

# MORTEROS ALIGERADOS CON ARCILLA EXPANDIDA: INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA Y LA ADICIÓN DE FIBRAS DE VIDRIO AR EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO

(LIGHTWEIGHT EXPANDED CLAY MORTARS: EFFECT OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION  
AND AR FIBREGLASS FIBRE ADDITIONS ON MECHANICAL PERFORMANCE)

Mercedes del Río Merino <sup>(1)</sup>; Jaime Santa Cruz Astorqui <sup>(2)</sup>; Mariano González Cortina <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Dpto. de Construcciones Arquitectónicas y su Control. E. U. Arquitectura Técnica. U. P. M.

<sup>(2)</sup> Dpto. de Tecnología de la Edificación. E. U. Arquitectura Técnica. U. P. M.

Fecha de recepción: 25-V-05

ESPAÑA

684-14

## RESUMEN

*En este artículo se presenta un estudio realizado sobre morteros de cemento aligerados con arcilla expandida, para determinar la influencia de la adición de fibras de vidrio resistentes a los álcalis del cemento (AR), en el análisis de las variables: longitud de la fibra, porcentaje e influencia de la dispersabilidad, y la granulometría de la arcilla, sobre el comportamiento mecánico de los mismos. Los morteros aligerados analizados son morteros de muy baja densidad que se están utilizando como material de relleno, fundamentalmente, en distintas soluciones constructivas.*

## SUMMARY

*The study of lightweight cement mortars containing expanded clay aggregate described in this article was conducted to determine the effect of adding fibreglass fibres able to resist the alkalis in cement on the mechanical performance of the mortar. This involved analyzing the following variables: fibre length, degree and effect of dispersion and clay particle size distribution. The lightweight mortars studied are very low density mortars primarily used as fill in different construction situations.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en España, los morteros de cemento con aplicación como rellenos en el campo de la construcción de edificios, se aligeran, fundamentalmente, con arcilla expandida, por ser de los áridos ligeros que se comercializan el que tiene una mejor relación densidad/precio. La arcilla expandida se fabrica sometiendo la arcilla a temperaturas de 1200 °C, por este proceso se ocuyen en su interior múltiples celdillas que contienen aire estancado. La inclusión de estas celdillas mejora su aislamiento térmico (0.7 kcal/m hora °C), permitiéndole, a la vez, el libre paso del vapor de agua y mejorando su aislamiento acústico ante el impacto. La arcilla expandida es un producto neutro, es imputrescible y no atacable por parásitos, hongos ni roedores. No le afectan las sustancias químicas y es altamente resistente a las heladas y a los cambios bruscos de temperatura. Su resistencia ante el fuego es muy buena, ya que su punto de fusión está en torno a los 1.200 °C, no desprendiendo gases tóxicos, pues éstos ya se han desprendido durante el proceso de fabricación.

Las densidades de la arcilla expandida oscilan entre 300 kg/m<sup>3</sup>, para aplicaciones donde la reducción del peso es primordial y 800 kg/m<sup>3</sup> para aplicaciones estructurales.

Sus excelentes cualidades ofrecen un amplio abanico de soluciones para la construcción como:

Hormigones ligeros: aislantes o estructurales; Prefabricados: bovedillas, bloques huecos o macizos de hormigón, placas que imitan piedra; Rellenos: en seco o incorporándola a una masa de conglomerante y agua como una adición, para, por ejemplo, la realización de recrecidos, pendientes en las azoteas colaborando en el aislamiento térmico del conjunto o rellenos en taludes de movimientos de tierra; Pavimentos deportivos tipo tenis-quick o soleras drenantes (1-3).

Para los morteros aligerados con arcilla expandida que se analizan en este estudio, se utilizarán como referencia las dosificaciones, propiedades, características, relaciones resistencia-densidad y/o dosificación, etc., que la empresa

Arlita recomienda en los manuales (4) que publica periódicamente, para sus productos con aplicación en rellenos, que son la base de este trabajo.

Se han encontrado múltiples referencias bibliográficas, sobre el refuerzo de materiales en base cemento con fibras de vidrio álcali resistentes, fibras que por su alto contenido en zirconio tienen una buena resistencia a los compuestos alcalinos. En general, este refuerzo aporta una mejora del módulo de rotura y evita el desprendimiento del material por el "efecto cosido" de las fibras (5-7). En cambio, no se han encontrado referencias sobre el refuerzo, mediante este procedimiento, en hormigones o morteros aligerados con arcilla expandida.

