

M. Sabesinsky Felperin,  
R. A. Mayer

da agregado grueso componente y forma de sus partículas (angulosas o redondeadas), el "Módulo granulométrico del esqueleto granular compacto (Ma)". Este, resulta ser función lineal del logaritmo del correspondiente tamaño máximo nominal ( $D_{m\acute{a}x-mm}$ ), considerándose como tal, al lado de la abertura de malla de un tamiz supuesto que deja pasar el 95% del total del material granular analizado (5), (6), (7), (8), y (9).

En la composición de los esqueletos granulares compactos se excluyen las partículas superfinas de sílice que pasan a través del tamiz No. 100 (0,149 mm), ya que las mismas presentan marcada influencia en las propiedades reológicas del concreto fresco y son consideradas como "adicionales minerales activas" (10).

El agua de mojado o retenida por efecto de superficie y naturaleza mineralógica complementa los valores que particularizan a un determinado agregado granular dado por su módulo granulométrico y tamaño máximo nominal ( $D_{m\acute{a}x-mm}$ ), (11).

El agua retenida total por el esqueleto granular, suma de las aguas retenidas por sus componentes granulares, gruesos y finos, permite estimar el agua de amasado requerida para obtener una determinada consistencia del concreto fresco, para una dada relación agua/cemento de la pasta conglomerante.

La consistencia se refiere al carácter de la mezcla fresca, con respecto a su estado de fluidez y constituye una parte importante de la trabajabilidad. Esta, es una propiedad más compleja que la consistencia puesto que involucra no solamente a las propiedades de las mezclas, sino también a las condiciones de colocación para obtener el grado requerido de consolidación, conservando la homogeneidad del concreto fresco.

De acuerdo a trabajos previos (12) y (13), en el concreto fresco la consistencia depende de la presencia de la pasta de cemento entre las partículas del agregado grueso compuesto. Los esqueletos granulares compactos dan concretos cuya consistencia en estado fresco, resulta ser función del espesor de la película de pasta envolvente de las partículas que los componen. Si el esqueleto granular no es compacto y tiene gran cantidad de vacíos, parte de la pasta se pierde por ocupar estos vacíos y queda menor cantidad de pasta disponible como envolvente de las partículas componentes.

La formación empleada (de acción plástificante-fluidificante, incorporadora intencional de aire y reguladora del fraguado), tiene como base (B), un aditivo de efecto conocido (básicamente un lignosulfonato modificado), ajustado con un corrector (C), de acción múltiple, desarrollado al efecto. Estas sustancias que no reaccionan químicamente con los componentes de la pasta conglomerante, al reducir la tensión superficial del agua de amasado, además de su poder plástificante-fluidificante permiten durante la preparación del concreto, la formación de una enorme cantidad de burbujas de aire esferoidales, incoalescentes (14).

CONCRETOS DE CEMENTO PORTLAND, SUPERPLÁSTICOS, TRABAJABLES, PARA CONFORMADO POR CAIDA LIBRE"

La presencia de las partículas granulares finas es esencial para lograr la incorporación intencional de aire por empleo de aditivos al efecto. De acuerdo con Kennedy (15), la fracción de partículas granulares finas entre los tamices de abertura de malla No. 30 (0,590 mm) y No. 100 (0,149 mm), constituye el factor predominante para la determinación de la cantidad de aire incorporado con una cierta cantidad de aditivo, al proporcionar el espacio intergranular de alojamiento de las micro-burbujas generadas (12) y (16).

Las partículas granulares de tamaño mayor que la abertura del tamiz No. 30 y menor que la abertura del tamiz No. 100, tienen poca influencia en la acción del aditivo empleado.

En base a estas consideraciones, las partículas granulares del agregado empleado como fino común en los concretos en examen están compuestas con retenidos entre los dos tamices extremos señalados.

