

Para la determinación de la consistencia del concreto fresco se ha empleado el Método del Tronco de Cono, de acuerdo a las Normas ASTM-C-143 e IRAM 1536, siendo la consistencia estimada en centímetros de asentamiento del elemento de conformado, al desmoldarse.

El estudio de consistencias se llevó a cabo con series de esqueletos granulares de Tamaño Máximo Nominal: 1,1 mm - 4,3 mm - 8,5 mm - 11,8 mm - 17,0 mm - 23,8 mm y 35,0 mm. Estos esqueletos granulares, compuestos con los agregados gruesos mencionados, de partículas angulosas o redondeadas, fueron proyectados de acuerdo a las expresiones analíticas obtenidas previamente (2), en estudios de compacidad para concretos de masa definida, con efecto pared, estableciéndose para cada Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso componente ($D_{m\acute{a}x}$ -mm) y forma de las partículas, el Módulo Granulométrico del Esqueleto Granular de mayor compacidad y menor área superficial (M_a):

- I) Partículas Angulosas: $M_a = 1,85 + 2,514 \cdot \lg D_{m\acute{a}x}$.
- II) Partículas Redondeadas: $M_a = 2,28 + 2,248 \cdot \lg D_{m\acute{a}x}$.

siendo: M_a - Módulo Granulométrico del Esqueleto Granular.

$D_{m\acute{a}x}$ (mm) - Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.

Los porcentajes de agregado fino (s-%) y de agregado grueso (g-%), fueron calculados aplicando la Ley de las Mezclas:

$$s(\%) = \frac{M_g - M_a}{M_g - M_s} \cdot 100$$

$$g(\%) = 100 - s(\%)$$

donde: M_g - Módulo Granulométrico del agregado grueso.

M_s - Módulo Granulométrico del agregado fino.

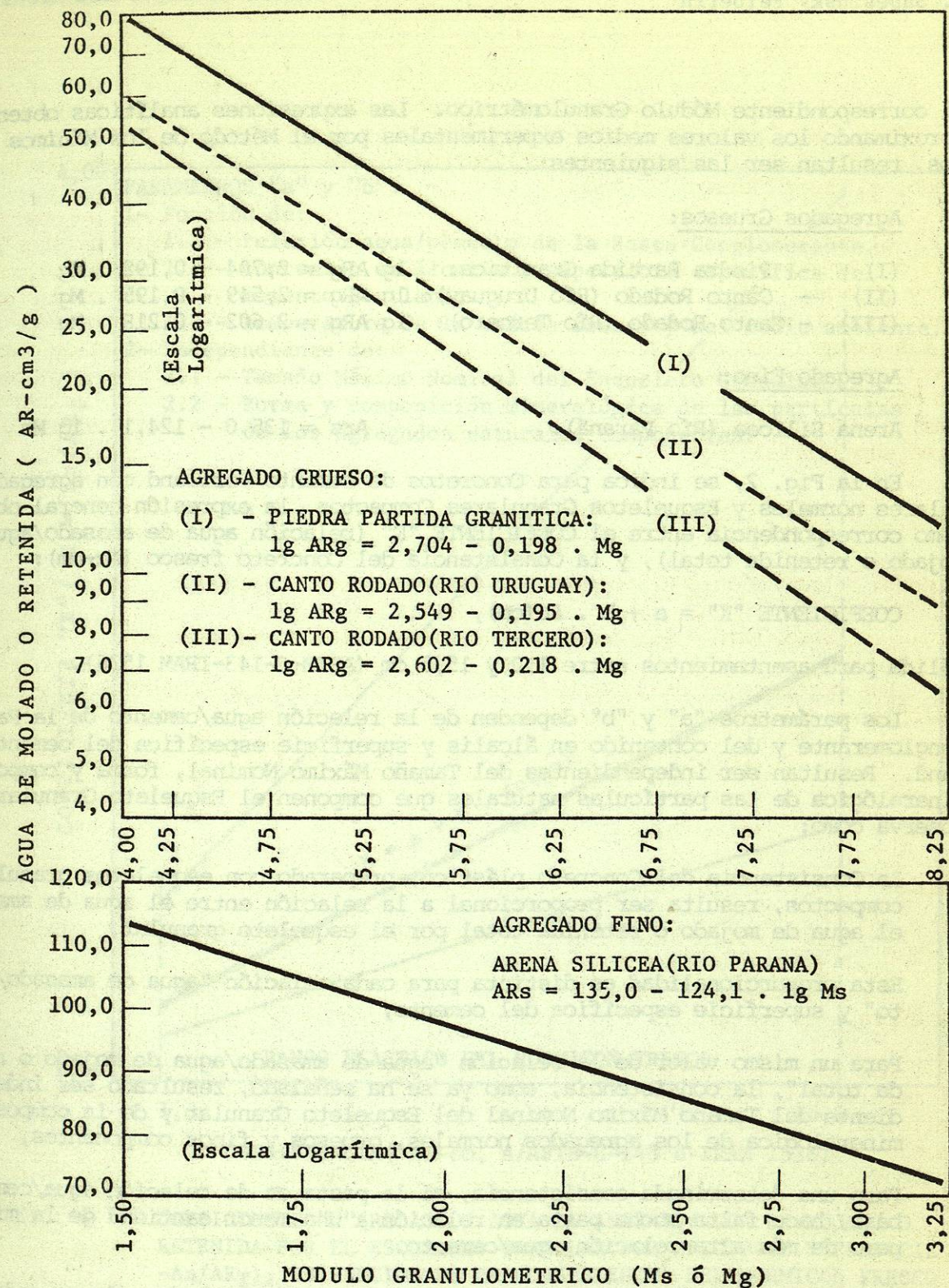
Por tratarse de agregados granulares de diferentes pesos sólidos (P_{Es} -kg/dm³) se expresa el porcentaje en volumen sólido (V_s -%).

