

---

## BIBLIOGRAFIA

---

### Guía para hacer hormigón durable.

ACI COMMITTEE 201. Guide to durable concrete. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings* vol. 74, n° 12 (diciembre 1977), pp. 573-609.

Este informe discute en profundidad las causas más importantes de deterioro del hormigón, y da algunas recomendaciones sobre cómo evitar o disminuir los daños derivados de acciones tales como: ciclos de congelación y deshielo, exposición a agentes químicos, abrasión, corrosión de las armaduras y reacciones químicas de los agregados.

Para cada una de las causas se expone en primer lugar el proceso que da lugar al deterioro y en seguida, basándose en ese análisis preliminar, se formulan recomendaciones para obtener hormigones más durables frente a esos fenómenos.

La acción de congelaciones y deshielos sucesivos es una prueba muy severa para el hormigón y si éste no es de buena calidad puede dañarse en forma seria. En las primeras épocas de estudio del fenómeno se atribuía el daño exclusivamente a presión hidráulica en los poros de la pasta de cemento. Sin embargo, en épocas posteriores se ha visto que el fenómeno es más complicado y que en él intervienen también la presión osmótica, diferencias de presión de vapor y otros. De todas maneras, hay un acuerdo general de que la pasta de cemento puede hacerse completamente invulnerable a la congelación agregándole aire en proporciones adecuadas. Esta solución no evita el efecto de las heladas en los áridos, si es

que éstos son vulnerables. El problema requiere, por tanto, la consideración simultánea de ambos factores.

Ligado a los efectos de las heladas está el uso de agentes de descongelación. Estos son principalmente cloruros y causan o aceleran la desintegración superficial, en forma de cavidades o de descascaramiento, por acciones físicas más bien que químicas. El aire incorporado es también efectivo contra estos agentes.

Las recomendaciones para que el hormigón sea durable a las heladas son: tomar precauciones en el proyecto para evitar zonas en que se acumule la humedad; usar razones agua-cemento bajas; incorporar aire; seleccionar los áridos; curar adecuadamente el hormigón, y emplear buenas prácticas constructivas.

Un buen hormigón puede resistir la exposición a muchos tipos de agentes químicos, pero hay algunos frente a los cuales el hormigón, aun de la mejor calidad, es vulnerable. El ataque químico del hormigón es generalmente el resultado de exposición a aguas o suelos sulfatados o ácidos. Los sulfatos reaccionan con la cal hidratada y el aluminato tricálcico del cemento y producen etringita, que es expansiva. Se puede proteger el hormigón de los ataques por sulfatos haciéndolo denso, de baja razón agua cemento y usando cementos resistentes a los sulfatos.

Los ácidos reaccionan con la cal hidratada y destruyen el hormigón. Un hormigón denso de baja razón agua cemento tiene un aceptable grado de protección frente a ácidos débiles. En cambio, no hay hormigón que resista aguas ácidas de alta concentra-

ción y la única defensa contra ellas es el uso de recubrimientos o tratamientos superficiales adecuados.

El hormigón está sometido a abrasión, o sea, a un proceso de desgaste por frotamiento o fricción, en pavimentos, en superficies barridas por el viento y en estructuras hidráulicas o marítimas. No se ha encontrado todavía un método experimental válido para establecer la aptitud del hormigón frente a todos los casos de abrasión, ya que en esa denominación se incluyen fenómenos diferentes como frotamiento, impacto, rayado, cavitación y otros. En la resistencia a la abrasión del hormigón influyen en primer lugar su calidad, medida por la resistencia a la compresión, y además las características de los áridos, la terminación de la superficie, y los procedimientos de curado. En consecuencia, para obtener superficies de hormigón resistentes a la abrasión, hay que utilizar hormigones de buena calidad, seleccionar los áridos desde el punto de vista de la tenacidad y desgaste.

