

LOS CEMENTOS ADICIONADOS

Ing. Ana Biondi Shaw (*)

INTRODUCCIÓN

Los cementos adicionados se investigan desde hace bastante tiempo; realmente, poco después del descubrimiento del cemento Pórtland, sobre todo en lo referente a la adición de escoria de alto horno y puzolana. Sin embargo, en ese tiempo la demanda totalmente abastecida no propicia su utilización de modo alguno.

Fue después de las dos guerras mundiales que surge la necesidad de mayor producción del cemento, debido a la reconstrucción de una Europa devastada y años más tarde con la crisis del petróleo de 1973 en que toma preponderancia el ahorro de energía; los cementos adicionados resultan en el rubro una gran ventaja, ya que la adición no es calcinada y se produce un ahorro de combustible considerable.

También comienza a darse prioridad al cuidado del ambiente de forma que el menor uso de combustibles deviene en menor contaminación, así pues con los cementos adicionados se logra la disminución de la huella de carbono atribuida a la fabricación del cemento, además del uso de pasivos industriales que también atentan contra el ambiente.

Como ventaja adicional y no menos importante, los concretos con cementos adicionados presentan algunas ventajas tecnológicas con respecto a los tradicionales, sobre todo en referencia a resistencias mayores a largo plazo y mayor durabilidad gracias a la impermeabilidad y a las adiciones en sí mismas.

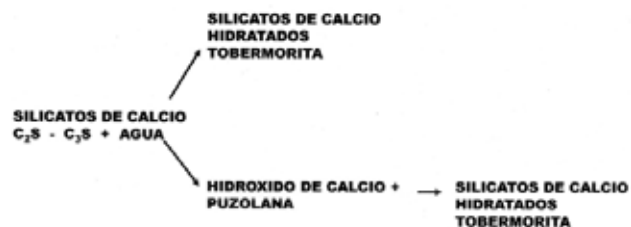
Ante estas ventajas, el mundo usa actualmente los cementos adicionados de manera muy extendida (alrededor del 85 %). En el Perú cada vez se fabrican más tipos y mayores volúmenes en todas las plantas de cemento.

LAS ADICIONES

Se describen en este boletín las adiciones más usadas a nivel general, pero no se debe olvidar que existen otras y que actualmente los investigadores siguen buscando y analizando nuevos subproductos para adiciones en el cemento.

En general las adiciones son materiales inorgánicos que se incorporan al clínker para una molienda

conjunta o una vez pulverizados se adicionan al cemento; estos materiales que contienen sílice y alúmina reaccionan con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento y forman nuevos compuestos resistentes (silicatos de calcio hidratados - tobermorita), gracias a lo cual las mezclas siguen adquiriendo resistencia e impermeabilidad.



De una forma algo equivocada o simplista, se han clasificado las adiciones en activas e inertes sin realizar un análisis profundo.

Generalmente, se consideran adiciones activas a las que reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio (figura anterior) para formar más tobermorita sin considerar otras acciones físico-mecánicas que se producen con otras adiciones y en ocasiones actúan en forma química y epitáxica.

Entre las adiciones activas, sin duda, figuran las de escorias de alto horno, las que incluso tienen propiedades hidráulicas propias y las puzolanas naturales y artificiales.

Como adiciones inertes, actualmente de gran uso, están los fillers, sobre todo los calizos; se debe considerar que esos fillers son en razón de su constitución y composición afines al clínker y a la pasta hidratada; resulta claro y entendible que se produzca un efecto epitáxico debido a la similitud de las estructuras.

LAS ESCORIAS

Las escorias de alto horno tienen un lugar preponderante en el contexto de las adiciones, ya que poseen hidraulicidad propia.

Así, la escoria finamente molida puede reaccionar en cierto nivel al ser mezclada con agua y endurecer sin necesidad de presencia de cal, hidróxido de calcio o cemento.

Las escorias de alto horno provienen de la fabricación del acero en la industria siderúrgica como un subproducto y contiene compuestos adecuados para una adición como los sílico-aluminatos cálcicos.

Para servir como adición, las escorias deben cumplir con un índice de hidraulicidad y ser de constitución vítrea, para lo cual el enfriamiento de la escoria al salir del horno debe ser brusco y no permitir un enfriamiento lento que produzca cristalización.

