



Received: 12-04-2019
Accepted: 23-04-2019

Anales de Edificación
Vol. 5, N° 2, 80-86 (2019)
ISSN: 2444-1309
Doi: 10.20868/ade.2019.4049

Estudio reológico experimental de un hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero.

Experimental rheological study of a self-compacting concrete reinforced with steel fibers.

José Luis Sánchez Pérez^a, María de las Nieves González García^a, María Isabel Prieto Barrio^b & Gregorio García López de la Osa^a

^aDepartamento Construcciones Arquitectónicas y su Control, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid.
^bDepartamento Tecnología de la Edificación, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid

Resumen— *En este trabajo se han estudiado las características en estado fresco de un hormigón autocompactante (HAC) reforzado con fibras de acero (HACRFA). Los resultados obtenidos permiten comprobar que, a pesar del contenido en fibras del hormigón, lo cual contribuye a disminuir de forma importante las características de autocompactabilidad, el hormigón puede definirse como autocompactante con las exigencias de la Instrucción EHE 08. Sin embargo, el HRFA ensayado posee una dosificación de fibras relativamente baja, 0.4% en peso de hormigón, por lo que los resultados obtenidos no pueden extrapolarse a HRFA con contenidos en fibras superiores.*

Palabras clave: HAC; HACRFA; trabajabilidad; EHE

Abstract— *In this work the characteristics in the fresh state of a self-compacting concrete (SCC) reinforced with steel fibers (SCCSF) have been studied. The results obtained allow us to verify that, despite the fiber content of the concrete, which contributes to significantly reduce the characteristics of self-compactability, the concrete can be defined as self-compacting with the requirements of Instruction EHE 08. However, the SFC tested It has a relatively low fiber dosage, 0.4% by weight of concrete, so the results obtained cannot be extrapolated to SFC with higher fiber content.*

Index Terms— SCC; SCCSF; workability; EHE

I. INTRODUCCIÓN

EL empleo de hormigones cada vez más resistentes y con altas cuantías de armado ha significado la obtención de estructuras de enormes prestaciones mecánicas. Sin embargo, la puesta en obra de estos hormigones con densos armados precisa de unas propiedades del hormigón fresco muy cuidadas.

La aparición de los superplastificantes hizo posible la fabricación de hormigones con cono de abrams de 200 a 250 mm sin la necesidad del aporte de grandes cantidades de agua, pero estos hormigones tan fluidos presentan riesgos de segregación y asentamiento, con las previsibles consecuencias sobre las propiedades mecánicas del hormigón.

El riesgo de la segregación de materiales es especialmente grave en estructuras con altas cuantías de armado, con grandes

alturas de bombeo y excesivo uso de vibradores.

El problema que se plantea es cómo conseguir hormigones con alta trabajabilidad, es decir, que simultáneamente posean alta fluidez y alta cohesión. A finales de la década de los 70 y principios de los 80, los trabajos pioneros de investigadores de Alemania, Italia y Japón desarrollaron un hormigón que actualmente se conoce como autocompactante y que cumple con las condiciones de trabajabilidad anteriormente expuestas (Kumar et al, 2006).

Se puede definir el hormigón autocompactante (HAC) como el hormigón en el que no se precisa una energía externa para rellenar los encofrados sin dejar huecos entre las armaduras. Es decir, la compactación necesaria para rellenar los huecos en estado fresco la proporciona únicamente el peso del hormigón.

Un HAC debe poseer las siguientes características:

Suficiente fluidez como para poder rellenar únicamente por su peso el encofrado sin dejar huecos.

Suficiente cohesión para mantener la mezcla homogénea, sin que se produzcan segregaciones.

En los HAC, la caracterización en estado fresco tiene un papel fundamental. En una primera aproximación el hormigón en estado fresco se podría modelizar como una compleja suspensión de partículas.