En condiciones de desgaste muy severas se puede recurrir a una capa superior especialmente resistente, con áridos de tamaño máximo no superior a 12 mm muy tenaces; en algunos casos es conveniente incorporar partículas metálicas a esa capa. El tratamiento final de la superficie —platachado, vibrado— debe hacerse después de que se haya evaporado o eliminado el agua superficial; tal eliminación puede hacerse por aplicación de vacío. Por último, el hormigón debe someterse a un efectivo curado húmedo durante por lo menos 7 días.

Por ser el hormigón de cemento portland alcalino y de gran resistividad eléctrica, provee protección natural a la armadura embebida. A pesar de ello, suele producirse corrosión del acero y de otros metales embebidos, en determinados medios o condiciones. En la corrosión de las armaduras, que es la que más interesa, juegan importantes papeles la porosidad del hormigón y el espesor del recubrimiento, como vallas que impiden la penetración profunda de la carbonatación.

El fenómeno mismo de la corrosión es

electroquímico y da lugar a una corriente eléctrica, que consume paulatinamente al metal. Esta circulación de corriente puede tener su origen en fuentes externas (corrientes de fuga de equipos de corriente continua) o bien, y este es el caso más frecuente y más peligroso, en diferencias de potencial en el metal mismo embebido, diferencias de potencial que se producen entre zonas de las barras, por ser disímiles entre ellas el contenido de humedad o la concentración de oxígeno, o la concentración del electrolito, o entre metales diferentes en contacto. Para que se produzcan estas corrientes se requiere la existencia de un electrolito en la masa del hormigón, o sea, se necesita humedad y algún contenido de sales solubles; otro ingrediente esencial es la presencia de oxígeno.

En las primeras etapas de corrosión se pueden observar manchas de herrumbre en la superficie del hormigón. Posteriormente aparecen grietas en frente y paralelamente a las barras de acero y en etapas más avanzadas puede saltar el recubrimiento.

La corrosión puede afectar, con características y en condiciones diferentes, también a otros metales, entre ellos, aluminio, plomo, cobre, zinc y a otros materiales.

En presencia de ambientes que pueden favorecer la corrosión, como son: los ambientes marinos, los ambientes húmedos cargados de sales, los suelos salinos, muchas atmósferas industriales, es necesario tomar precauciones que se resumen en los aspectos expuestos a continuación. El hormigón debe hacerse de la más baja permeabilidad posible, para lo cual deben concurrir una razón agua cemento reducida (0.4; 0.45 o 0.50 según la severidad del ambiente); un conjunto de áridos bien graduados, muy buena compactación y un curado muy cuidadoso. El recubrimiento de hormigón debe ser mayor al normal: a saber 3" en ambientes marinos inmediatos a la costa, 2" en hormigones que tendrán contacto con sales. Debe limitarse el contenido de sales solubles en el hormigón a un valor muy bajo: el Comité sugiere niveles de 0.06% o; 0.10% o y 0.15% o de ión cloro expresado en peso

del cemento para hormigón pretensado, hormigón armado en ambiente húmedo y expuesto a cloruros y hormigón armado en ambiente húmedo no expuesto a cloruros, respectivamente. Se pueden usar sistemas de protección constituídos por recubrimientos sean de hormigón de muy baja razón agua-cemento, o de polímeros; o por membranas impermeables específicas, o por impregnación de polímeros; también puede ser ventajoso recubrir las barras de acero con epóxis.

El problema de detener la corrosión cuando ya se ha iniciado es difícil e incierto; la experiencia actual señala que es necesario, en esos casos, un plan de reparaciones continuas. Se han utilizado experimentalmente varios procedimientos para estos efectos (aparte de la solución natural que es picar las zonas corroídas y reemplazarlas), a saber: protección catódica, inyección de resinas, membranas impermeables, remoción de sales e impregnación profunda; algunos de ellos aparecen como muy promisorios.