El objetivo del estudio es determinar la influencia de la granulometría y la adición de fibras de vidrio en el comportamiento mecánico de los morteros de cemento aligerados con arcilla expandida.

En cuanto al análisis de la granulometría comentar que, si bien es cierto que para ciertas aplicaciones los fabricantes de arcilla expandida recomiendan utilizar granulometrías continuas, con este trabajo se pretende cuantificar la efectividad de esta recomendación.

Por otra parte, el quipo investigador decide analizar las posibles mejoras en el comportamiento mecánico de estos morteros aligerados al reforzarlos con adiciones de fibra de vidrio AR, a la vista de los buenos resultados obtenidos al reforzar materiales aligerados similares mediante este procedimiento (8, 9).

## 2. PLAN DE ENSAYOS

El plan seguido para realizar el estudio ha sido:

1. Realización de los morteros de referencia, sin fibra de vidrio y el máximo de arcilla expandida. La empresa Arlita recomienda la utilización de mezclas de arcilla expandida A5 y F3, en hormigones aligerados de densidad entre 1 y 1,1 g/cm<sup>3</sup>, en proporciones de 1 A5-2,15 F3 y 1 A5-1,6 F3, para una relación de agua-cemento de 1-1,6 y agua-arcilla de 1-6, aproximadamente.

Partiendo de estos datos, se realizan numerosas probetas para conseguir morteros de menor densidad, añadiendo una mayor carga de arcilla expandida, atendiendo a que los morteros se utilizaran, en principio, como material de relleno exclusivamente. Mantener una trabajabilidad adecuada es la única premisa impuesta en este primer apartado. Para facilitarla se añade a las mezclas un superfluidificante. Las proporciones de las dos granulometrías utilizadas han sido (100% F3; 75% F3- 25% A5; 50% F3-50% A5). La proporción del 75%A5-25% F3, se desestima por dar lugar a morteros con densidades superiores a las buscadas.

2. Refuerzo de los morteros de referencia mediante la adición de fibras, analizando:

- grado de integridad de la fibra
- longitud de la fibra
- porcentaje de adición

### 2.1. Confección de probetas

Se realizan probetas de dimensiones 4x4x16 cm. Las mezclas se realizan de forma manual, incorporando, en primer lugar, el superfluidificante en el agua, después se mezcla la fibra de vidrio (de usarse) y la arcilla expandida entre sí y, por último, se añade el cemento.

El desmolde de las probetas se realiza pasadas 24 horas, y se procede a su curado en la cámara húmeda con una temperatura de 20±3 °C y una humedad relativa del 90±5%, durante 7 días.

### 2.2. Ensayos realizados

Se determina la densidad geométrica de los morteros y se realizan ensayos de resistencia mecánica según UNE 102-031 (flexotracción y compresión).

### 2.3. Materiales utilizados (Tabla 1)

- CEMENTO: CEM II/A- L32,5N.
- ÁRIDO: Arcilla expandida proporcionada por la empresa ARLITA, tipos F3 y A5.
- FIBRAS DE VIDRIO AR, Proporcionadas por la empresa Vetrotex, tipo:
  - CEM-FIL 70/30, dispersable de, longitud 12 mm. Hilos diseñados para separarse en filamentos en contacto con la humedad.
  - CEM-FIL 62/2, no dispersable, en longitudes de 12, 18 y 24 mm.
- SUPERFLUIDIFICANTE MELMENT L-10: El Melment L-10, es un policondensado de melamina y formaldehído, miscible en agua, proporcionado por la empresa Bettor.

### 2.4. Relación de amasadas realizadas y ensayadas (Tabla 2)

En todos los casos la dosificación de los componentes por amasada se hizo de la siguiente forma: agua/cemento= 0,8; arcilla expandida (850 cm<sup>3</sup>, en distintos porcentajes de F3 y A5); Superfluidificante 0,5% y fibras de vidrio 1 y 1,5% sobre el peso del cemento en ambos casos.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LOS ENSAYOS

### 3.1. Densidad

En general, todos los morteros analizados tienen densidades comprendidas entre 0,5 y 0,6 g/cm<sup>3</sup> (Gráfico 1).

En todos los casos, se observa un pequeño aumento de peso cuando se refuerzan las probetas con fibra de vidrio. Tal aumento se debe, probablemente, a una mayor compa-

cidad de la masa en el proceso de amasado y vertido, que no se tiene en cuenta a efectos de resultados, por ser valores insignificantes.