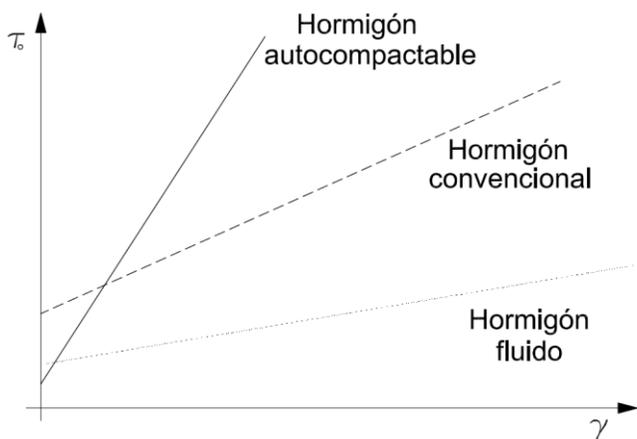


Fig. 1. Comparación reológica entre hormigón autocompactante, hormigón convencional y hormigón fluido.

El modelo reológico de Bingham (figura 1) puede servir para explicar el comportamiento del material de una forma sencilla (Revuelta et al., 2003). El modelo se basa en que para poner en movimiento la masa de hormigón fresco, proporcionando al fluido una velocidad ($\dot{\gamma}$) es necesario vencer la resistencia τ_0 debida al rozamiento entre las partículas. Una vez que el movimiento se ha iniciado, la cohesión entre las partículas hace que sea necesario seguir aumentando la fuerza aplicada al fluido para que el movimiento no se detenga. La viscosidad α mide esta resistencia posterior.

Los HAC tienen una tensión de inicio de flujo inferior a la de

los HC y similar a la de los hormigones fluidos (HF). Sin embargo la viscosidad de los HAC es muy superior a la de los HC y HF, lo cual asegura la cohesión (figura 2) (Revuelta et al., 2003).

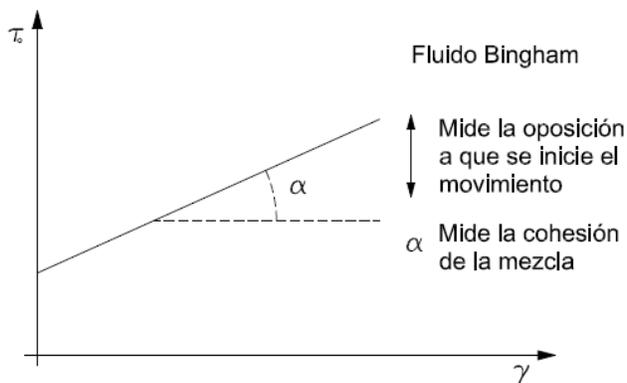


Fig. 2. Parámetros reológicos según el modelo de fluido Bingham

En general todos los HAC poseen una tensión de inicio de flujo muy baja, sin embargo la viscosidad se mueve en un rango importante de valores, en función de la aplicación y de la técnica de producción. En la figura 3 se muestra una comparación de las tensiones de flujo y viscosidad para HAC, HC HF, hormigón de alta resistencia HAR y hormigones reforzados con fibras de acero (HRFA) (Revuelta et al., 2003).

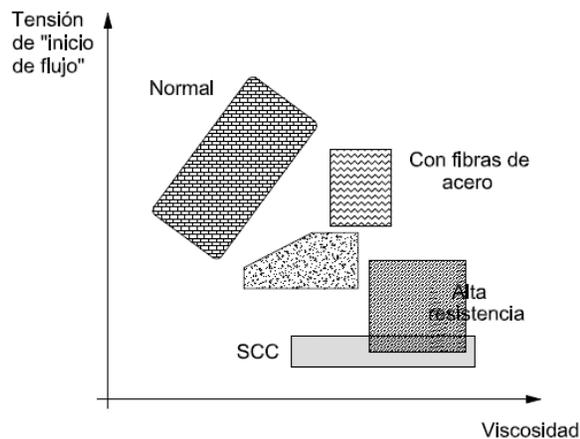


Fig. 3. Tensión de flujo frente a viscosidad para diferentes tipos de hormigones

La medición directa de los parámetros reológicos anteriores es compleja y costosa. Por ello, las normas de los diferentes países han desarrollado procedimientos indirectos para poder caracterizar las propiedades del hormigón en estado fresco.