Algunas clases de áridos reaccionan químicamente con ciertos componentes del cemento y dan lugar a expansiones, agrietamientos y pérdidas de resistencia. Las más importantes de estas reacciones son la de álcalis-árido, cemento-árido y carbonatos expansivos. Todas ellas están relacionadas con la existencia de álcalis en los cementos en porcentajes superiores a 0.6 y deben investigarse cuando no se tenga conocimiento del comportamiento de los áridos disponibles en construcciones anteriores. Hay métodos de laboratorio para juzgar la reactividad de los áridos. Si es fuerza usar áridos reactivos, debe especificarse con ellos un cemento de bajo contenido de álcalis y además, o en subsidio, incorporar un material puzolánico que se haya probado que contrarrestre la reactividad.

Una vez que se han producido daños en el hormigón se presenta el problema de reparar, para lo cual debe seguirse una metodología adecuada. En primer lugar, hay que definir el alcance de los deterioros y asegurarse de que la parte no dañada constituye una base estructuralmente suficiente

para reparar; en la misma etapa hay que determinar la causa de los daños. A partir de las conclusiones obtenidas se puede elegir la solución de reparación apropiada a las características de los daños. Una buena reparación exige eliminar todo el material afectado hasta encontrar hormigón sano, limpiar bien y eliminar las partículas sueltas, colocar algún adhesivo a base de cemento o de resinas para lograr continuidad entre el hormigón antiguo y el nuevo y luego usar mezclas de reparación de buena calidad, bien compactadas y curadas. En la actualidad se está recurriendo cada vez con más frecuencia a resinas epóxicas para reparar hormigón. Un problema diferente plantean las grietas que, según sean grietas activas o muertas, conviene sellarlas con un material deformable en el primer caso e inyectarlas en el segundo.

Para mejorar la durabilidad del hormigón se usa cada vez más hacerles una carpeta de recubrimiento. Hay muchos tipos, entre los cuales se debe elegir el que convenga al propósito y medio ambiente de que se trate. Un grupo de materiales, como aceite de linaza, siliconas, dan lugar a carpetas que repelen el agua y se aplican en películas de poco más de 1/10 de mm de espesor, Materiales plásticos y elastómeros en capas de hasta 1.5 mm de espesor prestan protección a las heladas y a soluciones fuertemente ácidas. Otros plásticos y resinas reforzadas con fibras, en espesores de hasta 6.5 mm, dan protección por más tiempo y a acciones de carácter más severa. Hay recubrimientos de morteros epóxicos y de morteros de poliéster y sistemas compuestos, en espesores de más de 6.5 mm, formados por baldosines resistentes a los ácidos colocados sobre membrana asfáltica, o ladrillos pegados con mortero resistente a los ácidos. En todos los casos la superficie del hormigón debe estar libre de partículas sueltas, de aceite o reactivos que disminuyen la adherencia y de agua; por otra parte la capa de hormigón por debajo del recubrimiento, hasta una profundidad de 6.5mm, es crítica, porque en ella se generan tensio-

nes de retracción, de diferencia de temperatura o de dilatación térmica y otras.

Todo indica que las capas de recubrimiento se usarán cada vez más a medida que se conozcan mejor sus propiedades y su comportamiento y por eso se están haciendo muchas investigaciones en esta área, incluyendo aplicaciones experimentales en obra.

E.G.G.

### Reparación de construcciones de hormigón.

NETHERLANDS COMMITTEE FOR CONCRETE RESEARCH. *Reparaties van betonconstructies. CUR, Informes 90 y 91*, noviembre 1977, 51 pp. y mayo 1978, 68 pp.

En el informe 90 se tratan las causas posibles de daños en las obras de hormigón armado, y se hace un análisis de los criterios que se aplican para establecer si es necesario reparar o demoler. Además se revisan los métodos existentes para obtener o determinar los datos que se requieren para tomar las decisiones adecuadas y se señalan cuáles son los datos y aspectos que importan para decidir si se repara o demuele.

Las consideraciones que se hacen en el informe conducen a varias conclusiones sobre la programación y ejecución de reparaciones, que se exponen a continuación.

