25	4.5
40	4.5
50	4.0

NOTAS:

1. En los hormigones de grado superior a H 35, el contenido de aire se puede reducir en un punto porcentual.
2. Las cifras indicadas tienen una tolerancia de ± 1.5 puntos porcentuales.

En el Capítulo 4 de este texto se indican los criterios aplicables para establecer el contenido de aire adecuado a las situaciones particulares que pueden presentarse en las obras.

- **Efecto sobre la trabajabilidad del hormigón.**

Las burbujas de aire formadas en el hormigón fresco actúan al mismo tiempo como un fluido, aumentando su docilidad, y como un inerte, ya que, por su tamaño, equivalen a partículas de tamaño inferior a 2 mm, con la ventaja de tener un mejor coeficiente de forma, de ser elásticas y deformables, lo que les permite deslizarse sin rozamiento.

Se varía, por lo tanto, las propiedades reológicas del hormigón, aumentando la cohesión, con lo cual se reduce la tendencia a la segregación y la exudación, lo que facilita su puesta en obra.

Por otra parte, al disminuirse la exudación se evita la acumulación de agua bajo las barras de acero y los áridos gruesos, mejorando su adherencia, así como también disminuye la formación de lechada en las superficies.

Se debe considerar que la incorporación de aire produce disminuciones en las resistencias mecánicas del orden de 3 a 5% por cada 1 % de aire incorporado. Esta pérdida de resistencia se compensa en parte al bajar la razón agua-cemento por el efecto plastificador antes descrito.

Sin embargo, debe considerarse que un efecto más significativo se obtiene con un aditivo plastificante-incorporador de aire

- **Efecto sobre la impermeabilidad**

En el hormigón endurecido, las microburbujas producidas por el aditivo incorporador de aire se interponen en la red de canalículos interna que existe en todo hormigón, lo cual permite limitar la ascensión de agua por capilaridad. El hormigón resultante es, en consecuencia, más impermeable e, indirectamente, por ello más resistente a la acción de agentes agresivos.

RETARDADORES

Son sustancias que retardan la disolución de los constituyentes anhidros del cemento o su difusión.

Los retardadores pueden ser sustancias inorgánicas solubles como: cloruro de aluminio, nitrato cálcico, cloruro de cobre, sulfato de cobre, cloruro de zinc, bórax soluble, fosfatos y fluoruros, ácido fosfórico, ácido bórico, óxidos de zinc y de plomo, etc., u orgánicas entre las cuales se encuentra la glucosa, sacarosa, almidón, celulosa, lignosulfonatos con azúcares, aminos y aminoácidos, etc., que en pequeñas proporciones pueden frenar el fraguado y endurecimiento del hormigón.

Los retardadores pueden actuar de dos formas distintas según su naturaleza; una es favoreciendo la solubilidad del sulfato cálcico, que de por sí es retardador de fraguado y, la otra, formando sales cálcicas que son adsorbidas, por las partículas de cemento, retrasando de esta forma su hidratación.

Se ha comprobado que los retardadores de fraguado influyen en el tamaño de los cristales formados de portlandita, ettringita, etc.

El empleo de retardadores es delicado debido a que, si se emplean en dosis incorrectas, pueden inhibir el fraguado y endurecimiento del hormigón; por esta razón se utilizan con más frecuencia fluidificantes o reductores de agua de amasado, que al mismo tiempo actúan como retardadores. Por otra parte los retardadores reducen las resistencias mecánicas del hormigón a sus primeras edades.

La acción principal de los retardadores es aumentar el tiempo durante el cual el hormigón es trabajable permitiendo: el transporte del mismo sin que se produzca un endurecimiento prematuro o la segregación, lo cual es importante en el transporte a largas distancias, en hormigones bombeados, en inyectados, etc; controlar el principio de fraguado de una masa para conseguir que una pieza hormigonada en varias fases fragüe al mismo tiempo sin dar lugar a discontinuidades o juntas; hormigonar en tiempo caluroso al hacer al cemento menos activo en su hidratación con lo cual desprenderá menos calor durante la misma, especialmente durante los primeros 7 días; lograr un acabado adecuado en hormigones de áridos vistos al aplicar el retardador a la superficie de los encofrados con lo cual el hormigón en contacto con ellos endurece más lentamente y puede tratarse con cepillo una vez realizado el desencofrado, etc.