Como criterios generales de diseño los HAC poseen un volumen de pasta superior a la de los HC, bajos volúmenes de

árido grueso y menor tamaño máximo del árido, baja relación agua/conglomerante y empleo de aditivos de última generación. En la tabla I se muestran criterios de selección y diseño generales para este tipo de hormigones (Pacios, 2003).

TABLA I
CRITERIOS DE SELECCIÓN Y DISEÑO PARA HAC

MATERIALES	CRITERIOS DE SELECCION
Árido grueso	-Distintas naturalezas mineralógicas
Árido fino	-Limitación $\phi_{m\acute{a}x}$ del árido grueso en función de densidad de armadura y no superior a 20 mm
Cemento	- Selección en función de aplicación
Adición	-Inertes (filler calizo) o Activas(escorias, cenizas volantes, microsílíce) -Selección en función de propiedades mecánicas o de durabilidad del hormigón
Aditivos	-Policarboxilatos modificados -Agentes viscosantes -Dosificación variable
Agua	-Menor contenido que hormigones convencionales -Agua de amasado <200 l
HORMIGÓN	CRITERIOS DE DISEÑO
Contenido de finos	400-600 Kg/m ³ (incluido el cemento)
Volumen de pasta	-Superior al mínimo de huecos del esqueleto granular (>35%)
Relación agua/cementante	-Menor que 0.40
Relación a. grueso/a. total	Volumen mínimo de huecos

Para visualizar lo anterior, en un caso concreto de utilización en obras de edificación, un hormigón de 35 MPa a 28 días y 30 MPa a 3 días que es bombeado a un cuarto piso y con un tiempo de transporte desde planta a obra de 45 minutos se obtiene con la dosificación de la tabla II, donde puede comprobarse que se precisa una cantidad de cemento muy superior a la necesaria para obtener un HC de la misma resistencia. Del mismo modo, la resistencia del cemento empleado también es superior (Borralleras, 2003).

En el campo de la obra civil y más concretamente para la losa de un arco atirantado de un puente con un hormigón HA-50, se empleó con éxito la dosificación de la tabla III (Borralleras, 2003).

En las tablas IV y V se muestra la dosificación de un HAC para una obra de edificación y los resultados obtenidos para 4 amasadas en estado fresco y en estado endurecido (resistencia a compresión) en probetas cilíndricas de 15/30 cm (Esteban et al., 2003).

TABLA II
DOSIFICACIÓN DE UN HAC PARA UNA OBRA DE EDIFICACIÓN
(35MPa)

MATERIAL	DOSIFICACION
CEM I-42.5 R	400 Kg/m ³
Árido machaqueo 0/2	191 Kg/m ³
Árido machaqueo 0/5	678 Kg/m ³
Gravilla 5/12	869 Kg/m ³
Agua total	176 l/m ³
Glenium c303 scc	1.5% spc

TABLA III
DOSIFICACIÓN DE UN HAC PARA OBRA CIVIL (50MPa)

MATERIAL	DOSIFICACION
CEM I-52.5 R	450 Kg/m ³
Arena rodada 0/6	895 Kg/m ³
Gravilla rodada 6/12	881 Kg/m ³
Cenizas volantes	100 Kg/m ³
Agua total	0.36-450 l/m ³
Glenium S2	2.3% spc

TABLA IV
DOSIFICACIÓN DE UN HAC PARA UNA OBRA DE EDIFICACIÓN
(50MPa)