Los distintos agregados granulares componentes fueron tomados en estado seco. Se mezclaron primero entre sí, y luego con el cemento Portland hasta distribución uniforme. Finalmente fue incorporada el agua de amasado. El tiempo de amasado ha sido el mismo para las diferentes preparaciones, seleccionándose entre todos los pastones obtenidos, los de consistencia plástica, con asentamientos dentro del rango: $A_c = 1,0$ a $15,5$ cm. En cada caso, una vez concluido el amasado, se llevaron a cabo tres estimaciones de consistencia, considerándose el valor medio resultante. Las condiciones de Laboratorio y de los materiales empleados fueron: $t = 20 \pm 2^\circ C$ - $HR = 65 \pm 5\%$.

INTERPRETACION DE LOS VALORES OBTENIDOS.

En la Fig. 1, se han representado los valores medios experimentales obtenidos del agua de mojado o retenida (por unidad de peso), por los distintos agregados granulares normales empleados en el Concreto de cemento Portland, en relación

CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO



- FIG. 1 -

AGREGADOS NORMALES EMPLEADOS EN EL HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND
 AGUA DE MOJADO O RETENIDA (POR UNIDAD DE PESO), POR EL AGREGADO GRANULAR POR EFECTO DE SUPERFICIE Y NATURALEZA MINERALOGICA, EN RELACION AL CORRESPONDIENTE MODULO GRANULOMETRICO.

al correspondiente Módulo Granulométrico. Las expresiones analíticas obtenidas, aproximando los valores medios experimentales por el Método de los Mínimos Cuadrados, resultan ser las siguientes:

- Agregados Gruesos:

- (I) - Piedra Partida Granítica: $1g \text{ ARg} = 2,704 - 0,198 \cdot Mg$
- (II) - Canto Rodado (Río Uruguay): $1g \text{ ARg} = 2,549 - 0,195 \cdot Mg$
- (III) - Canto Rodado (Río Tercero): $1g \text{ ARg} = 2,602 - 0,218 \cdot Mg$

- Agregado Fino:

Arena Silíceas (Río Paraná): $Ars = 135,0 - 124,1 \cdot 1g \text{ Ms}$

En la Fig. 2, se indica para Concretos de cemento Portland con agregados granulares normales y Esqueletos Granulares Compactos, la expresión general obtenida como correspondencia entre el COEFICIENTE "K" (relación agua de amasado/agua de mojado o retenida total), y la Consistencia del Concreto fresco (Ac-cm):

$$\text{COEFICIENTE "K"} = a + b \cdot \text{Ac}(\text{cm}),$$

válida para asentamientos entre 1,0 y 15,5 cm (ASTM-C-143-IRAM 1536).

