

Efecto de un aditivo plastificante comercial sobre la estructura cristalina de la plagioclasa utilizada en la fabricación de blocks ligeros de concreto

Francisco J. Jiménez-Alvarez¹, Lucía Téllez-Jurado²

Instituto Politécnico Nacional, Depto. Ing. en Metalurgia y Materiales, ESIQIE

Unidad Profesional Adolfo López Mateos

Av. IPN s/n, Col. Zacatenco, C.P. 07738 México D.F., México

(Recibido: 01 de marzo de 2010; Aceptado: 01 de abril de 2010)

En este trabajo se realizó el estudio del aditivo comercial basado en una solución de aminas y surfactantes usado para mejorar la plasticidad y resistencia de blocks de concreto. El aditivo fue adicionado (0.04 y 0.13% en peso) en conjunto con el agua a la mezcla fija de cemento+plagioclasa. Para la caracterización de los materiales fueron utilizadas las técnicas de FT-IR (Espectroscopia Infrarrojo por Transformada de Fourier), DRX (Difracción de Rayos X) y Calorimetría Isotérmica. Se concluye que el aditivo modifica el plano preferencial de estructura cristalina de la anortita-albita presente en la plagioclasa e incrementa el calor de reacción de hidratación, observándose un incremento en la resistencia a la compresión de los blocks.

Palabras clave: Aditivo; Block; Plagioclasa; Cemento

This work was conducted to study the commercial admixture based on a solution of amines and surfactants used to improve the plasticity and strength of concrete bricks. The additive was added (0.04 and 0.13 wt%) together with water to mix cement+plagioclase fixed. For material characterization techniques were used FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), XRD (X-ray diffraction) and Isothermal Calorimetry. We conclude that the admixture modifies preferential plane of the crystal structure of anorthite-albite present in plagioclase and increases the heat of hydration reaction, an increase in the compressive strength of bricks.

Palabras clave: Admixture; Brick; Plagioclase; Cement

1. Introducción

El descenso de los precios en los blocks de concreto, hacen cada vez más indispensable la eficiencia de la utilización del cemento. Sabemos que la resistencia de un concreto para block está influenciada por otros factores como: la calidad del agua, granulometría de agregados, homogenización de la mezcla, relación agua/cemento, y del aditivo orgánico [1],[2],[3] entre otros factores. Los agregados comúnmente utilizados son los derivados de sinterización de productos [4] como escoria, ceniza volante, esquistos, y de agregados ligeros naturales [5] como diatomita, arcilla, pizarra, puzolana, piedra pómez, y la plagioclasa. La plagioclasa es una roca ígnea del grupo de los feldspatos de silicatos aluminicos de sodio y calcio abundante en la zona centro de México, sus minerales principales son la albita y la anortita, Las plagioclasas tienen distintas denominaciones [14] según su composición química, es decir según su contenido en la componente Albita y en la componente Anortita como se muestra en la tabla I.

Las plagioclasas presentan una gran cantidad de porosidades en la roca, por lo que los fabricados con este agregado resultan ser más livianos que el block tradicional, esto facilita su manejo y transporte, así como edificaciones

más livianas que resulta ventajoso en el sector de la construcción.

Los aditivos para block coadyuvan a reducir el consumo de cemento, incrementando la resistencia a edades tempranas, y evitando el “despostillamiento” de las orillas del block tanto en el manejo de las bloqueras automáticas como en el manejo de las semiautomáticas. La mayoría de los aditivos comerciales están basados en tensoactivos como el dodecibencenosulfonato de sodio [6] que actúa como inclusor de aire específicamente diseñado para facilitar la producción de prefabricados acompañados de acelerantes de la reacción de hidratación del cemento como es la trietanolamina (2, 2', 2''-nitrilotrietanol) [6] y un agente no iónico como el 9-nonoxinol para mantener la mezcla humectada en el proceso de compactación del block de concreto. La acción de estos aditivos es plastificar y mejorar la apariencia, moldeabilidad de las mezclas de concreto fresco y sus propiedades dispersantes, permite un rápido desmoldeo de las prensas aunado a una mejor durabilidad de los moldes debido a la reducción en los coeficientes de fricción y un incremento en las resistencias a la compresión. Se han hecho numerosas investigaciones de la interacción de los aditivos en el concreto utilizando como agregados caliza triturada, se sabe que los aditivos tienen un efecto sobre la superficie de los agregados actuando sobre las cargas electrostáticas [6]. En este