MATERIAL	DOSIFICACION Kg/m ³
CEM I-52.5 R	350
Filler 0/1	300
Arena lavada 0/5	570
Arena triturada 0/4	380
Gravilla 4/12	700
Agua total	150
Aditivo	9.6

TABLA V
RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL HORMIGÓN DE LA
TABLA IV (50MPa)

ENSAYO		AMASADAS			
		I	II	III	IV
Slump Flow	Extensión inicial (cm)	70	70	70	72
	Tiempo T50 (s)	3	3	3	3
	Tiempo total (s)	12	13	13	13
Caja en L	Extensión final (cm)	133	136	135	137
	Tiempo T20 (s)	1,5	1,5	1,5	1,5
	Tiempo T40 (s)	3	3	3	3
Embudo en V	Tiempo (s)	7	7	7	6
Resistencia a compresión	R 20 horas (MPa)	15,8	15,6	16,9	15,9
	R 28 días (MPa)	51,7	51	50,5	50,9

II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Como se ha podido comprobar, los HAC requieren una mayor relación pasta de cemento/áridos que los HC, y una mayor cantidad de cemento, lo que supone mayores problemas de retracción (Prisco et al., 2009) (Bentur et al., 2007). Estos problemas se pueden solucionar añadiendo fibras a la mezcla. Además, la adición de fibras confiere al hormigón mayor resistencia a flexotracción, lo que supone ventajas en muchas aplicaciones. Sin embargo, la incorporación de fibras influye decisivamente en las propiedades reológicas del hormigón, fundamentalmente en la tensión de inicio de flujo (figura 3) con lo que se podrían perder las características del HAC en estado fresco (Prisco et al., 2009) (Bentur et al., 2007) (Martinie et al., 2010), (Kuder et al., 2006).

Se han estudiado y se conocen suficientemente bien las características en estado fresco de hormigones ligeros y de hormigones de alta resistencia (Ding et al., 2008), (Swamy et al., 1982), (Chen et al., 2005), (Laskar, 2009). En este trabajo se han estudiado las características en estado fresco de un HAC reforzado con fibras de acero (HACRFA), características no conocidas todavía lo suficientemente bien en la actualidad.

El hormigón ha sido fabricado por LafargeHolcim, Para su elaboración se ha empleado cemento CEM II/A-M (P-V) 42,5 R fabricado por Lafarge, con un contenido de 350 Kg/m³, una relación agua cemento de 0,56. Como aditivos se han añadido Plastificante 1,9 y Superplastificante 5,8. Como refuerzo se han utilizado fibras de acero trefiladas en frío de 50 mm de longitud y 0,62 mm de diámetro (esbeltez 80,6), con una dosificación de 10 kg/m³, suministradas por la empresa Bekaert con la denominación comercial Dramix. En la figura 4 se muestra el aspecto del hormigón en estado fresco.



Fig. 4. Aspecto del hormigón en estado fresco.

III. RESULTADOS

Para garantizar que el hormigón estudiado posee las características necesarias para poderlo catalogar como

autocompactante, se han realizado los ensayos de escurrimiento, embudo en V, caja en L y escurrimiento con anillo J según la Instrucción EHE-08.



Fig. 5. Realización del ensayo de escurrimiento sobre el hormigón estudiado.