En primer lugar, tanto para hacer un diagnóstico de las propiedades que debe tener el material de reparación, como para resolver sobre la preparación y ejecución del trabajo hay que hacer una neta distinción entre las reparaciones estructurales y las que tienen por finalidad mejorar la apariencia, la durabilidad o la utilización.

El establecimiento preciso y orientado de los daños requiere personal experto y muchas veces será recomendable contar con la asesoría de ingenieros consultores o de institutos especializados.

La posibilidad técnica de reparación y el límite económico entre reparación y reposición deben estudiarse individualmente en cada caso.

El comportamiento y la resistencia de las estructuras reparadas dependen en gran medida de las propiedades de resistencia y deformación del material de reparación y del hormigón antiguo y de la adherencia entre ambos y además de la magnitud de las cargas que actúen en la pieza dañada, durante la construcción.

En la actualidad hay un conocimiento incompleto sobre las propiedades de los materiales de reparación y sobre su comportamiento en trabajo solidario con las estructuras.

El informe 91 es una especie de manual práctico para la planificación y ejecución de reparaciones de elementos estructurales de hormigón por medio de productos a base de cemento aplicados por hormigonado en sitio o por gunita.

Se describen las aplicaciones de gunita y los procedimientos y equipos empleados, haciéndose una distinción entre métodos por vía seca y húmeda. Para este último, además, hay dos variantes: uno en que el aire comprimido se introduce inmediatamente antes de la descarga y otro en que el aire actúa desde el comienzo de la manguera de conducción. Los mejores resultados de resistencia y densidad se logran por la vía seca o por la segunda variante de la vía húmeda. Los estudios experimentales se limitaron a la vía seca.

Se exponen recomendaciones amplias sobre el método en sucesivos capítulos, apoyándose en las normas nacionales para el cálculo de obras de hormigón armado (*Voorschriften Beton 1974*). Para técnicas de aplicación o dosificación del mortero para gunita diferentes de las normales se hacen algunas sugerencias para el cálculo, ejecución y control de calidad, sin ánimo de dictar normas suplementarias.

Se suponen valores de cálculo - tales como de módulo de elasticidad, retracción, fluencia, resistencias a compresión, a tracción y a la adhesión - para gunita aplicada

por vía seca. Además se presentan los principales resultados y conclusiones de una investigación experimental sobre vigas y columnas en la cual se estudió el efecto de daños y reparaciones en la resistencia de estas piezas estructurales.

En el capítulo final se dan recomendaciones pertinentes a la ejecución de las reparaciones, tales como tratamiento preliminar, refuerzos y moldajes.

### Aplicación de ensayos no destructivos para determinar las propiedades del hormigón de cemento.

SEALS, R.K. y ANDERSON, D.A. *Application of non destructive testing techniques for evaluation of the engineering properties of portland cement concrete.* Partes I y II. West Virginia Department of Highways. Morgantown, West Virginia, enero 1975.

Respondiendo a la urgencia cada vez más presente de tener procedimientos precisos y rápidos para controlar la calidad del hormigón a fechas tempranas, se desarrolló este programa experimental. Sus objetivos eran; a) evaluar la respuesta dinámica de una serie de mezclas de hormigón y de formas de probetas con diferentes frecuencias de resonancia, amortiguamientos y velocidad de los pulsos; b) desarrollar relaciones y modelos matemáticos entre esas medidas dinámicas y las dosificaciones de las mezclas; c) encontrar relaciones y fórmulas para predecir las resistencias a tracción y a compresión a 28 y 90 días a partir de las medidas dinámicas hechas en las primeras etapas de endurecimiento del hormigón, y d) recomendar procedimientos de ensayos dinámicos que satisfagan los objetivos b) y c).

Se trató de cubrir un campo de variables en la composición de las mezclas, incluyendo cuatro áridos, tres razones agua cemento y dos contenidos de cemento y además se hicieron medidas a 1, 2, 7, 28 y 90 días.