Los retardadores de fraguado aumentan la retracción de los hormigones, siendo el aumento dependiente de la dosificación del hormigón, y de las condiciones de curado del mismo.

ACELERADORES O ACELERANTES

Son productos que, al contrario de los retardadores, favorecen la disolución de los constituyentes anhidros del cemento, su disolución o su velocidad de hidratación; su acción no está muy bien definida, aunque parece ser que provocan una cristalización rápida de silicatos y aluminatos cálcicos en la pasta del cemento hidratada. En una gran parte de ellos se encuentra el cloruro de calcio que es el acelerante por excelencia; sin embargo, también actúan como aceleradores o acelerantes el cloruro sódico, amónico, y férrico. las bases alcalinas, hidróxidos de sodio, de potasio y de amonio, los carbonatos,- silicatos y fluosilicatos, aluminatos, boratos de sodio o potasio, el ácido oxálico, la alunita, la dietanolamina, trietanolamina etc.

El CaCl_2 , incremento la velocidad de hidratación dando lugar a resistencias iniciales altas y a una gran liberación de calor en sus primeras horas, al actuar como catalizador en las reacciones de hidratación del aluminato del cemento, formando la sal de Friedel y acelerando la reacción entre el yeso y el C_3A y el C_4AF .

Con el cloruro de calcio el tiempo de iniciación del fraguado puede reducirse a menos de la mitad del normal. Al ser mayor la velocidad de desprendimiento de calor en las primeras horas del hormigón, este acelerante permite el hormigonado en tiempo frío, debido a que el calor desprendido contrarresta en parte el frío exterior. La velocidad de endurecimiento aumenta de tal forma que un 1 por 100 de cloruro de calcio sobre el peso de cemento, es equivalente, desde este punto de vista, a una elevación de temperatura de 6°C, dependiendo del tipo y dosificación de cemento.

Aparte de estas ventajas, el cloruro de calcio mejora la docilidad de los hormigones y aumenta su compacidad, no alterando las resistencias finales de los mismos y no produciendo regresión de ellas, como ocurre con otros cloruros.

Este tipo de aditivo tiene el inconveniente de que puede dar lugar a eflorescencia y corrosión de las armaduras, especialmente si el hormigón se encuentra en ambiente húmedo, de aquí que en hormigón armado y en hormigón pretensado esté totalmente prohibido su empleo, al igual que

en cualquier producto en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros componentes químicos que ocasionen o favorezcan la corrosión de armaduras.

El cloruro de calcio se emplea exclusivamente en hormigón en masa y la dosis normal de uso oscila entre el 1 y 2 por 100, aunque, en casos especiales, se puede llegar al 3 por 100, debiendo tenerse en cuenta que dosis altas pueden dar lugar a fraguados excesivamente rápidos que pueden crear dificultades en la puesta en obra, aunque, en ocasiones, como en el taponamiento de vías de agua sean útiles estas dosis.

El cloruro de calcio incrementa la retracción del hormigón e incluso la fluencia, sin embargo, aumenta la resistencia a la abrasión de los hormigones de una forma permanente.

Este cloruro puede emplearse con cualquier cemento portland pero no con morteros de cal o con cemento aluminoso.

El cloruro de sodio tiene un comportamiento similar al de calcio aunque más moderado en el calor de hidratación. Se han observado pérdidas de resistencias en los hormigones en los que se ha utilizado y esto ha motivado el que se prescindiera de su empleo.