El ensayo de escurrimiento (slump-flow en inglés) es el método más utilizado para evaluar la capacidad de relleno del HAC, tanto por la sencillez de la ejecución como por el equipo que precisa. El objetivo del ensayo es evaluar la capacidad de fluir del hormigón sin la presencia de obstáculos, y permite observar cualitativamente si se está en presencia de una mezcla segregada. Para la realización del ensayo se emplea el cono de Abrams y una placa de acero plana de construcción rígida con una superficie metálica de aproximadamente 850 mm x 850 mm. En el centro de la bandeja hay una cruz grabada con líneas paralelas a los bordes de la bandeja y al menos dos círculos centrales concéntricos de 200 mm y 500 mm de diámetro. Para realizar el ensayo, se coloca el cono en el centro de la bandeja, ayudándose de la marca circular de 200 mm, El molde se llena de una sola vez sin compactar el hormigón. A continuación, se enrasa el hormigón y se levanta el molde. Los resultados que se obtienen son el T₅₀ que es el tiempo que tarda el hormigón en alcanzar la circunferencia cuyo diámetro es 500 mm, y el d_F que es el diámetro final alcanzado por el hormigón una vez cesa completamente el movimiento, expresado como la media de dos medidas en direcciones perpendiculares. Se observa detenidamente si se produce segregación, evidenciada por la exudación de la pasta en la zona perimetral, o la mayor concentración de árido grueso en la zona central de la masa de hormigón. Los resultados de este ensayo pueden ser correlacionados con los parámetros reológicos; el d_F con la tensión umbral y T₅₀ con la viscosidad. Como se desprende de su descripción, la sencillez de este ensayo permite su práctica ejecución tanto en laboratorio como para el control en obra (figura 5).

El ensayo de escurrimiento con el anillo japonés (J-Ring en inglés) tiene por objetivo evaluar la resistencia al bloqueo o capacidad de paso del HAC a través de barras de armadura, en condiciones de flujo libre. Para la realización del ensayo se utiliza el cono de Abrams (con la particularidad de que no tiene placas de apoyo para los pies), la placa que se usa para el ensayo de escurrimiento y un anillo de barras. A lo largo de la circunferencia del anillo correspondiente a un diámetro de 300 mm, se disponen una serie de barras lisas equidistantes entre sí, de longitud 100 mm; 20 barras de 10 mm de diámetro si el tamaño máximo del árido es menor o igual a 20 mm, o 12 barras de 28 mm de diámetro si el tamaño máximo del árido es mayor de 20 mm. El procedimiento es análogo al descrito para el ensayo del escurrimiento, con la salvedad de que en esta ocasión se coloca el anillo concéntricamente al cono (figura 6). Los parámetros que se obtienen son el d_{JF} y T_{J50} , que son el diámetro final de la "torta" de hormigón y el tiempo que tarda el hormigón en alcanzar un diámetro de 50 cm, como en el ensayo de escurrimiento. Además, se mide la altura de la masa de hormigón en la parte interna y externa del anillo (por diferencia entre el borde superior del anillo y la superficie del hormigón); H_1 y H_2 respectivamente. Con estas alturas se calcula el coeficiente de bloqueo C_{bE} mediante la expresión $C_{bE} = 100 \cdot (H_2/H_1)$.



Fig. 6. Realización del ensayo de escurrimiento con el anillo japonés sobre el hormigón estudiado

Se observa detenidamente si se produce segregación, así como la posible exudación de la pasta en la zona perimetral, o la mayor concentración de árido grueso en la zona central de la masa de hormigón (figura 7). Habitualmente este ensayo complementa al ensayo de escurrimiento y la Instrucción vigente recomienda que la diferencia entre los diámetros de escurrimiento sin y con anillo no sea superior a 50 mm: $df - dfJ < 50$ mm.

El ensayo de la caja en L (L-Box en inglés) determina la capacidad de paso del HAC para fluir a través de aberturas

estrechas, incluidos los espacios entre la armadura y cualquier otra obstrucción sin segregación ni bloqueo. Existen dos variantes: el ensayo con dos barras y el ensayo con tres barras.



