

# Determinación del índice de Huecos o «Air Void» en un Hormigón

M<sup>º</sup>C. Angel Martínez (\*), J. Martínez Murciano (\*), F. Rodríguez Mateos (\*\*), F. Carmona Guillén (\*\*\*) y N. Prendes Rubiera (\*\*\*\*)

(\*) Consultores.

(\*\*) HUNOSA.

(\*\*\*) Dirección General de Carreteras.

(\*\*\*\*) CEDEX-MOPTMA. c/ Alfonso XII, 3 y 5. 28014. Madrid.

## ABSTRACT

Several characteristics of the dispersed air bubbles in aerated concrete have been indicated as very important to the study of the function of entrained air. This article describes the different stages in the processing of images obtained for characterizing, among other things, a function of the air void ratio, the highly variable dispersion of the parameters of spacing factor, the specific surface, the void frequency, etc.. The results are compared with other methods, as Linear-transverse, using in the Standard test of ASTM C-457-90.

**Key word:** Air Void, Proceso digital de imágenes, hormigón, hielo-deshielo.

Geogaceta, 20 (3) (1996), 725-726

ISSN: 0213683X

## Introducción

Dentro de las causas más frecuentes en las patologías de hormigón, además de las reacciones entre los áridos y la pasta (álcali-árido, álcali-sflice, ataque por sulfatos, etc.) podemos considerar la acción cíclica de los efectos del hielo-deshielo del agua dentro del mismo, lo que conlleva, generalmente, a una pérdida de resistencia [1].

La introducción de aditivos aireantes disminuyen significativamente los efectos producidos por las heladas [1], ya que la generación de huecos (air void), dentro del hormigón, pueden absorber el efecto de la congelación y minimizar los daños.

La determinación, por consiguiente, del índice de huecos o «air void» permite estimar la idoneidad del frente de hormigón expuesto al ataque, proporcionándonos, por lo tanto, un parámetro de durabilidad.

El análisis estereológico [2], sobre superficies previamente preparadas, permitía deducir algunos parámetros 3 como el factor de espaciamiento (spacing factor, [L]), o la superficie específica (specific surface,  $[\alpha]$ ), de acuerdo con el método del ocular integrador o la línea transversal (Rosiwal) [3,4], y que se especifica en la norma correspondiente [3].

Con la utilización de las técnicas digitales de imágenes [1,5], podemos

analizar, de forma automatizada, un gran número de superficies, extrayendo estos parámetros directa y objetivamente.

## Planteamiento del problema. Preparación de la muestra

Para obtener buenas superficies se han preparado cinco probetas de 12,5 x 12,5 cm [6], que se han sometido a un proceso de pulido con diferentes tamaños de grano (carborumbum desde 300 $\Phi$ , hasta 1200 $\Phi$ ), aplicando, al final, en el último proceso, una limpieza con pasta de alúmina, para obtener una superficie perfectamente lisa, sin ningún tipo de rugosidad, que podría inducirnos a error en las imágenes captadas (se ha seguido la misma metodología que para la preparación de las láminas pulidas en microscopía de reflexión) [2].

Una vez preparada la muestra se procedió a una tinción de las caras a analizar, con objeto de generar una superficie homogénea, desde el punto de vista de los niveles de gris [5], para minimizar los cambios de color entre los áridos y la pasta. Esta superficie [7,8], ya teñida y seca, la impregnamos con una pasta de cinc [2], muy fina, que va a rellenar los huecos existentes, dándoles un color blanquecino que destaca, perfectamente, del sustrato. Una vez extendida aquella, se limpia con una espátula, o un cepillo, hasta eliminar los restos de esta película. El resultado es una superficie muy lisa, homo-

génea, donde se aprecian los puntos blancos, correspondientes a los huecos «air void» rellenados con esta pasta 9.