¹Francisco2008,ja@gmail.co

²ltellezj@ipn.mx

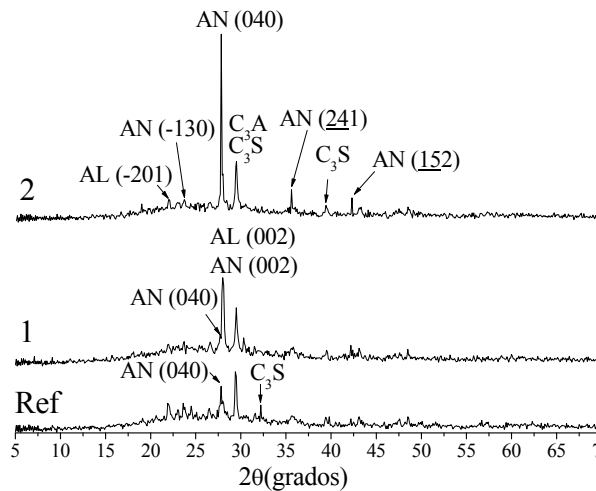


Figura 1. Espectros de DRX del block de concreto, se muestran los picos del compuesto de Albanita (AL) y Anortita (AN) del agregado. El silicato tricálcico (C₃S) y aluminato de calcio (C₃A) del cemento.

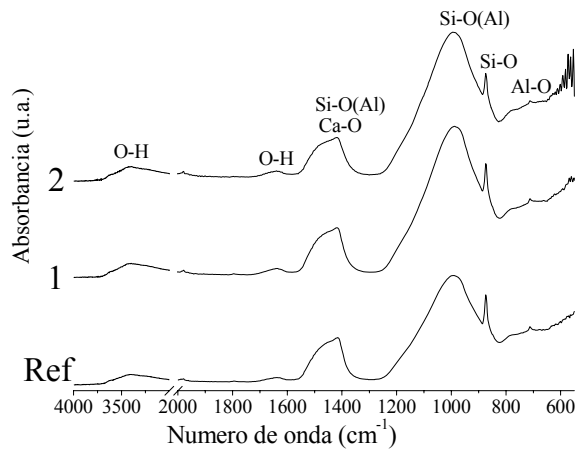


Figura 2. Espectros de IR del block de concreto, se muestran las principales bandas de Ca-O, Si-O y O-H.

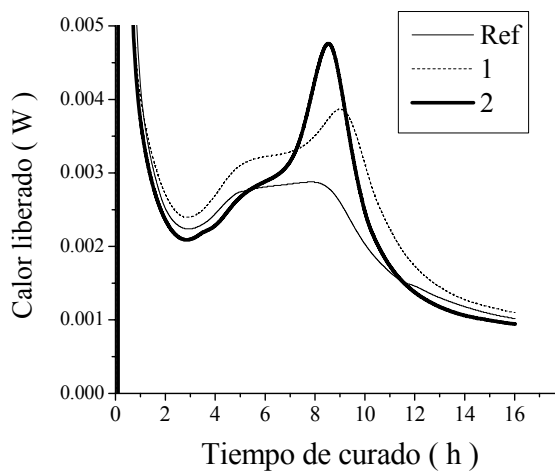


Figura 3. Curvas de Calorimetría Isotérmica en las primeras horas de la reacción de hidratación del cemento.

trabajo se estudia la interacción del aditivo plastificante con el cemento y la roca plagioclasa que no ha sido reportada, mediante la caracterización del efecto de un aditivo plastificante comercial sobre la reacción de hidratación del cemento por Difracción de Rayos X (DRX), Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FT-IR), y Calorimetría Isotérmica para la fabricación de blocks ligeros.