La incorporación intencional de aire en la forma de un sistema de micro-burbujas incoalescentes modifica sustancialmente las propiedades del concreto fresco y endurecido. De acuerdo con (14), las micro-burbujas de aire, además de proporcionar homogeneidad y evitar la segregación de componentes primarios, permiten obtener una determinada consistencia del concreto fresco con menor relación "Pasta de cemento/área superficial del esqueleto granular", para una determinada relación agua/cemento. El sistema de micro-burbujas se considera parte componente del esqueleto granular.

En este trabajo se trata de estimar la influencia del aditivo compuesto de dos fases, adicionadas separadamente, en las propiedades reológicas del concreto fresco, investigando la correspondencia entre la relación "agua de amasado/agua de mojado o retenida total por el esqueleto granular" y la consistencia.

#### TRABAJO EXPERIMENTAL

Los concretos fueron preparados con esqueletos granulares compactos de tamaños máximos nominales; 12,0 mm-17, 8 mm-23, 8 mm y 35.5 mm, diferenciados por la forma de las partículas del agregado grueso componente (angulosas o redondeadas). Como agregado fino se ha empleado un compuesto de tres retenidos parciales de partículas silíceas redondeadas.

Los distintos esqueletos granulares fueron proyectados en base a Módulos granulométricos obtenidos en estudios previos de compacidad para concretos de masa definida, con efecto pared y para agregados granulares de partículas angulosas y redondeadas, de tamaños máximos nominales comprendidos entre 1,1 mm y 38.1 mm (1) y (5).

En la Fig. 1, se observan los distintos esqueletos granulares empleados con indicación del tamaño máximo nominal correspondiente y forma de sus partícu-

las.

En la Tabla I, para cada tamaño máximo nominal y forma de las partículas se indica el aporte correspondiente a cada retenido parcial, expresado en porcentaje del volumen sólido total. Los retenidos por los tamices No. 30, 50 y 100, corresponden al agregado fino común, de partículas redondeadas obtenidas procesando arena sílica del Río Paraná.

En la Tabla II, se señalan las características físicas de los esqueletos granulares considerados, con indicación del agua de mojado y retenida total por efecto de superficie, expresada en  $\text{cm}^3/\text{kg}$ .

La investigación se ha llevado a cabo empleando pasta conglomerante de relación agua de amasado/cemento 0.50 y distintos contenidos de los aditivos componentes (B) y (C), expresados en  $\text{cm}^3/\text{kg}$  de cemento Portland.

De todos los pastones preparados se seleccionaron los de consistencia dentro del rango plástico,  $A_c = 1,0$  a  $18,0$  cm y superplástico,  $A_c = 18,0$  a  $22,0$  cm.

La consistencia del concreto fresco fue estimado por mediciones de asentamientos de Tronco de Cono al desmoldar, en un todo de acuerdo a lo estipulado en las Normas ASTM C-143 e IRAM 1536.

El contenido de aire intencionalmente incorporado y de rendimiento del concreto fresco compactado fueron determinados por mediciones según recomendaciones de las Normas ASTM C-138 e IRAM 1562.

En cada preparación, después de concluido el amasado, se efectuaron tres mediciones de rendimiento y tres estimaciones de consistencia. Los valores obtenidos respectivamente fueron promediados considerándose el valor medio resultante.

En una segunda parte se considerarán los valores de resistencia mecánica a la compresión para las distintas formulaciones, tamaño máximo nominal y forma de las partículas del esqueleto granular.

Las condiciones de laboratorio fueron:  $t = 27 \pm 3^\circ\text{C}$  -  $HR = 65 \pm 5\%$

#### INTERPRETACION DE LOS VALORES OBTENIDOS

Se interpretan los valores medios obtenidos de consistencia del concreto fresco y contenido de aire intencionalmente incorporado en correspondencia con la relación "agua de amasado/agua de mojado o retenida total por el esqueleto granular por efecto de superficie", el efecto fluidificante (agua de amasado corregida/agua de amasado estimada normal), y el tamaño máximo nominal y forma de las partículas de los esqueletos granulares considerados.