## Tratamiento digital de imágenes. Metodología

Esta superficie ha sido analizada, con una lupa binocular conectada a una cámara de TV, obteniendo campos de trabajo de 1,91 mm<sup>2</sup>, asignándoles a cada pixel de entrada, del nuevo campo, unas coordenadas (x,y) que se corresponden, siempre, con su borde superior izquierdo. Así, para el primer campo, estas, obviamente serían (0,0); para el segundo campo, tendríamos (0, 512), etc.. Esto es útil para generar imágenes mosaico, que podemos «pegar» obteniendo una imagen de (n\*m) pixels de lado (en este caso de 2560\*2048), lo que significa que se han barrido 20 campos, o lo que es lo mismo una superficie de 72,2 mm<sup>2</sup>. Esta imagen, obviamente, no entra en pantalla, pero podemos rastrearla utilizando el algoritmo de «verla», tomando campos de 512 x 512 a lo largo de toda la imagen. Sobre cada recinto (512 x 512) se ejecutan los algoritmos de mejora de imagen (normalización y realce de contornos) y, posteriormente, por procesos de segmentación, acotamos el rango de niveles de gris en los valores asimilables a zonas blancas (que se corresponden a los «air void») el resultado es, consecuentemente, una imagen binaria con estas áreas.

Sobre ella, y previo proceso de calibración e identificación (transformación de unidades máquina -pixels- a unidades reales -mm-) se miden los parámetros de Area (S), Centros de gravedad ( $C_x, C_y$ ), Diámetro equivalente ( $D_e$ ) y Volumen equivalente ( $V_e$ ). Todos estos parámetros se pueden relacionar con los descritos en la norma [3]. (Así, por ejemplo, los  $C_x, C_y$ , nos dan las coordenadas de cada hueco, y, posteriormente, por análisis matemático, podemos calcular sus distancias máximas o mínimas) [10].

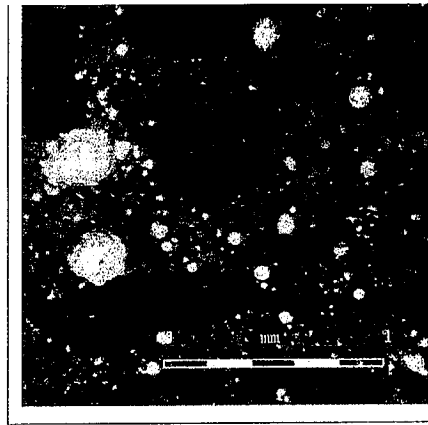
Al objeto de contrastar los datos obtenidos por esta técnica con los que se han tomado utilizando el método del contador de puntos (basado en la propia norma) [4], sobre la imagen binaria se ha superpuesto una retícula, cuya separación es de, en este caso y para esta resolución de 0.04 mm (0.01 mayor que lo que se especifica en la norma [3,10] , debido a que, por debajo de un cierto rango de resolución, los datos que vamos a obtener puede inducirnos a error [7]. Esta retícula, por procesos de combinación de imágenes, aplicando el algoritmo de AND, es decir, extrayendo, en la imagen resultado, los elementos comunes a ambas, nos dan los puntos de la retícula que intersectan a cada «air void». Sobre esta imagen resultado, se contabilizan estos puntos y utilizamos las fórmulas que se especifican en la normativa, obteniendo unos valores que se comparan con los deducidos por la técnica digital de imágenes.

**Conclusiones**

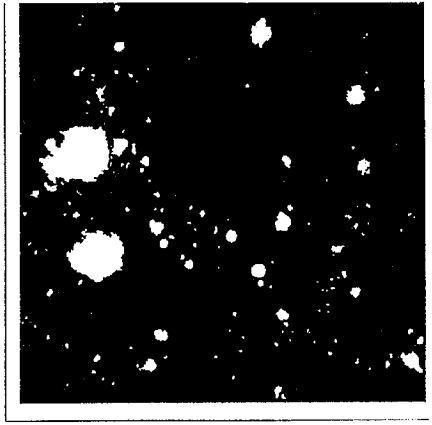
Los datos obtenidos por el tratamiento digital de imágenes son siempre mayores, debido a que, por estas técnicas, medimos áreas reales y no puntos de intersección con la retícula lo que, necesariamente, nos lleva a errores de estimación, debido a cálculos basados en la normativa correspondiente [3]. Ha de reseñarse, con todo, que su diferencia no es muy significativa, lo que permite validar esta metodología.

