

## **Análisis morfológico de mezclas de materiales compuestos de matriz cementicia con aligerantes para la construcción**

**T. V. Esquerdo<sup>(1)</sup>, A. V., Nadal<sup>(1)</sup>, F. D Denia<sup>(1)</sup>, J.E. Crespo<sup>(1)</sup>, L. M. Pérez<sup>(1)</sup>**

*(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: toesllo1@mcm.upv.es*

### **RESUMEN**

En este trabajo se estudia la granulometría en distintas composiciones de mezcla de cemento, agua y materiales aligerantes. Empleamos la Vermiculita de dos granulometrías (V2 y V3) y se determina la composición más adecuada de cemento y agua para disponer de muestras que tengan cohesión suficiente para su fácil manejo. Se emplea como adhesivo Cemento Portland.

El empleo de técnicas de análisis de imagen mediante programas informáticos específicos de estudio de partículas resulta ventajoso frente a software de diseño gráfico (AUTOCAD). El uso de este tipo de programas supone un esfuerzo adicional debido a que cada partícula o grano debe tratarse individualmente, resultando un trabajo tedioso y de baja fiabilidad, debiendo analizarse al menos entre 50 y 100 partículas o granos.

### **INTRODUCCIÓN**

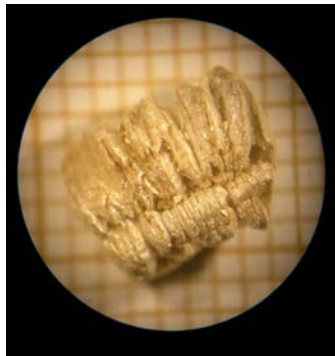
La utilización de aligerantes de construcción se emplea preferentemente en grandes obras de hormigón, debido al aligeramiento que en el hormigón produce en este tipo de construcciones y las propiedades de aislamiento térmico y acústico. En nuestro trabajo se pretende elaborar productos mediante el uso de estos aligerantes y diferentes tipos de adhesivos. Se han realizado diferentes mezclas de Aligerante/cemento en este caso Cemento Portland. Se han analizado las muestras que presentan una buena cohesión. El conocimiento de la morfología que se genera según la relación cemento/árido es importante para determinar qué composición o composiciones generan productos con la mejor relación Propiedades/Coste. La variación de esta proporción determina la topología de los granos cohesionados: tamaño, grado de cohesión, esfericidad, etc. El empleo de técnicas informáticas para su análisis facilita y agiliza la cuantificación de parámetros característicos de la morfología de granos. Existen diversos programas informáticos para el tratamiento y análisis de imágenes que detectan los bordes de los granos de forma automática. El análisis de los parámetros generados permitirá relacionar la morfología con respecto a la proporción de cemento/aligerante.

### **MATERIAL Y PROBETAS**

El material utilizado ha sido la Vermiculita. La vermiculita es un mineral formado por silicatos de Hierro y Magnesio y pertenece al grupo de las micas. Su aspecto se muestra en la Figura 1, en la que se observa su exfoliación en láminas expandidas. Al ser un material muy ligero (densidad entre 60 y 140 Kg/m<sup>3</sup>) su uso está indicado para

hormigones ligeros, aislantes acústicos y térmicos (punto de fusión superior a 1000°C). Se ha estudiado dos granulometrías de la vermiculita: V2 (grano fino) y V3 (grano grueso). También se ha utilizado como adhesivo Cemento Portland.

Las muestras se han obtenido para distintas composiciones de vermiculita-cemento-agua, seleccionando y estudiando solamente aquellas composiciones que presentan cohesión suficiente para su manejo. Se han elaborado 4 muestras de diferentes diámetros y espesores Fig 2.



**Figura 1.** Grano de vermiculita V3 en lupa en x2 aumentos.



**Figura 2.** Molde utilizado para las probetas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La marcación del contorno de los granos mediante el empleo de herramientas de los programas de dibujo es muy costoso (AUTOCAD) en cuanto a tiempo y resultados. Como alternativa se dispone de múltiples programas de análisis de imágenes de software libre. El estudio de la morfología de los granos se ha realizado con el programa informático de tratamiento y análisis de imágenes ImageJ. Este software permite cuantificar diversos parámetros de la morfología de las partículas: Area, perímetro, circularidad, etc, así como las dimensiones “a” y “b” que incluye a cada grano. El índice de circularidad está definido como  $M=4\pi A/C^2$  y representa la aproximación al círculo, tomando el valor de 1 para granos circulares.