La conclusión principal de este trabajo es que la medida de la velocidad de pulsos

a través del hormigón y de la frecuencia de resonancia hechas a 1 y a 2 días sirven igualmente para predecir la resistencia a largo plazo, pero por la sencillez de aplicación es preferible la primera.

Con respecto a la influencia de las diversas variables, se confirmó que la relación entre velocidad y resistencia es afectada por la velocidad de hidratación del cemento y por el tipo de árido, y que para tomar debida cuenta de esas influencias es preferible preparar curvas experimentales en obra, en lugar de usar coeficientes de correlación. Hay también un efecto del tiempo en la relación investigada, que se supone quedaría cubierto por la introducción del concepto de madurez tanto en la velocidad como en la resistencia en los casos en que intervengan temperaturas o edades de ensayo diferentes

### Curado acelerado y control de calidad del hormigón.

RAMASWAMY, N.M. y NAMBIAR, O.N.N. Accelerated curing and quality control of concrete. *The Indian Concrete Journal*, vol. 51, n° 7 (julio 1977), pp. 216 - 220.

Se hicieron experiencias para ver si el ensayo acelerado podía utilizarse para controlar la calidad del hormigón. El procedimiento de curado fue bajo agua a  $55^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. Se hizo la prueba con hormigones de 240, 300, 360, 415, 475 y 535 kilos de cemento por metro cúbico, cuyas resistencias medias a la compresión fueron respectivamente de 185, 270, 317, 366, 433 y 532  $\text{kgf/cm}^2$  a 28 días.

Los resultados mostraron que hay relaciones bien netas y definidas entre los valores obtenidos con curado acelerado y las resistencias a la compresión a 7 y 28 días con curado normal.

Es posible predecir las resistencias del hormigón a 7 y a 28 días con un alto grado de confianza, a partir de los ensayos

acelerados. En efecto, las desviaciones medias de éstos con respecto a los primeros fueron inferiores a 8<sup>o</sup>/o.

Las relaciones que se obtuvieron entre resultados con curado acelerado y con curado normal fueron lineales y no parecen ser afectadas por aditivos ni por el tamaño de las probetas.

El método es muy útil especialmente para plantas elaboradoras de hormigón, donde muy rápidamente se puede obtener una buena estimación de la resistencia a 28 días y hacer las modificaciones de la mezcla que correspondan.

Se estima que la exactitud de las predicciones se puede mejorar más introduciendo en el sistema un registrador automático de temperatura, de manera que los valores defectuosos debidos a interrupción de la corriente se puedan eliminar.

### Comportamiento del hormigón hidráulico: fisurabilidad y fragilidad. Estudio bibliográfico y crítico.

BARON, J. Comportement du béton hydraulique: Fissurabilité et fragilité. Etude bibliographique et critique. *Repport de recherche LPC nº 69*. Laboratorio Central de Puentes y Carreteras, octubre 1977, París, 64 pp.

El hormigón hidráulico es el material que más uso tiene hoy día entre los materiales de construcción. Rinde servicios desde hace siglos y ahora se enfrenta a la necesidad de sobrevivir y perdurar frente a un conjunto de materiales nuevos que se están desarrollando. Para ello el hormigón debe diversificarse, es decir, debe poder ser de alta resistencia en algunos casos; muy liviano en otros, y en otros de muy bajo costo.

Pero, por otra parte, será necesario mejorar sus características relativas a fisurabilidad y fragilidad, dos aspectos en que el hormigón es actualmente débil.

El autor hace un estudio bibliográfico del estado de la investigación sobre estos temas en el momento actual, con el objeto de elegir un programa de trabajo bien orientado hacia la resolución de esos problemas fundamentales.

Se hace una diferencia neta entre el comienzo de las fisuras y su propagación, siendo esta última la que puede dar lugar a rotura frágil.