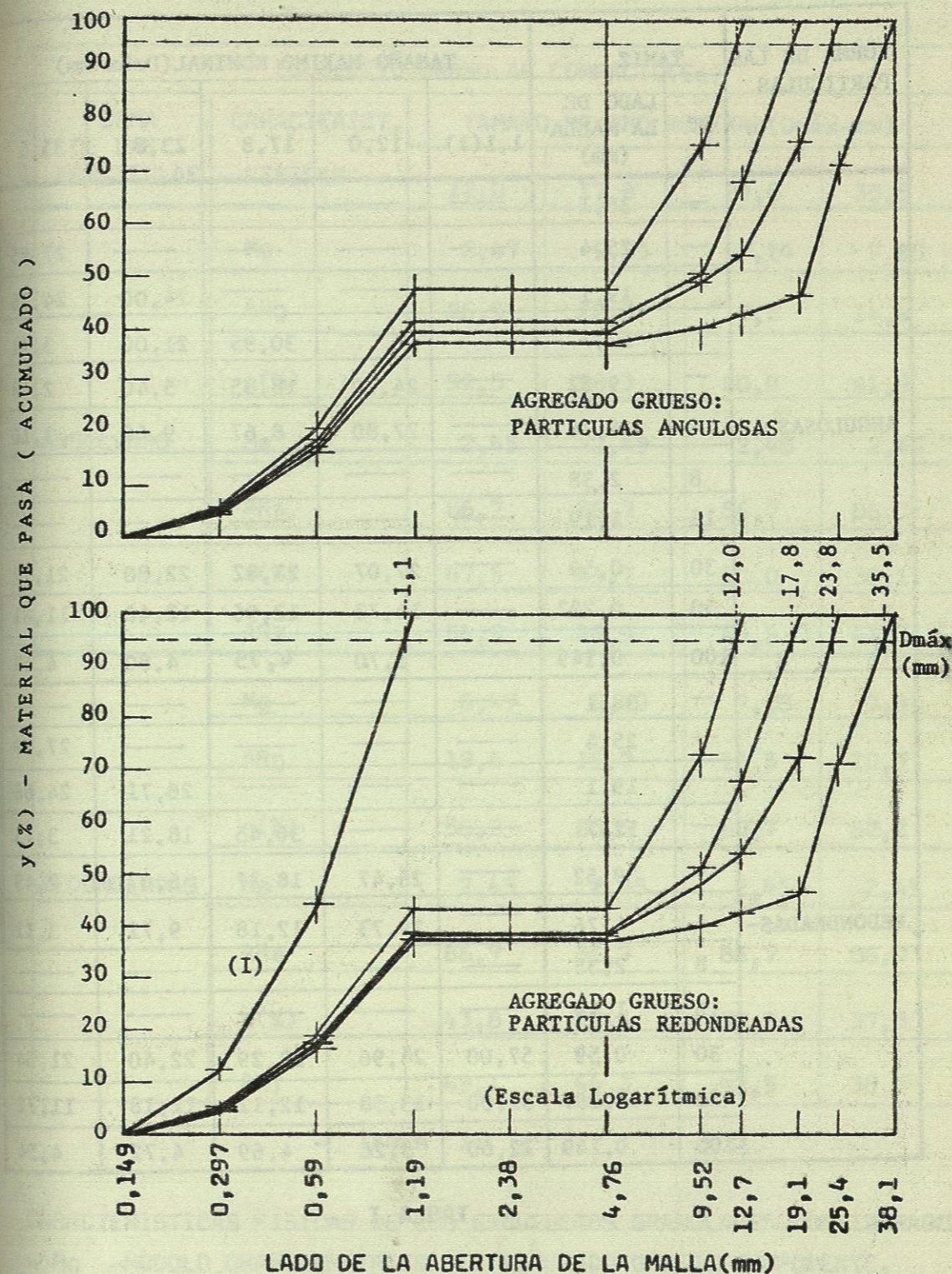


FIG. 1 - ESQUELETOS GRANULARES COMPACTOS EMPLEADOS EN LA PREPARACION DE LOS CONCRETOS CON AGREGADOS NORMALES Y AIRE INTENCIONALMENTE INCORPORADO.