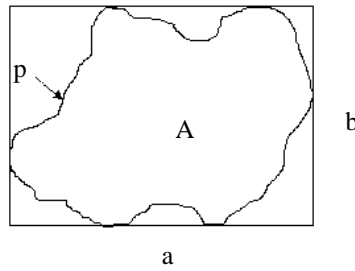


Figura 3. Parámetros de forma del grano

Para cuantificar cada parámetro puede calibrarse la imagen a partir de una longitud conocida de un objeto de la imagen. Con ello se relaciona la medida con los píxeles que ocupa ese objeto en la pantalla. Resultando muy útil para cuantificar tamaños de granos pequeños. La figura 4 ilustra los resultados mostrados en pantalla.

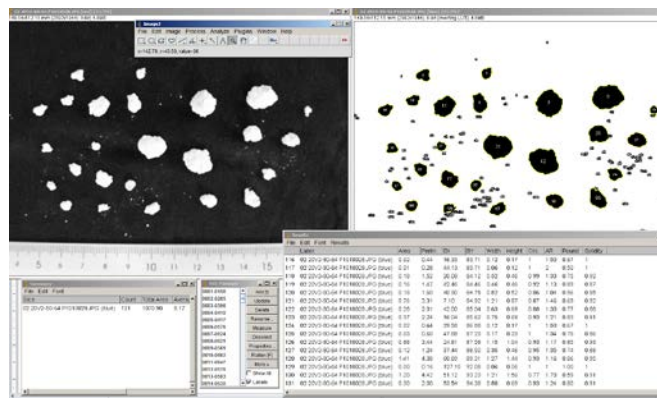


Figura 4. Captura de pantalla de resultados obtenidos en el software.

A modo de ejemplo, en la tabla 1 se indican los resultados obtenidos para la vermiculita V2 con una composición de mezcla de 20gr de Vermiculita, 80 gr de cemento y 64 gr de agua.

Tabla 1. Resultados obtenidos para la muestra V2 20-80-64.

grano	A	p	a	b	C
6	115.76	42.44	14.31	11.02	0.81
13	0.07	0.97	0.29	0.35	0.90
40	0.37	2.19	0.75	0.63	0.97
65	25.56	20.12	5.88	6.12	0.79
109	15.75	17.29	5.65	3.98	0.66

## CONCLUSIONES

El tratamiento manual de las imágenes con programas de diseño gráfico es muy laborioso. Los programas de tratamiento y análisis de imágenes facilitan la tarea de estudio de la morfología de las partículas, ya que reducen el tiempo de tratamiento y además detectan la geometría de los granos con mucha precisión.

Estas herramientas son indispensables y muy prácticas para comparar la morfología de distintas composiciones de Vermiculita-cemento-agua, permitiendo cuantificar diversos parámetros en cada una de ellas.

La obtención de resultados fiables está condicionada según la calidad de la imagen, por lo que la toma de fotografías en el laboratorio es muy importante. Para ello es necesario disponer de suficiente contraste entre los granos y fondo de imagen, así como la luminosidad y reflejos. La separación de los granos es un aspecto a tener en cuenta para la correcta detección de su geometría, ya que pueden producirse errores en el tratamiento.

Con programas de análisis de imágenes bidimensionales no es posible determinar la relación volumen/superficie del grano. La morfología de los materiales analizados no es uniforme y dispone de granos de diferente topología dependiendo de la composición vermiculita-cemento-agua, con lo que una imagen bidimensional no es suficiente para analizar la geometría completa.

## REFERENCIAS

- [1] Molera, P., Los polvos metálicos. Introducción a la pulvimetalurgia, (Ed. Bellaterra). Barcelona. pp. 9-34, (1977).
- [2] Exner, H. E., Particle shape analysis, Powder metallurgy, vol 7, ASM Handbook, ASM International. pp. 23-245, (1993).
- [3] Hubbard, J.L., Particle size and size distribution, Powder metallurgy, vol 7, ASM Handbook, ASM International. pp. 212-232, (1993).
- [4] Ballester, A., Verdeja, L.F., Sancho, J. "Granulometría: funciones de distribución y densidad", Metalurgia Extractiva (Ed. Síntesis). Madrid. pp. 72-78, (2000).
- [5] Perry, R. H., "Análisis de tamaño de partícula". Manual del ingeniero químico, McGraw-Hill. Madrid. pp. 20.6-20.8, (2001).