Tabla 1  
Características de los tipos de arcilla expandida utilizados (Manual Arlita)

Denominación	Tipo	Tamaño (mm)	Densidad aparente (k/m <sup>3</sup> )	Aplicación
A-5	A	0-3	800+50	Mortero, hormigón y refractarios.
F-3	F	3-8	350+50	Prefabricados y hormigones aislantes.

Tabla 2  
Relación de amasadas realizadas ordenadas por granulometría

GRANULOM	Nº amasada	Porcentaje fibra vidrio AR CEM-FIL			
		62/2			70/30
		12mm	18mm	24mm	12mm
A 100% F3	1 - 16	AMASADA DE REFERENCIA			
	2	1%			
	3		1%		
	4			1%	
	5	1.5%			
	6		1.5%		
	7			1.5%	
B 50% F3 50% A5	8 - 8b	AMASADA DE REFERENCIA			
	9	1%			
	12		1%		
	13			1%	
	17	1.5%			
	18		1.5%		
C 75% F3 25% A5	10- 10b	AMASADA DE REFERENCIA			
	11	1%			
	14		1%		
	15			1%	
	20	1.5%			
	21		1.5%		
Cb 75% F3 25% A5	30	0.5%			+ 0,5%
	31		0.5%		
	32			0.5%	
	33	1%			
	34		1%		
	35			1%	

Las amasadas 23 a 29 (morteros aligerados con 50% F3 y 50% A5 y reforzados con los dos tipos de fibras utilizados) no se llegaron a realizar debido a los resultados obtenidos con las mismas granulometrías y fibra única tipo 62/2 (grupo B)

**Valores de densidades en función de la granulometría empleada**

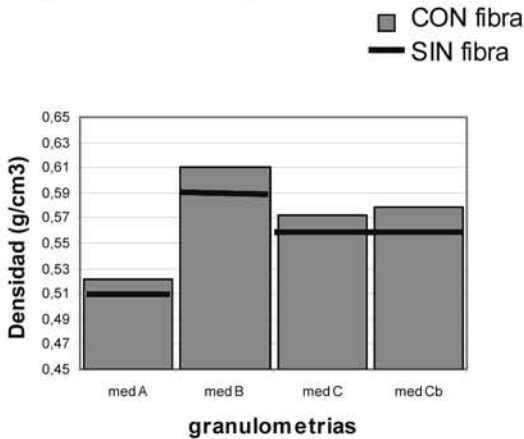


Gráfico 1.

**Valores de tensiones de rotura a flexión según la granulometría empleada**

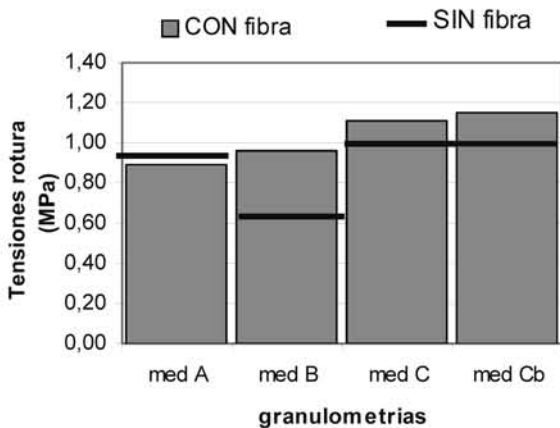


Gráfico 2.

**Granulometría A: 100% Arlita F3**

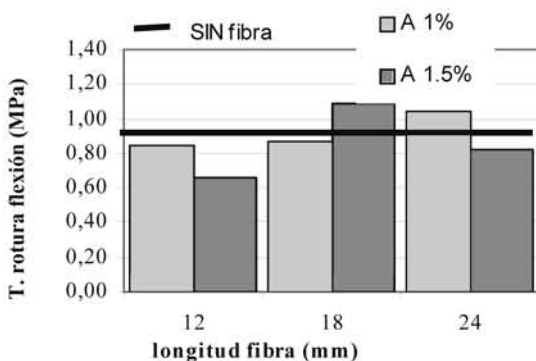


Gráfico 3.

En cuanto a la influencia de la granulometría utilizada para la confección de los morteros, se destaca lo siguiente:

La granulometría **A**, da lugar al mortero más ligero de los analizados pero con mayor índice de huecos.