Fig. 7. Resultado del ensayo de escurrimiento con el anillo japonés sobre el hormigón estudiado

El ensayo con tres barras simula un armado más denso. La caja en L debe ser de estructura rígida, con superficies lisas, planas y no debe ser fácilmente atacada por la pasta de cemento ni ser propensa a oxidarse. El cuerpo vertical puede ser desmontable para facilitar la limpieza. El sistema de colocación de las barras debe ser tal que las dos barras lisas de acero de $(12 \pm 0,2)$ mm de diámetro proporcionen una separación de (59 ± 1) mm para el ensayo de dos barras y que las tres barras de $(12 \pm 0,2)$ mm de diámetro proporcionen una separación de (41 ± 1) mm para el ensayo de tres barras. El sistema debe situar las barras en la caja en L en posición vertical y equidistantes unas de otras a lo ancho de la caja. El ensayo consiste en apoyar la caja en L sobre una superficie horizontal nivelada, rellenar el cuerpo vertical de hormigón y permitir posteriormente su salida mediante la apertura de una compuerta inferior (figura 8). Cuando el movimiento del hormigón se detiene, se mide el descenso del hormigón en el cuerpo vertical, ΔH_1 , y en el lado de la compuerta de la caja en tres puntos separados la misma distancia a lo largo de la anchura de la caja. La altura media del hormigón H_1 se obtiene como la diferencia entre la altura en el cuerpo vertical y la media de las tres lecturas de ΔH_1 . De la misma manera se calcula la altura media del hormigón al final de la parte horizontal de la caja, H_2 , como la diferencia entre la altura del cuerpo horizontal y la media de las tres lecturas ΔH_2 (figura 9).

Los resultados que se obtienen de la capacidad de paso P_L calculada mediante el ensayo de la caja en L se deduce de la siguiente ecuación, redondeando al 0,01 más próximo.

$$P_L = H_2/H_1$$

donde

P_L es la capacidad de paso calculada mediante el ensayo de la caja en L.

H_1 es la altura media de hormigón en el cuerpo vertical de la caja, en milímetros.

H_2 es la altura media del hormigón al final del cuerpo horizontal de la caja, en milímetros.



Fig. 8. Realización del ensayo de caja en L sobre el hormigón estudiado



Fig. 9. Resultado del ensayo de caja en L sobre el hormigón estudiado

El ensayo del embudo en V fue propuesto por Okamura (Okamura et al., 2000) para morteros. El procedimiento del ensayo es idéntico al ensayo del embudo en V para hormigones descrito anteriormente, pero empleando un molde con menores dimensiones (figura 11). Se mide el tiempo, t , que tarda en fluir la muestra a través del embudo (figura 12). El parámetro resultante del ensayo es R_m que se calcula según la expresión

$$R_m = t/10$$

En la tabla VI se muestran los resultados obtenidos y su comparación con los límites fijados por el anejo 17 de la Instrucción EHE-08. Los resultados obtenidos permiten asegurar las características de hormigón autocompactante para el hormigón estudiado.



Fig. 11. Realización del ensayo del embudo en V sobre el hormigón estudiado.



Fig. 12. Resultado del ensayo del embudo en V sobre el hormigón estudiado.

Tabla VI
CONJUNTO DE LOS DATOS OBTENIDOS PARA LA
COMPROBACIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE

ENSAYO	PARÁMETRO	VALOR	RANGO EHE
Ensayo del escurrimiento (UNE 83361:2007)	d_f (mm)	700	550mm – 850mm
	T_{50} (s)	6,37 s	$T_{50} \leq 8$ s
Ensayo del escurrimiento con el anillo Japonés (UNE 83362:2007)	d_f (mm)	695	$\geq d_f - 50$ mm
	T_{j50} (s)	2,63	
	H_1 (cm)	6,5	
	H_2 (cm)	8,5	
Método de la caja en L (UNE 83363:2007)	C_{DL}	131	
	T_{60} (s)	4,03	
	H_1 (cm)	12	
Ensayo del embudo en V (UNE 83364:2007)	H_2 (cm)	9,2	
	C_{DL}	0,77	0,75 - 1,00
Ensayo del embudo en V (UNE 83364:2007)	T_v (s)	4,56 s	4 s – 20 s

También se ha obtenido la densidad en estado fresco obteniendo un valor de 2.358 g/l y el porcentaje de aire ocluido que ha sido del 2,4 %.