El autor estima que es indispensable en las obras de hormigón aplicar la mecánica de ruptura, que es la disciplina que estudia la propagación de las fisuras. A pesar de las investigaciones que se vienen efectuando desde hace quince años, parece que todavía están sin resolver muchas dificultades y algunos resultados obtenidos pueden estar afectados de errores graves. El autor señala las precauciones que habría que tomar para proseguir esta línea de investigación, que es tan promisoriosa.

El problema de comienzo de las fisuras aparece vinculado al de la fisuración de las obras en ausencia de sollicitaciones mecánicas externas, bajo la acción de causas físico-químicas. Las fisuras realmente perjudiciales dañan las obras en la edad joven del hormigón, y por tanto, en la etapa en que es más fácil cambiar el comportamiento del material. Por eso aparece posible que las mismas investigaciones permitan a corto plazo reducir los riesgos de fisuraciones perjudiciales y, a largo plazo, simplificar las reglas del arte.

El autor precisa las ideas refiriéndose a dos problemas bien definidos y muestra cuáles serían los caminos indicados para abordarlos. Para evitar la fisuración plástica del hormigón fresco visualiza como solución el desarrollo de pastas de cemento de baja porosidad. Para contrarrestar la fisuración temprana, vinculada a la hidratación del cemento, apunta hacia la pretensión por expansión de origen químico.

### Efectos de choque sobre el hormigón armado.

KAVRYCHINE, M. Effects de choc sur le béton armé. *Annales de L'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics*, n° 356 (diciembre 1977), pp. 133–180.

Se presentan e interpretan resultados de ensayos de choque por caída libre de proyectiles rígidos sobre piezas de hormigón armado. Se usaron dos dispositivos de ensayo con altura de caída de 12 m y de 47 m y masas de 212 kg y 53 kg en el primer caso y de 330 en el segundo, y las piezas impactadas fueron bloques y vigas.

En el curso de las experiencias se obtuvieron resultados de gran interés.

Los ensayos hechos en los bloques mostraron que el hormigón puede resistir importantes fuerzas de contacto bruscas con la condición de que esté convenientemente reforzado por armaduras en la zona del impacto; el coeficiente de restitución de velocidades resulta bajo.

En las vigas se pueden producir dos modos de falla: a) instantáneamente por daños causados por las ondas de choque o por destrucción local por impacto, y b) por flexión durante el movimiento oscilatorio que sigue al impacto. La investigación se concentró principalmente en el modo b).

Las medidas de la flecha y de las deformaciones locales de la sección más solicitada de vigas isostáticas con choque central, mostraron una aceptable concordancia con los cálculos hechos tomando en cuenta sólo el modo fundamental (el momento de inercia se calculó despreciando el hormigón sometido a tracción).

La energía necesaria para la falla total de una viga por flexión dinámica se puede deducir de la energía de destrucción total en sollicitación estática, calculada a partir de la curva flecha-carga. Depende de la cuantía de la armadura transversal y es muy superior a la energía absorbida hasta

llegar al estado límite.

En el caso de que la falla ocurra por rotura de las armaduras antes de que el hormigón se rompa, el uso de hormigón reforzado con fibras reduce la energía necesaria para la destrucción por flexión.

A la vista de estos resultados se sacan conclusiones sobre el diseño de vigas que deben resistir impacto (cuantía, densidad de la armadura transversal, armadura de compresión).

Los resultados que conciernen a la falla de vigas por flexión dinámica son válidos también para otros efectos dinámicos diferentes del impacto, como por ejemplo acciones sísmicas.

### Aplicación del microscopio de barrido a estudios de fractura del hormigón.

DERUCHER, K.N. Application of the scanning electron microscope to fracture studies of concrete. *Building and Environment*, vol. 13, n° 2, pp. 135–141.