La vigente Instrucción española del hormigón indica que el porcentaje máximo total de ion cloro aportado por todos los componentes del hormigón no debe exceder de 0,2 por 100 con respecto al peso de cemento, en hormigón pretensado, de 0,4 por 100, en el caso de hormigón armado y en hormigón en masa que posea armadura para reducir la fisuración.

Otro acelerante empleado frecuentemente es el carbonato de sodio; su dosificación debe ser estrictamente controlada debido a que en pequeñas dosis puede actuar como retardador. En cualquier caso produce un aumento considerable de la retracción.

El empleo de sosa o de potasa es peligroso debido a que disminuye las resistencias mecánicas y aumenta la retracción.

Actualmente se están utilizando mucho los acelerantes a base de aluminato de sodio por su gran eficacia y carencia de efectos secundarios; sin embargo, cuando el hormigón vaya a estar en contacto con terrenos ricos en sulfatos hay que tener en cuenta que la cantidad de aluminato será, en este caso, la suma de la del cemento y la del aditivo, pudiendo darse el caso de que el hormigón sea sensible al ataque aunque se haya empleado un cemento SR.

Generalmente los acelerantes clásicos producen altas resistencias a edades cortas, pero las resistencias pueden disminuir a edades mayores. Actualmente se han desarrollado aditivos acelerantes ecológicos, libres de álcalis, a base de sales orgánicas en los que no se dan estas disminuciones de resistencias a largo plazo.

Los acelerantes pueden ir asociados con otros aditivos formando combinaciones binarias con hidrófugos, plastificantes, aireantes, etc.

Dada la influencia que la temperatura tiene en las reacciones químicas se comprende la importancia que esta tiene en la eficacia de dichos aditivos.

Los acelerantes encuentran su principal aplicación en el hormigonado en tiempo frío en prefabricación al permitir los desencofrados rápidos, cuando se requiere reducir el tiempo de curado, para disminuir las presiones sobre los encofrados, obturación de escapes de agua a través de fisuras, trabajos en túneles y galerías con paredes húmedas, en trabajos marítimos entre dos mareas, en hormigones y morteros proyectados, etc.

IMPERMEABILIZANTES

En determinadas construcciones como pueden ser tuberías, depósitos, canales, etc., además de precisar hormigones de buenas resistencias mecánicas, es necesario que estos sean impermeables a fin de impedir que el agua pase a través de ellos.

Por otra parte, en obras o estructuras que han de estar en contacto con agua o con terrenos húmedos es conveniente que el hormigón se oponga a que el agua ascienda por él valiéndose de sus conductos capilares.

La permeabilidad de los hormigones depende de varios factores relacionados entre sí y que pueden resumirse en los siguientes:

- Compacidad, que, es función de la forma y granulometría de los áridos, de la dosificación de cemento, de los medios de puesta en obra empleados y del curado.

- Estructura de la pasta de cemento hidratada en la cual se encuentran micro-cristales de silicatos y aluminato de calcio que presentan una red de conductos capilares formados al evaporarse parte del agua durante el proceso de hidratación.

El volumen capilar formado suele ser del 28 por 100 del volumen total de la pasta hidratada aunque depende de la relación agua/cemento y de las condiciones de curado. Este volumen es tanto menor, cuanto más baja es la relación agua/cemento, dentro de un límite, y cuanto más eficaz haya sido el curado del hormigón, a ser posible realizado en ambiente saturado de vapor de agua.

Si el hormigón se ha fisurado, por cualquier razón de origen químico, térmico, hidráulico o mecánico, la estanqueidad del mismo quedará afectada.

Las juntas del hormigonado originadas por discontinuidades en la colocación del hormigón tienen una gran importancia desde el punto de vista de la permeabilidad.

De todo lo anterior se concluye que si el hormigón está bien estudiado, puesto en obra, compactado y curado, se podrá asegurar que es impermeable. No obstante, se pueden emplear diferentes aditivos que mejoren la impermeabilidad del hormigón, bien entendido que si los poros y conductos son de diámetros grandes, será imposible con estos productos conseguir un hormigón impermeable.