2. Desarrollo experimental

2.1. Materiales de partida

Se utilizó cemento Pórtland tipo I [7], la composición química se muestra en la tabla 2, la finura fue de 4015 cm²/g, retenido en tamiz no. 325 de 4.04%. En la tabla 3 se muestra la composición química del aditivo empleado.

La roca plagioclasa utilizada fue la extraída de los yacimientos de rocas ígneas ubicada en la geografía de la región Tula-Tepeji en el Estado de Hidalgo México. La plagioclasa se pasó por tamiz no. 10. En la tabla 4 se muestra la composición química de la plagioclasa, en esta tabla en base a la cantidad de Na₂O y CaO se estimó que contiene el 58% en peso de NaAlSi₃O₈ y 42% en peso de CaAl₂Si₂O₈ que corresponden a albita y anortita respectivamente denominada Andesina (ver tabla I).

2.2 Método experimental

La plagioclasa se seco a 110°C durante 24 h, luego se mezcló con el cemento y agua. El aditivo se adicionó en el momento de agregar el agua de mezcla manteniendo la cantidad de plagioclasa y cemento aproximadamente constante. En la tabla 5 se muestra las dosificaciones del aditivo en base al criterio establecido por el proveedor de aditivo [12].

Se prepararon blocks de concreto de 13.5x19x19.5 cm mediante el uso de la maquina de compactación industrial marca Esmma 2000 Hidráulica de 5 HP con mesa de vibrado, se aplicó una presión constante de 11 kg/cm².

Tabla 1. Denominación de las plagioclasas en función del contenido de Albita y Anortita.

Nombre del mineral	NaAlSi ₃ O ₈ (%)	CaAl ₂ Si ₂ O ₈ (%)
Albita	100-90	0-10
Oligoclasa	90-70	10-30
Andesina	70-50	30-50
Labradorita	50-30	50-70
Bitownita	30-10	70-90
Anortita	10-0	90-100

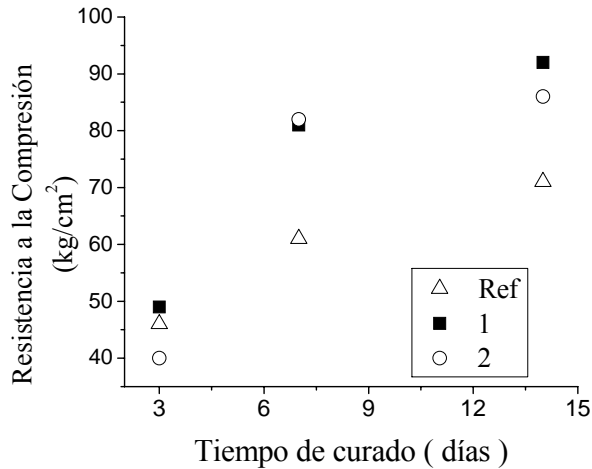


Figura 4. Valores de Resistencia a la Compresión a 3, 7 y 14 días de los blocks de concreto.

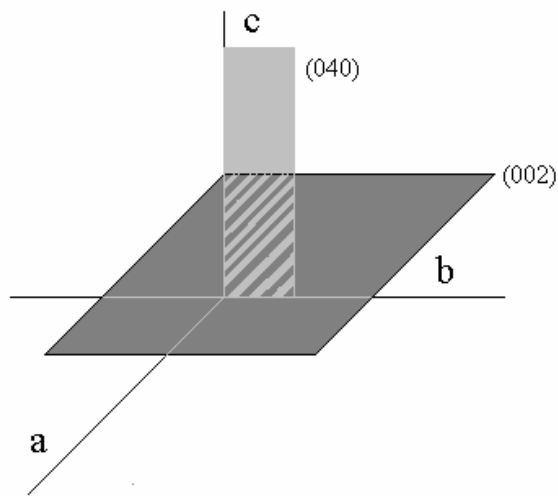


Figura 5. Planos principales de DRX de la Anortita en la prueba de referencia.