(I) - AGREGADO FINO COMUN ( $M_s = 2,45$  -  $D_{m\acute{a}x.} = 1,1\text{mm}$ ).

FORMA DE LAS PARTICULAS	TAMIZ		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL(Dmáx-mm)				
	N°	LADO DE LA MALLA (mm)	1,1(1)	12,0	17,8	23,8	35,5
ANGULOSAS-	—	38,1	—	—	—	—	—
	—	25,4	—	—	—	—	27,85
	—	19,1	—	—	—	24,00	24,76
	—	12,7	—	—	30,95	21,00	3,71
	—	9,52	—	24,70	18,85	5,40	2,48
	4	4,76	—	27,80	8,67	9,60	3,10
	8	2,38	—	—	—	—	—
	16	1,19	—	—	—	—	—
	30	0,59	—	27,07	23,82	22,80	21,72
	50	0,297	—	14,73	12,96	12,40	11,81
100	0,149	—	5,70	4,75	4,80	4,57	
REDONDEADAS-	—	38,1	—	—	—	—	—
	—	25,4	—	—	—	—	27,99
	—	19,1	—	—	—	26,71	24,88
	—	12,7	—	—	30,45	18,21	3,73
	—	9,52	—	26,47	18,27	6,07	2,49
	4	4,76	—	29,73	12,18	9,71	3,11
	8	2,38	—	—	—	—	—
	16	1,19	—	—	—	—	—
	30	0,59	57,00	24,96	22,29	22,40	21,54
	50	0,297	31,00	13,58	12,12	12,18	11,72
100	0,149	12,00	5,26	4,69	4,72	4,54	

- TABLA I -

ESQUELETOS GRANULARES COMPACTOS

RETENIDOS PARCIALES(% DEL VOLUMEN SOLIDO TOTAL), PARA COMPONER CADA UNO DE LOS ESQUELETOS GRANULARES EMPLEADOS, CON INDICACION DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL Y FORMA DE SUS PARTICULAS.

(1) - AGREGADO FINO COMUN EMPLEADO EN LAS DOS FAMILIAS DE ESQUELETOS GRANULARES CONSIDERADOS.

ESQUELETO GRANULAR COMPACTO(Ea)					
FORMA DE LAS PARTICULAS	CARACTERIST. FISICAS	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL(Dmáx-mm)			
		12,0	17,8	23,8	35,5
ANGULOSAS	Mg	6,47	6,85	7,24	7,80
	ARg	26,5	22,3	18,5	14,4
	g(%)	52,5	58,3	60,0	61,9
	Ms	2,45	2,45	2,45	2,45
	ARs	86,7	86,7	86,7	86,7
	s(%)	47,5	41,7	40,0	38,1
	ART	54,9	48,9	45,5	41,7
REDONDEADAS	Mg	6,47	6,80	7,28	7,80
	ARg	19,4	16,7	13,5	10,7
	g(%)	56,2	60,9	60,7	62,2
	Ms	2,45	2,45	2,45	2,45
	ARs	86,7	86,7	86,7	86,7
	s(%)	43,8	39,1	39,3	37,8
	ART	49,1	44,3	42,5	39,7

- TABLA II -

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS ESQUELETOS GRANULARES CONSIDERADOS

- Mg -MODULO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO COMPONENTE,
- ARg -AGUA DE MOJADO DEL AGREGADO GRUESO(cm<sup>3</sup>/kg),
- g(%) -PORCENTAJE(EN VOLUMEN SOLIDO), DEL AGREGADO GRUESO,
- Ms -MODULO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO COMUN EMPLEADO,
- ARs -AGUA DE MOJADO DEL AGREGADO FINO COMUN(cm<sup>3</sup>/kg),
- s(%) -PORCENTAJE(EN VOLUMEN SOLIDO), DEL AGREGADO FINO COMUN,
- ART -AGUA DE MOJADO DEL ESQUELETO GRANULAR COMPACTO(cm<sup>3</sup>/kg).