Los datos de la tabla 6 permiten comprobar que, a pesar del contenido en fibras del hormigón, lo cual contribuye a disminuir de forma importante las características de autocompactabilidad, el hormigón puede definirse como autocompactante con las exigencias de la Instrucción EHE 08.

Sin embargo, el HRFA ensayado posee una dosificación de fibras relativamente baja, 0.4% en peso de hormigón, por lo que los resultados obtenidos no pueden extrapolarse a HRFA con contenidos en fibras superiores.

IV. CONCLUSIONES

Las características de autocompactabilidad de los HAC se reducen con la adición de fibras.

Se ha estudiado un hormigón reforzado con fibras de acero que ha sido capaz de superar las características que permiten definirlo como autocompactante por la Instrucción EHE 08.

El bajo contenido en fibras del hormigón analizado, 10 kg de fibras de acero por metro cúbico de hormigón (0.4% de fibras de acero en el hormigón porcentaje en peso), hace que haya que tener cautela a la hora de extrapolar estos resultados a HRFA con contenidos en fibras superiores.

AGRADECIMIENTOS:

Los autores agradecen la ayuda suministrada por la empresa LafargeHolcim, necesaria para realizar este trabajo.

REFERENCIAS:

- Bentur A., Mindess S. (2007) Fibre reinforced cementitious composites. Taylor & Francis. New York.
- Borralleras P. (2003) Obras y realizaciones con hormigón autocompactable (HAC). Hormigón y Acero, 228-229, pp 149-159.
- Chen B., Liu J. (2005) Contribution of hybrid fibers on the properties of the high-strength lightweight concrete having good workability. Cement and Concrete Research. 35(5):913-917.<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.07.035>.

- Ding Y., Liu S., Zhang Y., Thomas A. (2008) The investigation on the workability of fibre cocktail reinforced self-compacting high performance concrete. Construction & Building Materials. 22(7):1462-1470. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.03.034>.
- Esteban M., Navarro F. (2003) Empleo del hormigón autocompactable en la prefabricación. Hormigón y Acero 228-229, pp 161-167.
- Ferrara L., Park Y.D., Shah S.P. (2007) A method for mix-design of fiber-reinforced self-compacting concrete. Cement and Concrete Research. 37(6) pp 957-971. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.03.014>.
- Kuder K.G., Ozyurt N., Mu E.B., Shah S.P. (2007) Rheology of fiber-reinforced cementitious materials. Cement and Concrete Research. 37(2) pp 191-199. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.10.015>.
- Kumar P., Monteiro J.(2006) Concrete. Microstructure, properties and materials, 3rd. Ed. Mc Graw Hill, New York.
- Laskar A.I. (2009) Correlating slump, slump flow, vebe and flow tests to rheological parameters of high-performance concrete. Materials Research. 12(1) pp 75-81. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392009000100009>.
- Martinie L., Rossi P. Roussel N. (2010) Rheology of fiber reinforced cementitious materials: classification and prediction. Cement and Concrete Research. 40(2) pp 226-234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.08.032>.
- Pacios A. (2003) El hormigón autocompactable tecnología sostenible para el sector de la construcción. Hormigón y Acero n° 228-229, pp 143-148.
- Prisco M., Plizzari G., Vandewalle L. (2009) Fibre reinforced concrete: new design perspectives. Materials and Structures. 42(9) pp 1261-1281. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-009-9529-4>.
- Revuelta D., Fernández L. (2003) Hormigón autocompactable: Visión general. Hormigón y Acero n° 228-229, pp 131-137.
- Sahmaran M., Yurtseven A. and Yaman I.O. (2004) Workability of hybrid fiber reinforced self-compacting concrete. Building and Environment, 40(12) pp 1672-1677. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.12.014>.
- Swamy N., Jojagha A.H. (1982) Workability of steel fibre reinforced lightweight aggregate concrete. The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 4(2) pp 103-109.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.