En los morteros con la granulometría **B**, debido al exceso de finos que supone el utilizar un 50% de Arlita A5, se produce un aumento de densidad y compacidad.

La granulometría **C-Cb** se considera la más indicada, por conseguir una reducción considerable de la densidad con una compacidad adecuada.

**3.2. Resistencia a flexión**

En general (Gráfico 2), el alto índice de huecos da lugar en todos los casos a valores de resistencia a flexión muy bajos.

De todos los morteros realizados el que mejor resultados ha obtenido es el realizado con la granulometría **C**.

La adición de fibras no representa una mejora sustancial, salvo en los morteros realizados con granulometría **B**, donde se produce un mayor aumento de resistencia por los bajos valores obtenidos en las probetas SIN fibra.

En cuanto a la influencia del tipo, longitud y porcentaje de fibras, según la granulometría empleada, se concluye lo siguiente:

En los morteros realizados con la granulometría **A** (Gráfico 3), los mejores comportamientos los encontramos con un refuerzo de fibra de 18mm del 1,5% y con un 1% de fibra de 24 mm. Podríamos pensar que debido al alto índice de huecos, la fibra corta queda en el aire sin suficiente contacto con la matriz, provocando una falta de adherencia que la hace inservible. Sin embargo, las fibras de 18 y 24 mm, llegan a tener una suficiente adherencia, y no se curvan demasiado, de tal forma que al entrar en carga no tienen que extenderse para entrar en tensión.

Por tanto, con altos índices de huecos, los mejores resultados se obtienen con fibra larga.

En cuanto a las proporciones de fibra, los resultados no indican un comportamiento concreto en ninguna dirección.

En los morteros realizados con la granulometría **B** (Gráfico 4), se observa que los mejores resultados se obtienen con adiciones de fibra corta, debido, probablemente, a la compacidad de la masa y, en consecuencia, la buena adherencia de la fibra en todos sus puntos.

Sin embargo, con fibras largas (18 y 24 mm), y dado el bajo índice de huecos, se produce un aumento pequeño de

la resistencia que se debe al excesivo curvado de las fibras, que no se tensan al producirse la deformación de la probeta. Esto apoya de alguna forma lo planteado sobre los resultados del grupo A.

Por tanto, para granulometrías mas compactas, los mejores resultados se producen con adiciones de 1% de fibra de 12 mm.

En los morteros realizados con la granulometría C (Gráfico 5), los resultados obtenidos son, en general, muy homogéneos, y mejoran muy poco la respuesta del material sin fibra, salvo por el efecto de atado en el plano de fractura. Este pequeño aumento, relativo, respecto al obtenido en B, puede deberse a las mayores resistencias a flexión obtenidas en C, al resultar una matriz bien fraguada.

En cualquier caso, los aumentos de resistencia son muy parecidos en valor absoluto a los obtenidos en B (en torno a +0,20 MPa), lo que nos hace pensar en un comportamiento similar de la fibra en ambas granulometrías.

Los resultados de los ensayos a flexión sobre el mortero del grupo Cb (Gráfico 6) son similares a los del grupo C, lo que indica:

- Que la utilización de fibra dispersable no influye aparentemente en la respuesta mecánica del material respecto a los resultados obtenidos con la fibra 62/2.
- Que los resultados parecidos afirman la tesis de que los aumentos de resistencia a flexión sobre esta granulometría (aprox. Un 20%), son semejantes en todas las longitudes de fibra, y algo mejores con un 1%. Se deben desestimar refuerzos superiores.

**3.3. Resistencia a compresión**

En todos los casos, los valores obtenidos en los ensayos de compresión son superiores a los de los ensayos de flexión (Gráfico 7).

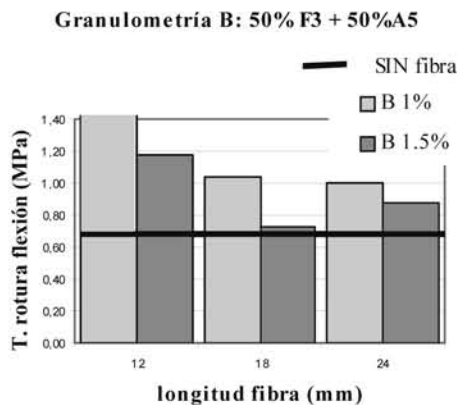


Gráfico 4.