Los parámetros "a" y "b" dependen de la relación agua/cemento de la Pasta Conglomerante y del contenido en álcalis y superficie específica del cemento Portland. Resultan ser independientes del Tamaño Máximo Nominal, forma y composición mineralógica de las partículas naturales que componen el Esqueleto Granular. Se observa como:

- La Consistencia del Concreto plástico, preparado con esqueletos granulares compactos, resulta ser proporcional a la relación entre el agua de amasado y el agua de mojado o retenida total por el esqueleto granular,
- Esta proporcionalidad es distinta para cada relación "agua de amasado/cemento" y superficie específica del cemento,
- Para un mismo valor de la relación "agua de amasado/agua de mojado o retenida total", la consistencia, como ya se ha señalado, resulta ser independiente del Tamaño Máximo Nominal del Esqueleto Granular y de la composición mineralógica de los agregados normales, gruesos y finos componentes,
- Para una determinada consistencia, si la pasta es de relación agua/cemento baja, hace falta mucha pasta en relación a una menor cantidad de la misma, pero de más alta relación agua/cemento.

Los álcalis del cemento se disuelven rápidamente en el agua de amasado y su velocidad de disolución se incrementa a medida que lo hace la temperatura del medio, e influyen en la consistencia del concreto fresco. Generalmente, en el cemento Portland, la reducción en el contenido de álcalis es acompañada por una acentuada reducción en los contenidos de ferroaluminato tetracálcico (C4AF) y de aluminato tricálcico (C3A).