La utilización de estas técnicas permite elaborar cartografías de distribución de «air void», asignando a cada hueco un par de coordenadas ( $C_x, C_y$ ), posibilitando su tratamiento matemático posterior en el cálculo del factor de espaciamiento [L].

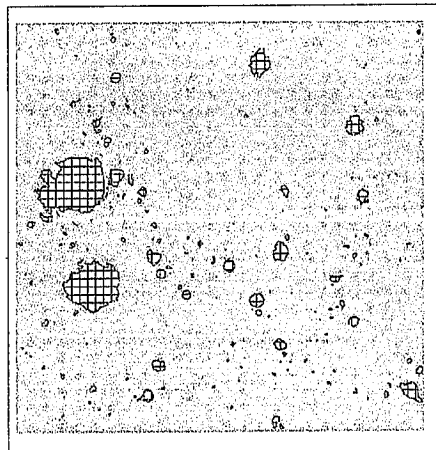
Los valores obtenidos del índice air void, para este hormigón es del 3,39%; la relación pasta-huecos es de 29,32; el factor de espaciamiento es de 0.40, lo que nos induce a pensar en que el hormigón ha sido tratado con aditivos aireantes.



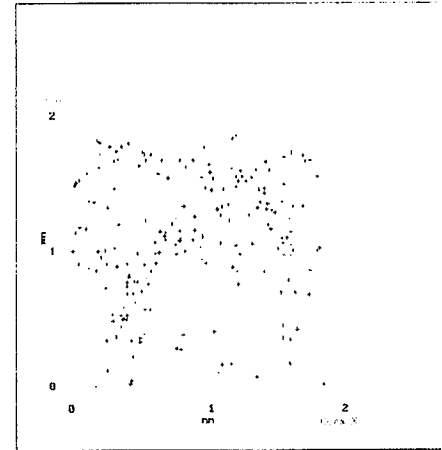
A.- Imagen mejorada de "air void"



B.- Imagen segmentada



C.- Superposición de "air void" y retícula



D.- Mapa de distancias, basado en  $C_x, C_y$

**Proceso de Tratamiento Digital de Imágenes**

- A. Imagen mejorada, a partir de la original. Previamente, la superficie se ha teñido y rellenado los huecos con pasta de cinc. (Esta imagen es un mosaico de varias imágenes, para ilustrar mejor el proceso).
- B. Imagen binaria. Los huecos o «air void» están perfectamente localizados y discriminados.
- C. Resultado de superponer la retícula con las áreas obtenidas por el procesador digital de imágenes. A partir de los datos deducidos en este proceso se valida esta metodología.
- D. Mapa de distancias y distribución de los puntos obtenidos en los centros de gravedad ( $C_x, C_y$ ) para calcular el factor de espaciamiento, así como el mapa de distancias.

**Referencias**

[3]ASTM., (1990). American Society for Testing and Materials. C-457-90. pg. 1 a 10.  
 [1]Draper, E. A. & Wagner, K. E., (1993). In Mat. de Constr. vol. 43. n° 232. pgs. 5- 19.  
 [7]Gudmundsson, H. & Christensen, (1979): Nordisk Betong 5, pgs. 13-25.  
 [4]Lord and Willis, (1951), ASTM Bulletin, n°177, pg. 56-61.  
 [6]PNE. Método de ensayos T1-B, (1983): 16 pgs.

[10]PNE. Método de ensayos T1-B 5, (1987): 48 pgs.  
 [5]Ringot, E.; Saada, R.; Barriolulet, P., (1992): Essais et Mesures, vol. 238, pg. 19-24.  
 [9]Sandström. M., (1991):Third. Euros. on Micr. Appl. to Buil. Mat. pgs. 1-7.  
 [8]Sommer, H., (1979): in Cem. Conc. and Aggr. Vol. 1, N°2, pgs. 45-55  
 [2]Underwood, E.E., (1970); Addison-Wesley. pgs.18-32