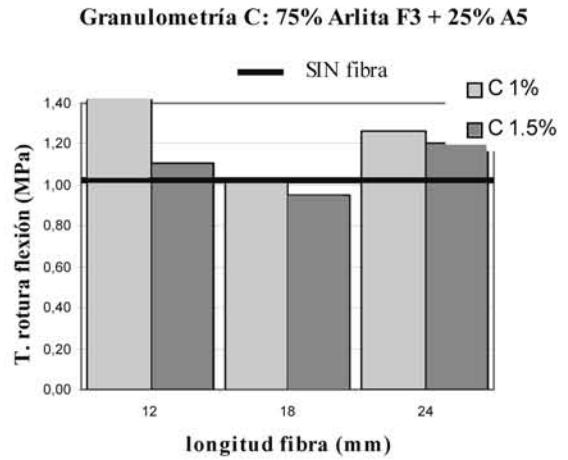


Gráfico 5.

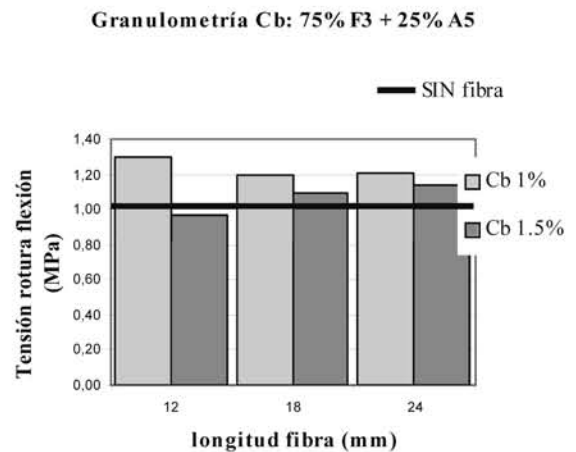


Gráfico 6.

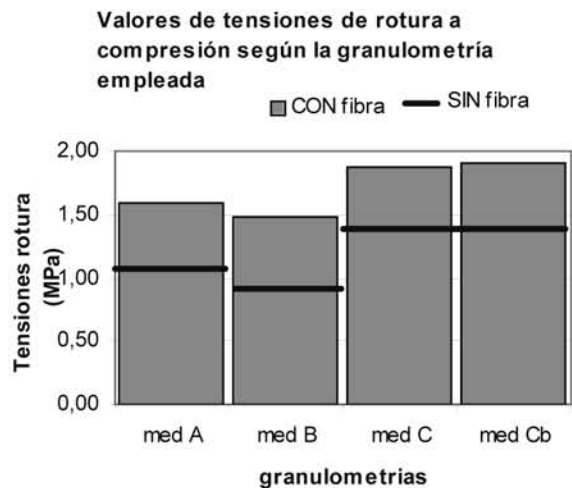


Gráfico 7.

**Granulometría A: 100% Arlita F3**

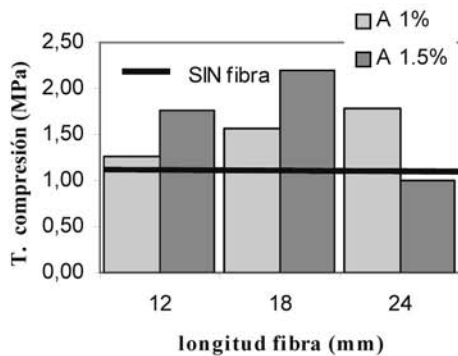


Gráfico 8.

**Granulometría Cb: 75% F3 + 25% A5**

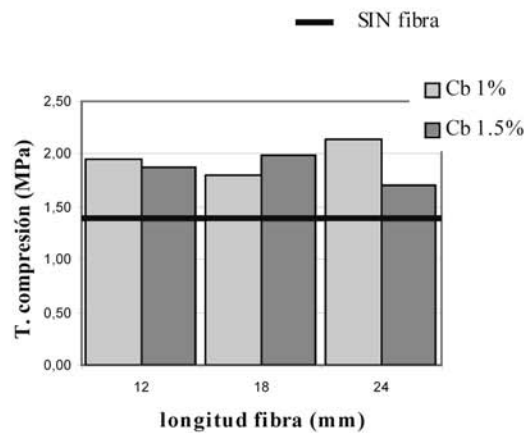


Gráfico 11.