Se pueden considerar dos tipos de aditivos para este fin: los reductores de penetración de agua y los hidrófugos. Los primeros, aumentan la resistencia al paso del agua a presión sobre un hormigón endurecido; los segundos, disminuyen la absorción capilar o el paso de agua a través de un hormigón saturado. Ambos suelen solapar sus efectos.

Los aireantes tienen un papel notable sobre la impermeabilidad al interrumpir con burbujas de aire la red capilar de los hormigones. Los plastificantes también son beneficiosos porque disminuyen de la red capilar. Sin embargo, aquí se hace referencia a productos que se emplean con la función principal de impermeabilizar, al colmar los capilares de la pasta de cemento hidratada.

El primer material empleado para este fin fue el polvo de sílice; este polvo reacciona, aunque muy lentamente a la temperatura ambiente, con la cal liberada en la hidratación del cemento para formar silicato de calcio insoluble. La actividad puzolánica de este material es muy escasa y los resultados de la impermeabilización muy variables. Este material está indicado en el caso de hormigones pobres en cemento o con pocos finos, de lo contrario carece de interés, teniendo además el inconveniente de requerir mayor cantidad de agua en el amasado.

El empleo de microsílíce o de cenizas volantes adecuadas, mejora los resultados y posee además la ventaja de fijar la cal liberada y de aumentar la resistencia del hormigón.

La tierra de infusorios, bentonita, filler calizo y otras materias finas se emplean también como impermeabilizantes.

Otros impermeabilizantes de naturaleza orgánica o inorgánica actúan reaccionando con la cal del cemento dando lugar a la formación de sales cálcicas insolubles, con radicales fuertemente

hidrófugos que taponan los capilares existentes en la pasta y proporcionan un efecto tensoactivo impermeabilizante que evita la absorción de agua por los capilares.

Los jabones son sales inorgánicas de ácidos grasos, como estearatos y oleatos de calcio y amonio, actúan produciendo simultáneamente la impermeabilización y la reducción de la capilaridad, estando indicados en hormigones sometidos a moderadas presiones de agua.

Los aceites minerales pesados se emplean con este mismo fin, incluso en hormigones sometidos a fuertes presiones de agua.

Los aditivos impermeabilizantes y los hidrófugos, pueden modificar el tiempo de fraguado del hormigón, disminuir las resistencias mecánicas si llevan incorporado un aireante, y aumentar la retracción, siendo, por consiguiente aconsejable, a falta de datos precisos sobre estos puntos, realizar ensayos previos con ellos.

Como se ha indicado estos productos son eficaces en hormigones compactos. Nunca debe pretenderse que el impermeabilizante tapone los huecos de un hormigón malo; en este caso, lo mejor sería taparlos con cemento y con finos en un hormigón bien estudiado, en definitiva, haciendo un buen hormigón.

PRINCIPALES ADITIVOS, EFECTOS Y CAMPO DE APLICACIÓN

En la tabla siguiente se señalan los principales aditivos, sus dosis, las propiedades que confieren al hormigón, las aplicaciones recomendadas y las limitaciones en su empleo.

En todo caso, siempre deben respetarse las indicaciones de los fabricantes de los aditivos:

ADITIVO Y DOSIS USUAL	PROPIEDAD QUE CONFIERE AL HORMIGON	APLICACIONES RECOMENDADAS	LIMITACIONES
<p><u>Incorporador de Aire</u></p> <p>0.03% a 0.05% del peso del cemento</p>	<p>Incorpora microporos al hormigón produciendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Resistencia al hielo-deshielo. — Mayor docilidad — Menor permeabilidad — Eventual exudación 	<ul style="list-style-type: none"> — Protección al hielo-deshielo. — Pavimentos. — Protección contra agentes químicos. 	<p>Menor resistencia mecánica</p>
<p><u>Plastificantes o reductores de agua</u></p> <p>0.1% a 0.4% del peso del cemento</p>	<p>Mejorar la lubricación entre partículas, obteniéndose:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Mayor docilidad con agua constante. — Menor cantidad de agua para docilidad constante. — Mayor facilidad de colocación y compactación. 	<ul style="list-style-type: none"> — Hormigones bombeados y premezclado. — Hormigonado de elementos estrechos o prefabricados. — Hormigones de alta resistencia. 	