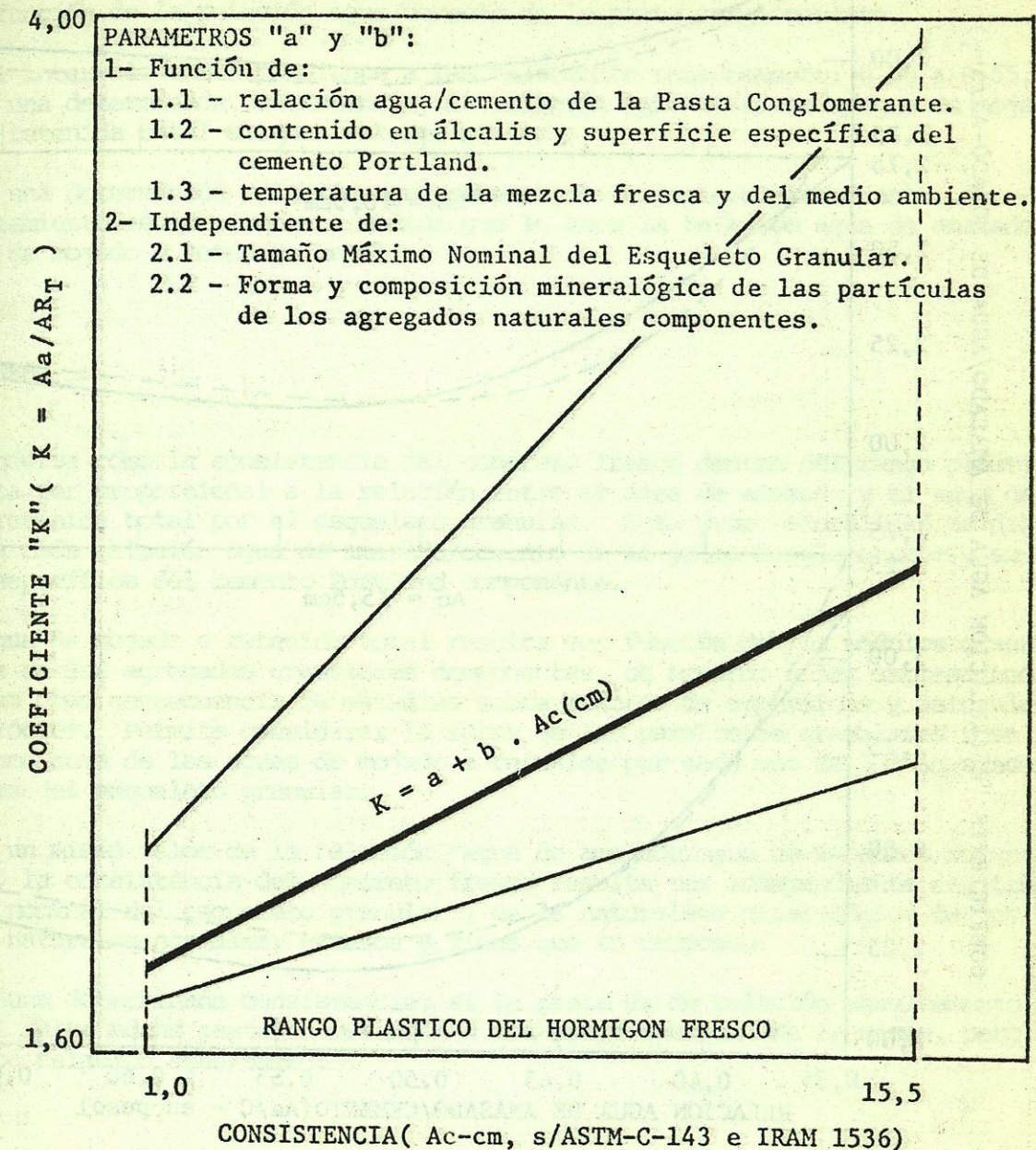
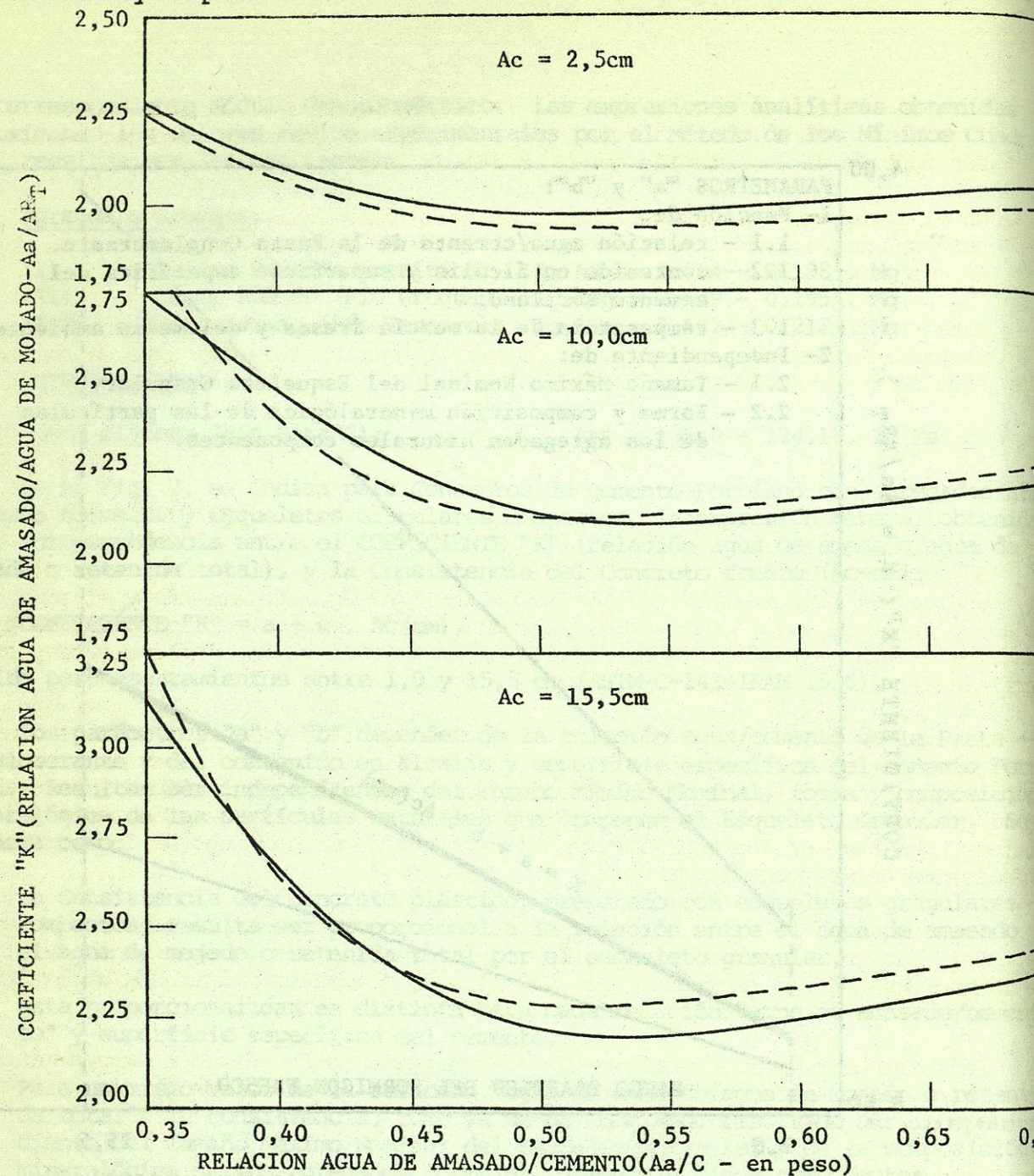