**Granulometría B: 50% Arlita F3 + 50% A5**

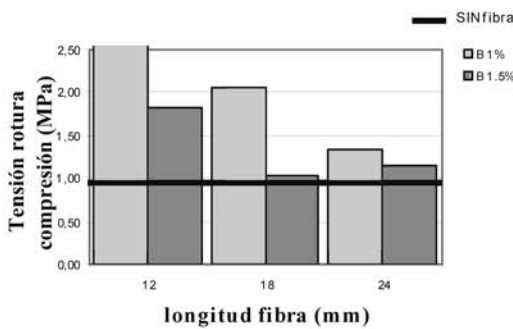


Gráfico 9.

**Granulometría C: 75% F3 + 25% A5**

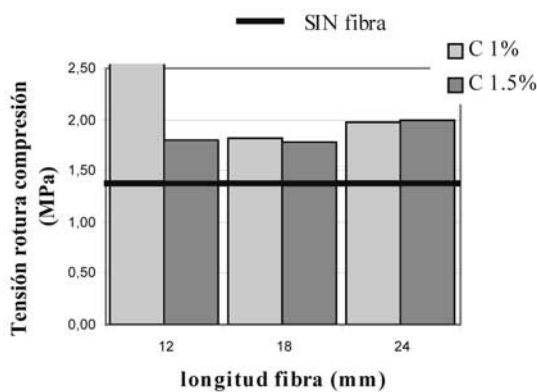


Gráfico 10.

En las probetas de referencia, se observa un aumento de la resistencia en la granulometría C, debida a una mayor compacidad del mortero. En cambio, en el grupo B se detecta un descenso de los valores, posiblemente debido al mal fraguado del cemento, el cual se produce por la falta de agua necesaria, al ser absorbida por el exceso de finos (A5).

En cuanto a las variaciones debidas a la adición de fibra, observamos un aumento considerable de las resistencias en todas las granulometrías: A (+46%); B (+54%); C (+35%); Cb (+38%).

Sin embargo, hay que resaltar que tal aumento es (en valor absoluto) casi constante en todos los grupos, lo que hace pensar en que dicho aumento no se deba a la mejora de las características propias del material, sino mas bien al atado de la matriz por las fibras ante las tensiones transversales producidas en la compresión. Al tener porcentajes iguales de fibra, dicho atado es igual en valor.

En cuanto a la influencia de la adición de fibra de vidrio según la granulometría utilizada:

Para la granulometría A (Gráfico 8), los mejores resultados se producen con un 1,5% de fibra de 18 mm, llegando dicha mejora a valores de un 100% sobre la resistencia a compresión sin fibras, aumento muy considerable y a tener en cuenta en trabajos posteriores.

En los resultados obtenidos sobre los morteros del grupo B (Gráfico 9), se observa una clara mejora cuando el porcentaje de fibra es del 1% frente al de 1,5%.

En cuanto a los resultados de los ensayos a compresión sobre los morteros con granulometría C (Gráfico 10) podemos observar un comportamiento homogéneo de la fibra en todas las longitudes y porcentajes.

Los valores mayores los obtenemos con la adición de fibra de 24 mm, llegando la mejora hasta un 42% sobre el material sin fibra.

Por último, los morteros del grupo Cb (Gráfico 11), obtienen resultados muy similares a los del grupo C.