El hormigón sometido a compresión falla cuando un sistema de macrogrietas, que se van desarrollando a medida que aumenta la carga, se propaga en una extensión tal del material que éste ya no es capaz de soportar la carga. Muchos investigadores suponían que el mecanismo de falla del hormigón estaba ligado a un sistema de microfisuras internas. Sin embargo, la detección de tales microfisuras permanecen en la incertidumbre debido a las limitaciones de las técnicas experimentales.

Para mejorar las observaciones el autor desarrolló procedimientos especiales que permitieron someter a compresión probetas de hormigón dentro de la cámara de vacío de un microscopio electrónico de barrido (MEB). Una dificultad que hubo que vencer

fue secar previamente las probetas hasta humedad molecular sin generar microfisuras.

Se encontró que existían microfisuras en el hormigón antes de la aplicación de cargas, las cuales se atribuyeron a retracción y tenían las características de microfisuras de adherencia en la interfaz entre el árido y la pasta con extensiones hacia la matriz.

Tales fisuras se propagan hacia la matriz y se ensanchan al incrementarse el campo de tensiones. A medida que la compresión se acerca a la resistencia de rotura del hormigón esas microfisuras se transforman en macrogrietas y con el tiempo provocan la falla del elemento.

Haciendo crecer la magnitud de las compresiones, ya al llegar a valores tan bajos como un 15% de la resistencia a la rotura, las microfisuras de la matriz se ensanchan y propagan hasta el punto de empezar a hacer conexiones entre las microfisuras de adherencia.

A 45% de la rotura la interconexión es casi total.

Con compresiones de 75% de la rotura comienzan a conectarse las microgrietas de la matriz y se supone que si se hubiera seguido incrementando la compresión tales grietas continuarían ensanchándose y propagándose hasta producir la falla del hormigón.

Para mejorar las observaciones el autor decidió usar el microscopio electrónico de barrido (MEB) en razón de su clara ventaja sobre el microscopio óptico y el electrónico de transmisión. Fue necesario desarrollar procedimientos ad-hoc para contrarrestar dos importantes limitaciones del instrumento. Una de ellas es que el espacio disponible para la colocación de la probeta, incluido el dispositivo de ensayo, era la cámara de vacío, de 13 x 18 x 4 cm, y en consecuencia hubo que diseñar especialmente tanto la una como el otro. La otra dificultad es que por el alto vacío de la cámara, las probetas no deben contener agua evaporable y por tanto había que someterlas previamente a un secado que no generara microfisuras; tal objetivo se consiguió con un procedimiento de cuatro

ciclos de 25 días de duración combinado con observación con microscopio óptico para confirmar que no se generaban microgrietas.

### Silicatos cálcicos hidratados obtenidos mediante síntesis hidrotérmica.

ARNADO, J.R. y CASALS, P.E.  
Memoria para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, diciembre 1977.

El objetivo fundamental de este trabajo ha sido estudiar el comportamiento de mezclas de cal y sílica finamente molida tratadas en autoclave, frente a distintos ensayos y análisis, con el propósito de explorar su utilización en hormigones livianos.

El trabajo comprende dos etapas diferentes. La primera corresponde a una recopilación de antecedentes bibliográficos que se ha desarrollado a través de los tres primeros capítulos. En ellos se han abordado temas tales como aspectos generales sobre los silicatos cálcicos, tecnología de los tratamientos en autoclave y una síntesis de la química de los silicatos cálcicos.

Esta primera etapa fundamenta el desarrollo de la parte experimental. En ésta se han determinado las propiedades más importantes de estas mezclas; tales como: resistencias a flexión y compresión, variaciones dimensionales, absorción y saturación, aislaciones acústicas y térmicas y adherencia con el acero.

En general, estas mezclas presentaron buena resistencia a la compresión y aceptables valores de aislación térmica y acústica, con peso inferior a los hormigones tradicionales. Sin embargo, los resultados de las variaciones dimensionales abarcaron un amplio rango de valores no todos satisfactorios.

Este trabajo se realizó en la Sección Aglomerantes de IDIEM y fue dirigido por el profesor Mauricio Ossa.