FIG. 2 - COEFICIENTE "K"(RELACION AGUA DE AMASADO/AGUA DE MOJADO O RETENIDA POR EL ESQUELETO GRANULAR POR EFECTO DE SUPERFICIE -Aa/AR_T), EN FUNCION DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGON FRESCO -Ac-cm).

En la Fig. 3, para Consistencias del Concreto fresco, correspondientes a --- asentamientos de: 2,5 - 10,0 y 15,5 cm (ASTM-C-143 - IRAM 1536), se interpretan los valores obtenidos empleando cemento Portland Normal de superficie específica (BLAINE): 2500-2700 y 3000-3200 cm²/g. De los Gráficos correspondientes se puede observar que:



- FIG. 3 -

HORMIGON FRESCO DE CEMENTO PORTLAND

VALORES DEL COEFICIENTE "K" (RELACION AGUA DE AMASADO/AGUA DE MOJADO O RETENIDA POR EL ESQUELETO GRANULAR POR EFECTO DE SUPERFICIE- Aa/AR_T), EN FUNCION DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGON FRESCO (Ac -cm), Y DE LA SUPERFICIE DEL CEMENTO PORTLAND PARA DISTINTAS RELACIONES AGUA/CEMENTO (Aa/C -en peso).

— cemento Portland normal: superficie específica: 2500-2700cm²/g-BLAINE
 - - - - cemento Portland normal: superficie específica: 3000-3200cm²/g-BLAINE
 Condiciones de Laboratorio: $t=20\pm 1^\circ C$ - $HR=65\pm 5\%$.

- Para una determinada consistencia, la relación entre el agua de amasado y el agua de mojado o retenida total por el esqueleto granular compacto resulta ser función de la relación agua/cemento de la pasta conglomerante.
- En el intervalo correspondiente a las relaciones agua/cemento: 0,50 a 0,55, para una determinada consistencia, la relación agua de amasado/agua de mojado o retenida total alcanza valores mínimos,
- Para una determinada relación agua/cemento de la pasta conglomerante, el asentamiento se incrementa a medida que lo hace la relación agua de amasado/agua de mojado o retenida total.

CONCLUSIONES.

Se observa cómo la consistencia del concreto fresco dentro del rango plástico, resulta ser proporcional a la relación entre el agua de amasado y el agua de mojado o retenida total por el esqueleto granular. Esta proporcionalidad es distinta para cada relación agua de amasado/cemento de la pasta conglomerante y superficie específica del cemento Portland componente.

El agua de mojado o retenida total resulta ser función de los módulos granulométricos de los agregados granulares componentes, de acuerdo a las expresiones encontradas como consecuencia de estudios sobre efectos de superficie y naturaleza mineralógica. Permite considerar la forma de las partículas granulares y se obtiene como suma de las aguas de mojado o retenida por cada uno de los agregados componentes del esqueleto granular.

Para un mismo valor de la relación "agua de amasado/agua de mojado o retenida total", la consistencia del concreto fresco resulta ser independiente del tamaño máximo nominal del esqueleto granular y de la naturaleza mineralógica de los agregados naturales normales, gruesos y finos que lo componen.