Tabla 3  
Resumen de resultados de las probetas ensayadas

granul	% Fibra	Long Fibra	amasada	FLEX (MPa)				COMP (MPa)				Densid g/cm <sup>3</sup>
				P1	P2	P3	med	P1	P2	P3	med	
<b>A</b> <b>100% F3</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0.97</i>	<i>0.97</i>	<i>0.97</i>	<i>0.97</i>	<i>0.89</i>	<i>1.27</i>	<i>1.02</i>	<i>1.06</i>	<i>0.54</i>
	<b>REF</b>	0	16	0.92	1.07	0.87	<b>0.95</b>	1.26	0.97	1.04	<b>1.09</b>	0.51
	1	12	2	-	0.82	0.87	<b>0.84</b>	-	-	1.26	<b>1.26</b>	0.54
		18	3	0.82	0.76	1.02	<b>0.87</b>	2.13	1.08	1.49	<b>1.57</b>	0.53
		24	4	0.97	1.07	1.07	<b>1.04</b>	2.27	1.48	1.59	<b>1.78</b>	0.53
	1,5	12	5	0.36	0.76	0.87	<b>0.66</b>	1.5	2.05	1.73	<b>1.76</b>	0.49
		18	6	1.02	1.27	0.97	<b>1.09</b>	1.73	2.21	2.64	<b>2.19</b>	0.54
		24	7	-	0.82	-	<b>0.82</b>	-	1.12	0.87	<b>0.99</b>	0.5
	<b>med A</b>						<b>0.89</b>				<b>1.59</b>	<b>0.52</b>
	<b>B</b> <b>50%F3</b> <b>50% A5</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>8</i>	<i>1.58</i>	<i>1.63</i>	<i>1.68</i>	<i>1.63</i>	<i>4.19</i>	<i>4.57</i>	<i>3.84</i>	<i>4.20</i>
<b>REF</b>		0	8b	0.66	0.66	-	<b>0.66</b>	0.84	0.89	1.16	<b>0.96</b>	0.59
1		12	9	1.68	1.48	1.53	1.56	3.72	4.25	4.37	4.11	0.79
		18	12	1.27	0.92	0.92	<b>1.04</b>	2.42	1.74	2.02	<b>2.06</b>	0.65
		24	13	1.02	0.82	1.17	<b>1.00</b>	1.41	1.27	1.34	<b>1.34</b>	0.63
1,5		12	17	1.12	0.97	1.43	<b>1.17</b>	1.96	1.53	1.98	<b>1.82</b>	0.64
		18	18	0.71	0.76	0.71	<b>0.73</b>	1.23	0.94	0.91	<b>1.03</b>	0.56
		24	19	0.92	0.87	0.82	<b>0.87</b>	1.01	1.12	1.29	<b>1.14</b>	0.57
<b>med B</b>							<b>0.96</b>				<b>1.48</b>	<b>0.61</b>
<b>C</b> <b>75%F3</b> <b>25%A5</b>		<i>0</i>	<i>0</i>	<i>10</i>	<i>1.73</i>	<i>1.73</i>	<i>1.38</i>	<i>1.61</i>	<i>2.27</i>	<i>2.43</i>	<i>2.6</i>	<i>2.43</i>
	<b>REF</b>	0	10b	0.82	1.12	1.12	<b>1.02</b>	1.53	1.62	1.01	<b>1.39</b>	0.56
	1	12	11	2.04	2.4	2.5	2.31	5.2	3.75	6.42	5.12	0.68
		18	14	0.97	1.07	1.02	<b>1.02</b>	1.67	2.11	1.65	<b>1.81</b>	0.57
		24	15	1.12	1.33	1.33	<b>1.26</b>	2.22	1.64	2.04	<b>1.97</b>	0.59
	1,5	12	20	1.07	1.02	1.22	<b>1.10</b>	1.9	1.7	1.79	<b>1.80</b>	0.56
		18	21	0.87	0.97	1.02	<b>0.95</b>	1.77	2.01	1.57	<b>1.78</b>	0.57
		24	22	1.48	1.17	0.97	<b>1.21</b>	1.56	2.34	2.05	<b>1.98</b>	0.57
	<b>med C</b>						<b>1.11</b>				<b>1.87</b>	<b>0.57</b>
	<b>Cb</b> <b>75%F3</b> <b>25%A5</b>	1	12	30	0.87	1.33	1.68	<b>1.29</b>	1.88	1.93	2.04	<b>1.95</b>
18			31	1.17	1.02	1.38	<b>1.19</b>	1.32	1.8	2.29	<b>1.80</b>	0.55
24			32	1.22	0.92	1.48	<b>1.21</b>	2.4	1.94	2.1	<b>2.15</b>	0.58
1,5		12	33	1.02	0.92	0.97	<b>0.97</b>	1.63	1.91	2.1	<b>1.88</b>	0.61
		18	34	1.38	1.17	0.72	<b>1.09</b>	2.28	1.72	1.97	<b>1.99</b>	0.57
		24	35	1.07	1.43	0.92	<b>1.14</b>	1.81	1.63	1.68	<b>1.71</b>	0.58
<b>med Cb</b>							<b>1.15</b>				<b>1.91</b>	<b>0.58</b>

Los valores *en cursiva* se desestiman por falta de homogeneidad en la probeta, y, por lo tanto, no se tienen en cuenta en los valores promediados, **en negrita**.

Las dosificaciones marcadas con **REF**, morteros de referencia, no se consideran al realizar las medias.

De nuevo, se obtienen aumentos de resistencia muy similares en todas las proporciones y longitudes de fibra, sobrepasando la adición de un 1% de fibra de 24 mm.