LAS PUZOLANAS

Bajo esta denominación, hoy en día están comprendidos materiales inorgánicos de origen natural o artificial; dentro de estas segundas, muchas constituyen subproductos de uso nulo en otros rubros, pero adecuados como adición al cemento, ya que son capaces de reaccionar con el hidróxido de calcio que se libera en la hidratación de los silicatos de calcio.

Puzolanas naturales. Representadas por rocas volcánicas de diversa naturaleza o rocas de origen orgánico como las tierras de diatomeas. Se debe considerar que no todo material volcánico es puzolana y deben realizarse pruebas de actividad puzolánica para su verificación.

Puzolanas artificiales. Dentro de este grupo, se consideran algunos subproductos; dos de ellos sobresalen por su performance y uso.

Las cenizas volantes (fly-ash), procedentes de los humos del carbón de las centrales termoeléctricas, ampliamente usados a nivel mundial, existen de varios tipos más o menos eficientes, pero no necesitan molienda, lo cual las hace muy apreciadas.

La microsílíce o microsílíce (sílica fume) muy activa y fina, cien veces más fina que el cemento, se obtiene de los gases en los filtros de la industria del ferrosilicio. Debido a su gran fineza y actividad, son usadas en la preparación de concretos de alta resistencia y alta performance.

LOS FILLERS

Son adiciones que, en proporciones relativamente bajas, se añaden al clínker para incrementar la producción de cemento, lo que contribuye con el ahorro energético y el cuidado del ambiente.

Contrariamente a algunas opiniones, no se considera a los fillers del todo inertes, pues producen un efecto dispersante del cemento que favorece su hidratación; en cuanto a otro tipo de acción como la epitáxica, se está investigando al encontrar resultados alentadores en algunos tipos de filler calizo.

NOTA

En el Perú se utilizan únicamente las puzolanas naturales en la fabricación del cemento, por tener poca y variable producción de cenizas volantes y ninguna de microsílíce. Sin embargo, se tienen varios cementos puzolánicos, con filler calizo y con escoria de alto horno.

LOS CEMENTOS ADICIONADOS

De acuerdo con las adiciones tratadas en párrafos anteriores, es fácil deducir los tipos de cementos adicionados más producidos y utilizados en el mundo entero.

- Los cementos con escoria de alto horno
- Los cementos puzolánicos
- Los cementos con filler

Existen numerosos cementos dentro de estos tipos, pero se tratarán solo los considerados en las normas técnicas peruanas derivadas de las normas ASTM. Así se tiene una norma específica para los cementos adicionados, la **NTP 334.090. CEMENTOS. Cementos Pórtland adicionados**, la cual corresponde a la norma ASTM C595, pero existe además la norma **NTP 334.082. CEMENTOS. Cementos Portland**.

Especificación de la Performance que deviene de la norma ASTM C1157, que aunque es válida actualmente para todos los cementos, se inició como norma para los cementos adicionados, ya que en esencia es específicamente apropiada para estos.

La **NTP 334.090 CEMENTOS. Cementos Portland Adicionados. Requisitos** considera actualmente los cementos siguientes:

Cemento adicionado binario. Es una mezcla íntima y uniforme por molienda o molienda y mezclado de clínker de cemento Pórtland y escoria, puzolanas o filler.

Cemento adicionado ternario. Es una mezcla íntima y uniforme por molienda o molienda y mezclado de clínker de cemento Pórtland y:

- dos puzolanas diferentes
- escoria de alto horno y puzolana
- puzolana y caliza
- escoria y caliza

En la norma mencionada, se consideran como cementos de uso general las siguientes denominaciones:

- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO IS:**
Cemento Pórtland con escoria de alto horno. Hasta 70 % de escoria.*
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP:**
Cemento Pórtland puzolánico. Hasta 40 % de puzolana.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (PM):**
Cemento Pórtland puzolánico modificado. Hasta 15 % de puzolana.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO IL:**
Cemento Pórtland calizo. De 5 % a 15 % de filler calizo.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO ICO:**
Cemento Pórtland compuesto. Hasta 30 % de filler calizo u otro material.
- **CEMENTO PÓRTLAND TERNARIO IT:**
Cemento Pórtland ternario. Con dos adiciones.