Para una determinada consistencia, si la pasta es de relación agua/cemento baja, hace falta mucha pasta en relación a una menor cantidad de la misma, pero de más alta relación agua/cemento.

REFERENCIAS

1. SABESINSKY FELPERIN, M.- "El Mortero RILEM/CEMBUREAU- Influencia de los finos de sílice a través del Examen Conductimétrico del Proceso de Fraguado" - Grupo Latinoamericano de la RILEM, Bs. Aires, 1968.
2. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Método para Proyecto de Hormigones" - I Simposio sobre Materiales, LEMIT, La Plata, 1964.
3. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Composición de Agregados Compactos, Gruesos y Compuestos, para Proyecto de Hormigones Normales de distintas consistencias y relaciones agua/cemento" - XIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Montevideo, 1969.
4. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Influencia del Tamaño Máximo del Esqueleto Granular, en el Proyecto de Hormigones de cemento Portland" - Reunión Conjunta de las XIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y el IV Simposio Panamericano de Estructuras, Bs. Aires, 1970.
5. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Micro-hormigones de cemento Portland-Influencia de la Pasta Conglomerante en la incorporación intencional de aire" - IV Simposio sobre Aglomerantes Hidráulicos, Hormigones, Aridos y sus Aplicaciones, LEMIT, La Plata, 1972.
6. BRUNAUER, S.- "The Structure of Hardened Portland Cement Paste and Concrete" VIII Conference on the Silicate Industry, Budapest, 1965.
7. SABESINSKY FELPERIN, M. y J. C. OJEDA.- "Influencia de la Superficie Específica del Cemento Portland, en la Consistencia del Hormigón fresco" - XVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Bs. Aires, 1974.
8. FERET, M.- "Sur la compacité des Mortiers Hydrauliques" - Edit. Dunod, París.
9. BOLOMEY, J.- "Determination de la resistance a la compression des Mortiers et Bétons" - Bulletin Technique de la Suisse Romande.
10. BARCELO, G.- "Hormigón vibrado, su técnica, su ejecución, dosificaciones" Edit. Dossat, Madrid.
11. SABESINSKY FELPERIN, M.- "El agua de amasado en la Consistencia del Hormigón fresco, para distintas relaciones agua/cemento" - IMAE, 1966.
12. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Interaction in fresh Micro-concrete between air-entrained and consistency, for different water/cement ratios" - International RILEM Symposium on Admixtures for Mortars and Concrete, Bruselas, 1967.
13. SABESINSKY FELPERIN, M.- "The Portland cement Paste in the Shrinkage of Micro-concretes, for different water/cement ratios" - International RILEM Symposium on Shrinkage on Hydraulic Concrete, Madrid, 1968.
14. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Contenido óptimo de aire en los Hormigones de ce-

- mento Portland" - XV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Porto Alegre, 1971.
15. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Proyecto de Hormigones de cemento Portland con Agregados Normales" - Editorial NIGAR SRL, Bs. Aires, 1973.
16. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Hormigón Masa I - Composición de Macro-esqueletos granulares compactos" - II Reunión Técnica sobre Tecnología del Hormigón - Carlos Paz (Córdoba), 1976.
17. SABESINSKY FELPERIN, M.- "Hormigón Masa I - Efecto de Superficie del Macro-esqueleto Granular" - II Reunión Técnica sobre Tecnología del Hormigón - Carlos Paz (Córdoba), 1976.

CURRICULUM VITAE

El Sr. Manuel S. Felperin es profesor titular y coordinador para la Enseñanza de Materiales de Construcción en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Rosario Argentina. Es también jefe de laboratorio de Tecnología de Materiales de Construcción y Hormigón, en el Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) en donde ha desarrollado un amplio plan de investigación.

Ha presentado numerosos trabajos de investigación en congresos nacionales e internacionales que han sido publicados en revistas especializadas como "Materiales de Construcción del Instituto E. Torroja de Madrid" e "IMCYC" de México, autor del libro "Proyecto de Hormigones de Cemento Portland con Agregados Normales", con el que obtuvo el premio internacional del Instituto E. Torroja. Es miembro efectivo de la RILEM, de la Scientific Society of the Silicate Industry, delegado general del IMAI ante el IRAM y miembro del Consejo directivo de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.