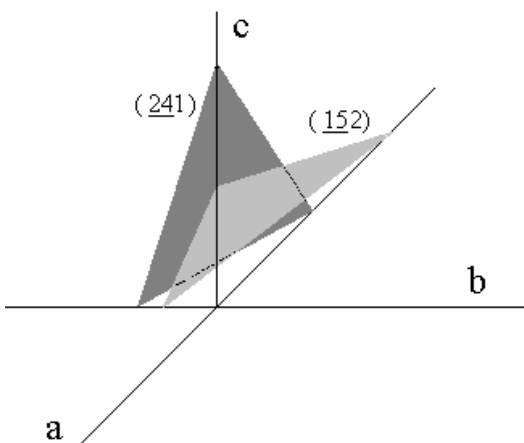


Figura 6. Planos secundarios de DRX de la Anortita en presencia del aditivo.

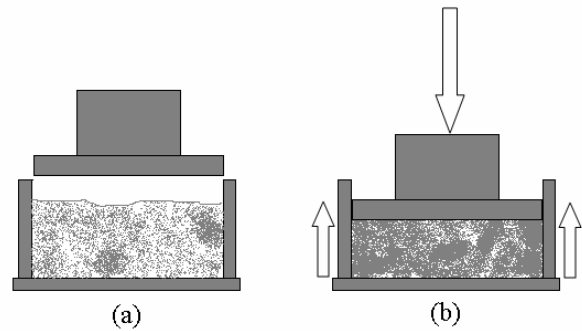


Figura 7. Esquema de la fuerza ejercida por las paredes del molde sobre la formación del block de concreto.

Los blocks se dejaron secar en un cuarto de curado a 23°C y 95% de humedad relativa. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión a 3, 7 y 14 días por triplicado de acuerdo a ASTM C 55 [8] y se controló la cantidad de agua adicionada a la mezcla en función de mantener constante el revenimiento de la mezcla en 2 cm utilizando un cilindro cónico como establece la norma ASTM C 143 [13]. Se extrajo una muestra de un block luego de haber transcurrido los 14 días, se pulverizó hasta haciéndolo pasar por malla 200, se caracterizó por DRX en el difractómetro Siemens D-5000 utilizando la radiación $K\alpha Co$ ($\lambda = 1.54 \times 10^{-8}$ cm), operando a un voltaje de 35 kV y a una intensidad de 25 mA. El intervalo de medición del espectro de difracción de RX fue de 10° a 70° en 2θ, con un step-wise 2°/min. El FT-IR en el espectrofotómetro Bruker modelo tensor 17 en la zona del espectro IR fundamental (4000-400 cm^{-1}), la muestra de polvo fue colocada directamente sobre un aditamento por la técnica de reflexión (ATR) de la marca PIKE, modelo MIRacle. Se caracterizó por Calorimetría Isotérmica en el calorímetro ATM Air cada una de las pruebas mencionadas en la tabla 4 en un lapso de 16 h a 23 °C.

3. Resultados

En la figura 1 se muestran los espectros de DRX. Los compuestos que predominan son de la Albita [9] $(Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$ (carta 41-1480) y la Anortita [7] $(Ca,Na)(Si,Al)_4O_8$ (carta 18-1202) ambas con estructura cristalina triclinica.

En la tabla 6 se muestran los principales planos de difracción de rayos X de AN y AL que están mostrados en la figura 1.