Tales aumentos están en torno al 40%, valor inferior a los obtenidos en dosificaciones de menor resistencia. Sin embargo, el aumento considerado en valor absoluto, es similar al obtenido sobre el grupo B.

Se confirma que la adición de fibra dispersable no produce mejoras sobre los resultados obtenidos con la fibra 62/2.

#### 4. CONCLUSIONES

Se han conseguido morteros con densidades muy inferiores (la mitad) a los utilizados con fines similares por la empresa suministradora de los áridos ligeros. Las densidades de los mismos oscilan entre 0,5 y 0,6 g/cm<sup>3</sup> (Tabla 3).

Se constata que con granulometrías continuas los morteros tienen densidades similares y compacidades más adecuadas.

Por tanto, la granulometría más adecuada de las analizadas, por su relación resistencia mecánica/peso, es la C-Cb (75-25%), que produce una masa fácil de trabajar, compacta y con un bajo índice de huecos que permite que la matriz "recubra" casi por completo a la fibra añadida, obteniendo los mejores valores de resistencia mecánica.

En general, la adición de fibras de vidrio en estos morteros mejora la resistencia mecánica de los mismos morteros sin reforzar. Esta mejora depende de la relación entre el tamaño del árido, la longitud de fibra y el índice de huecos.

En cuanto a la resistencia a compresión comentar que, en valor absoluto, al añadir fibras de vidrio en los morteros aligerados se consiguen mejoras más importantes que en la resistencia a flexión.

Este aumento de resistencia es mayor en los morteros no reforzados de menor densidad produciéndose aumentos de resistencia de hasta el 100%, sin embargo, tal adición

deja de ser rentable a medida que el mortero gana en resistencia inicial, obteniéndose aumentos de solo el 30% para las dosificaciones del grupo C, las de mayor resistencia a compresión sin fibras.

Para la resistencia a flexión, podemos afirmar lo mismo que para la resistencia a compresión, aunque los resultados obtenidos en este caso son más heterogéneos y de menor cuantía, destacando, fundamentalmente, el efecto de cosido en la fractura de las probetas.

Por último concluir en que el aumento de resistencia conseguido por el refuerzo y la utilización de una granulometría adecuada, nos permite ampliar radicalmente el campo de aplicación de estos morteros aligerados como materiales constituyentes de piezas semiestructurales, como paneles prefabricados de hormigón ligero, capas de compresión en refuerzos de forjados antiguos de madera y en bóvedas, en los que actualmente se están utilizando dosificaciones de densidades aproximadas de 1,8 g/cm<sup>3</sup>, reduciendo su coste.

#### REFERENCIAS

- (1) Arquimacom. 98. "Ponencias de la 2ª conferencia internacional sobre materiales compuestos en arquitectura e ingeniería civil". Edit: Martineau, Ph; Olivares, M. Burdeos 1998.
- (2) Ashby; Michael, F; Jones, D. "Engineering materials 1. An introduction to their properties and applications". Edit: Pergamon Press Oxford, Inglaterra. 1980.
- (3) Cátedra de materiales de construcción. ETSAM. UPM. "V. Jornada sobre aplicaciones arquitectónicas de los materiales compuestos y aditivados". 1999.
- (4) ARLITA. "Dossier Técnico". Arlita. 1.973.
- (5) Antequera, P; Jiménez, L; Miravete, A. "Los materiales compuestos de fibra de vidrio" ISBN: 84-7733-264-9. Edit: Secretariado de publicaciones. Zaragoza 1991.
- (6) Comino Almenara, P. I. "La fibra de vidrio AR en la construcción". Arquimacom 96. Sevilla, pp. 427-439.
- (7) Comino Almenara, P. I. "Realizaciones en GRC en la construcción". Arquimacom 96. Sevilla, pp.419-427.
- (8) Río Merino, Mercedes; Comino Almenara, P. I. "Influencia del grado de dispersabilidad de la fibra de vidrio tipo E en el comportamiento mecánico y la trabajabilidad de la escayola". Mater Construcc. Vol. 51 nº 261 2.001, pp. 33-44.
- (9) Río Merino, Mercedes; Hernández Olivares, Francisco. "Escayola aligerada con sólidos celulares". Informes de la construcción, Vol. 50, nº 458, noviembre-diciembre 1998, pp. 43-60.

\* \* \*