<p><u>Fluidificantes</u></p> <p>Para aumentar docilidad 0.5% a 1.0% del peso del cemento. Para reducir agua a 1.0% A 3.0% del peso del cemento.</p>	<p>Aumentan fuertemente la docilidad, permitiendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reducir el agua de amasado para docilidad constante, con alto incremento de resistencia. 	<ul style="list-style-type: none"> – Hormigonado de piezas estrechas y difícilmente accesibles. – Hormigonado en tiempo caluroso. – Hormigones bombeados. – Hormigones de alta resistencia. – Hormigones para prefabricados. – Reparaciones. 	<p>Su efecto dura un plazo breve.</p>
<p><u>Superplastificantes</u></p> <p>Las dosis dependiendo del fabricante fluctúan desde 0.5% a 2% del peso del cemento. Aumentan las resistencias como reductores de agua, y como fluidificantes, aumentan la docilidad.</p>	<p>En general, actúan como reductores de agua o fluidificantes otorgando:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Consistencia fluida sin disminución de resistencias. – Calidad homogénea, mínima segregación y exudación. – Disminución de retracciones y fisuración. – Facilidad de colocación y mayor rendimiento de la faena de hormigonado. 	<ul style="list-style-type: none"> – Hormigón bombeado. – Hormigón pretensado. – Hormigón alta resistencia. – Hormigón de buena terminación. – Hormigón bajo agua. – Morteros y lechadas de inyección. – Hormigón para elementos esbeltos, con alta densidad de armaduras. 	<p>En sobredosis puede provocar segregación.</p>

ADITIVO Y DOSIS USUAL	PROPIEDAD QUE CONFIERE AL HORMIGON	APLICACIONES RECOMENDADAS	LIMITACIONES
<p><u>Aceleradores de fraguado</u></p> <p>Hormigón no armado 1:2 a 15 (aditivo:agua) Hormigón Armado Máx. 1:6 (aditivo:agua) medidas en peso</p>	<p>Aumentan las resistencias iniciales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Hormigonado en tiempo frío. – Hormigón proyectado. – Hormigones prefabricados. – Reducción plazo desmolde. – Reparaciones. 	<p>Usualmente contienen productos corrosivos, por lo que en el hormigón armado deben extremarse las precauciones.</p>
<p><u>Retardadores de fraguado</u></p> <p>0.3% a 1.5.% del peso del cemento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Retrasan el inicio de fraguado manteniendo la docilidad por más tiempo. – Reducen el riesgo de fisuración al permitir la disipación del calor de hidratación por más tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> – Hormigón en tiempo caluroso. – Hormigón premezclado. – Hormigón en masa. – Transporte a gran distancia. – Evitar juntas frías. – Hormigón bombeado. 	<p>Sobredosificación puede originar una demora excesiva.</p>
<p><u>Impermeabilizante</u></p> <p>0.5% a 4% del peso del cemento</p>	<p>Disminuyen la absorción de humedad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aumentan la impermeabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> – Hormigones subterráneos. – Losas de cubiertas. – Estanques de hormigón. – Estucos exteriores. – Pisos impermeables. 	<p>El uso debe unirse a una buena dosificación, compactación y curado.</p>
<p><u>Expansores reductores de agua</u></p>	<p>Producen una ligera expansión de la masa de hormigón,</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Relleno de cavidades o grietas. 	

2 a 3 gr. por saco de cemento.	contrarrestando las retracciones de éste.	<ul style="list-style-type: none">– Anclaje de pernos y estructuras.– Grouting.– Relleno de vainas en hormigón comprimido.	
--------------------------------	---	--	--

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Hormigón – Manuel Fernández Canovas
Aditivos - ICH