En caso se requieran características especiales, estos cementos deben llevar los siguientes sufijos:

- **MS:**
se requiere moderada resistencia a los sulfatos.
- **HS:**
se requiere alta resistencia a los sulfatos.
- **MH:**
se requiere moderado calor de hidratación.
- **LH:**
se requiere bajo calor de hidratación.

Estos cementos deben cumplir con los requisitos físicos y químicos de la norma correspondiente.

NTP 334.082. CEMENTOS. CEMENTOS PORTLAND. ESPECIFICACIÓN DE LA PERFORMANCE.

La NTP 334.082. CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la Performance considera los siguientes cementos:

- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO GU**
Cemento Pórtland de uso general.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO MS**
Cemento Pórtland de moderada resistencia a los sulfatos.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO HS**
Cemento Pórtland de alta resistencia a los sulfatos.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO HE**
Cemento Pórtland de alta resistencia inicial.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO MH**
Cemento Portland de moderado calor de hidratación.
- **CEMENTO PÓRTLAND TIPO LH**
Cemento Pórtland de bajo calor de hidratación.

COMENTARIO SOBRE LA NORMA DE PERFORMANCE

La llamada Norma de Performance NTP 334.082 es la norma de requisitos más moderna y flexible. Surge aproximadamente en el año 2000 inicialmente como norma alternativa para los cementos adicionados y, posteriormente, es extendida para todos los cementos Pórtland.

Tiene varias ventajas sobre otras normas: la primera es que sirve para todos los cementos adicionados o no; otra ventaja es que contempla solo requisitos físicos; y la más importante estriba en el hecho de que no establece proporciones ni requisitos de composición para los cementos, solamente requisitos de comportamiento, es decir, de performance.

Así resulta una norma amplia y flexible para los fabricantes y fácil de usar y controlar para los suarios.

LOS CEMENTOS ADICIONADOS EN EL PERÚ

RELACIÓN DE CEMENTOS DE LAS NORMAS NTP 334.090 Y 334.082

FÁBRICA	TIPO	NOMBRE	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
UNACEM S.A.A.			
	IP	ATLAS	<ul style="list-style-type: none"> • De uso general • Mayor resistencia a largo plazo • Mayor impermeabilidad
	IP	ANDINO	<ul style="list-style-type: none"> • De uso general • Mayor resistencia a largo plazo • Mejor impermeabilidad
	I(PM)	ANDINO	<ul style="list-style-type: none"> • De uso general • Mejor impermeabilidad
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.			
	ICo	EXTRA-FORTE	<ul style="list-style-type: none"> • De uso general • Mejor trabajabilidad

	MS(MH)(R)*	ANTI-SALITRE	<ul style="list-style-type: none"> • Moderada resistencia a sulfatos • Resistencia al agua de mar • Moderado calor de hidratación • Opción R - Baja reactividad
	HS(R)*	EXTRA-DURABLE	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia a sulfatos • Moderado calor de hidratación • Opción R - Baja reactividad
YURA S.A.			
	IP	ALTA DURABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor impermeabilidad • Mejor resistencia a sulfatos
	HE*	ALTA RESISTENCIA INICIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor resistencia inicial • Mayor impermeabilidad
	HS	ANTI-SALITRE	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia a sulfatos • Mayor impermeabilidad

*Los cementos marcados pertenecen a la norma NTP 334.082. Especificación de la Performance, pero según su propia ficha técnica son cementos adicionados y por eso se han considerado.

En resumen, y de acuerdo con lo anterior, tenemos en el Perú, dentro del ámbito de ASOCEM, nueve cementos adicionados y proyecciones para la fabricación de algunos nuevos cementos con muy

buenas características. Esto se ha producido en los últimos años y obedece a la tendencia mundial hacia las adiciones en los cementos y sus ventajas ya enunciadas.

(*) Ing. Ana Biondi Shaw:

- Ingeniero Civil UNI. Estudio de Magister UNI.
- Catedrática de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Miembro del Comité Técnico Permanente de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado.

- Secretaria de la Academia de Ingeniería
- Ex Secretaria General Nacional del CIP, ex Presidente del Capítulo de Ing. Civil CD-Lima. Ex presidente del ACI-Capítulo Peruano.