En la figura 1 se observa que al adicionar mayor cantidad del aditivo, el plano de AN (040), (241) y (152) se intensifican, mientras que el plano AN y AC (002) disminuyen fuertemente. Los pico de la estructura C_3S y C_3A del cemento en $2\theta = 29.4^\circ$, así como $2\theta = 39.3^\circ$ no sufre cambios significativos al adicionar el aditivo, sin embargo en $2\theta = 32.2^\circ$ se observa que al adicionar 0.13% de aditivo el pico en esta posición disminuye considerablemente, esto sugiere que la reacción de hidratación del C_3S se incrementa significativamente.

Tabla 2. Composición química del cemento.

Componente	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	Residuo Insoluble
% peso	22.1	61.2	4.42	2.95	1.03	2.7	0.45	0.9	3.9	5.2

Tabla 3. Composición química del Aditivo.

Componente	Formula química	% peso
9-Nonoxinol	C ₂₃ H ₄₀ O ₅	10
Dodecibencenosulfonato de sodio	C ₁₈ H ₂₉ NaO ₃ S	10
2, 2', 2''-nitilotrietanol	C ₆ H ₁₅ NO ₃	10
Agua	H ₂ O	70

Tabla 4. Composición química de la roca plagioclasa.

Componente	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Perdida al rojo
% peso	61.41	4.24	14.90	5.47	1.39	0.02	3.46	2.99	4.87

Las bandas de vibración de los principales grupos Si-O, Al-O, O-H se muestran en la figura 2.

Las bandas del O-H en 3392 cm⁻¹ y 1637 cm⁻¹ corresponden al agua de hidratación. Las banda amplia de traslape entre los enlaces del Si-O, Al-O y Ca-O que se observa alrededor de los 1450 cm⁻¹ y una más pequeña en 870 cm⁻¹. La banda alrededor de los 1000 cm⁻¹ es amplia y muy intensa corresponde a una vibración del Si-O(Al) [10]. En la banda de 712 cm⁻¹ hay una vibración Al-O. Al agregarse el aditivo no se observan cambios significativos en las vibraciones de los enlaces de los grupos Si-O, Al-O y Ca-O.

El desarrollo del calor de reacción de hidratación del cemento se muestra en la figura 3.

En la figura 3 se observa que el periodo de inducción de la reacción de hidratación del cemento es parecida para todas las pruebas (2.6 a 3.2 h), el periodo de aceleración de la reacción de hidratación del C₃S [11] es mayor para la prueba 2, es decir, hay una mayor reactividad del C₃S en presencia del aditivo al 0.13%, la reactividad del cemento con la adición de 0.04% (prueba 1) se encuentra intermedia entre la prueba de referencia y la prueba 2. El periodo de desaceleración del C₃S es similar todos los casos.

La resistencia a la compresión de los blocks de concreto se muestra en la figura 4.

Se observa un mayor desarrollo de resistencias a la compresión de los blocks a edades de 7 y 14 días con la adición del aditivo plastificante (prueba 1 y 2), ver figura 4.

Las resistencias a la compresión a 14 días con la adición del aditivo son superiores hasta por 20 kg/cm² respecto a la prueba de referencia.

4. Discusión

El aditivo se desempeña como un acelerante en el crecimiento de la estructura cristalina del C₃S hidratado como se mostró por Calorimetría isotérmica (fig. 3) ya que presenta el pico de mayor calor liberado y además por el efecto de humectación e inductor de aire actúa como un reductor de agua (ver tabla 4) y es reflejado en un incremento en las resistencias a la compresión (figura 4) aunque por FT-IR no se observa modificación significativa en las vibraciones de los enlaces Si-O, Al-O y Ca-O (figura 2), se confirma por DRX al disminuir el pico de C₃S en 2θ = 32.2° (figura 1). Por otro lado el aditivo tiene un fuerte efecto sobre el agregado; en la estructura cristalina de la Anortita. El aditivo modifica las intensidades de Anortita y Albita en los planos (002), (040) (figura 5) y la dosificación alta de aditivo (prueba 2) se intensifican fuertemente los planos (040), (241) y (151) (ver figura 6) y a su vez disminuyen significativamente los planos (002), esto indica una orientación preferencial, o deformación de textura [1] debido a la formación plástica ejercida por la fuerza a la compresión de la maquina bloquera de 11 kg/cm², es decir la deformación ejercida por las paredes del molde sobre la mezcla que se esquematiza en la figura 7.

Tabla 5. Proporciones de materiales.

Prueba	% en peso			
	Plagioclasa	Cemento	Agua	Aditivo
Ref	85.19	6.57	8.23	0.00
1	86.40	6.66	6.93	0.04
2	86.97	6.71	6.31	0.13

Tabla 6. Principales planos de AN y AL.

Anortita (AN)			
d (Å)	intensidad	2θ	
		(grados)	plano
3.759	70	23.67	<u>130</u>
3.21	70	27.79	040
3.181	100	28.05	002
2.515	40	35.68	<u>241</u>
2.14	16	42.23	<u>512</u>
Albita (AL)			
d (Å)	intensidad	2θ	
		(grados)	plano
4.03	27	22.04	<u>201</u>
3.2	68	27.86	<u>202</u>
3.18	100	28.04	002

En la figura 7 se observa la generación de fricción entre la mezcla y la pares del molde, y entre las partículas de la misma mezcla en el momento de estar aplicando la fuerza a la compresión, el adicionar el aditivo esta fricción se modifica por efecto del tensoactivo, pero trae consigo una

modificación en los planos preferencias de la plagioclasa reflejada en un cambio de textura.

5. Conclusiones

El aditivo plastificante comercial tiene efecto sobre el block ligero de concreto en dos sentidos:

- Propicia un mayor desarrollo de la reacción de hidratación del cemento debido a su efecto acelerante y reduce la cantidad de agua empleada por su efecto de inclusor de aire y humectante, lo cual es reflejado en un incremento significativo en las resistencias a la compresión, y
- Modifica la orientación de preferencial de las estructuras cristalinas del agregado plagioclasa.

Referencias

- Burak Felekglu, Kamile Tosun, Bülent Baradan, Akin Altun, Bahadır Uyulgan, The efect of fly ash and limestone on the viscosity and compressive strength of self-compacting repair mortars, *Cement and Concrete Research*, **36**, 1719 (2006).
- D. Feldman, M.M. Shapiro, P. Fazio, S. Sayegh, The compressive strength of cement blocks permeated with an organic phase change material, *Energy and Buildings, Cement and Concrete Research*, **6**, 851 (1984).
- L. Gündüz, M Bekar, N Spaci, Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites, *Cement and Concrete Research*, **29**, 594 (2007).
- ASTM-033, Standard Specification for Concrete Aggregates (American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2003).
- ASTM-331, Standard Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units (Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2008).
- Lea's Chemistry of Cement and Concrete, 4th. ed. (Elsevier Ltd, Oxford, 2003).
- ASTM C150, Standard Specification for Portland Cement, (Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2009)].
- ASTM C55, Standard Specification of Concrete Building Brick (Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2009).
- Mineral Powder Diffraction File Databook, sets 1-42 (International Centre for Diffraction Data, Pennsylvania, 1993).
- H.F.W. Taylor, *Cement Chemistry*, 2nd. ed. (Academic Press, London, 1997).
- I. Lecome, (Micro)-structural comparison between geopolymers, alkali-activated slag cement and Portland cement, *Journal of the European Ceramic Society*, **26**, 3789 (2006).
- B. D. Cullity, *Elements of X-Ray Diffraction*, 2nd. ed. (Addison-Wesley Company Inc., Massachusetts, 2004).
- QUANTEC® PL-488, Accelerating Plasticizer, Product Information, (W. R. Grace & Co.-Conn., Columbia, 2005).
- ASTM C143, Standard Test Method for Slump of Hydraulic, (Society for Testing and Materials Philadelphia, 2005).
- Paul F. Kerr, *Mineralogía Óptica*, 1a, ed. (McGraw-Hill, Madrid, 1965).