

---

## BIBLIOGRAFIA

---

### Cenizas volantes para uso en el hormigón. Revisión crítica.

BERRY, E.E. y MALHOTRA, V.M. Fly ash for use in concrete. A critical review. *Journal of the American Concrete Institute*, Proceeding, vol. 77, n<sup>o</sup> 2 (marzo-abril 1980), pp. 59-73.

En este trabajo se hace una revisión crítica de la información más importante que se ha publicado sobre cómo afecta la incorporación de cenizas volantes a las propiedades del hormigón fresco, a la dosificación y al comportamiento y durabilidad del hormigón endurecido.

Se presentan los resultados experimentales obtenidos por diversos autores, principalmente en forma de gráficos, sobre diversas propiedades de hormigones con ceniza volante comparada con las de un hormigón normal de control.

Así se muestra que la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada trabajabilidad es menor en los hormigones con cenizas, debido al pequeño tamaño y a la forma esférica de las partículas de éstas; la exudación y la tendencia a segregación también disminuye en esos hormigones.

El desarrollo de calor de hidratación es más lento cuando se sustituye cemento por igual cantidad de puzolana y también es más lento, en esas condiciones, el desarrollo de resistencia. Hay claras evidencias, además, de que el uso de cenizas volantes, en reemplazo parcial del cemento, y más aun como adición, aumenta la durabilidad de los hormigones a los ataques por sulfatos, por agua de mar, y en general a ataques químicos. Esta mayor resistencia se explica

porque las cenizas volantes reducen el contenido de hidróxido de cal liberado por la hidratación del cemento y adicionalmente reducen la permeabilidad del hormigón.

Como un resumen general de todos los aspectos revisados los autores concluyen que inmediatamente después del mezclado la hidratación del cemento no varía con la presencia de cenizas volantes, a medida que continúa el curado las cenizas dan lugar a efectos cementantes si, y sólo si, son adecuadas como puzolanas y la masa retiene o es provista de agua suficiente para sostener la acción puzolánica. En estas condiciones se llega a una etapa en que la resistencia, o tal vez con más propiedad la razón gel-espacio, del hormigón con cenizas es igual a la de un hormigón normal comparable. Antes de alcanzar esa etapa el hormigón con cenizas tiene menos durabilidad, menos resistencia y es más permeable que el otro, pero a partir de ella supera cada vez, en todas ellas, al hormigón normal.

### Hormigón de alta resistencia, pasado, presente y futuro.

SAUCIER, K.L. High-strength concrete, past, present, future. *Concrete International*, vol. 2, n<sup>o</sup> 6 (junio 1980) pp. 46-50

Este trabajo presenta el estado actual del hormigón de alta resistencia, señala la investigación que hace falta y la información y experiencia que se requiere para que el hormigón de alta resistencia sea ampliamente aceptado. El tema se examina a tres niveles de resistencias: 1) el rango actual de 350 a 700 kgf/cm<sup>2</sup>, 2) el escalón alcanzable de 700 a 1000 kgf/cm<sup>2</sup>, y 3) el

campo que supera los 1000 kgf/cm<sup>2</sup>.

El primer intervalo, en especial su parte superior, se alcanza con bajas razones agua cemento, altas dosis de cemento, áridos chancados de buena calidad, aditivos reductores de agua y preparación y control cuidadoso.

Puede lograrse las resistencias del segundo tramo con la tecnología actual llevada al máximo de sus potencialidades. La razón agua cemento debe estar bajo 0.30. Hay que recurrir a un premezclado de la pasta a alta velocidad. Debe usarse superplastificantes. Puede ser conveniente la compactación bajo presión hasta de 7 kgf/cm<sup>2</sup>, en especial en prefabricados y pretensados. Debe prolongarse el período de curado. La impregnación con polímeros del hormigón o la adición de polímeros al cemento en la etapa de mezclado elevan la resistencia grandemente. Casi está de más decir que la preparación y el control deben ser extremadamente cuidadosos.

El último escalón es el del futuro. Antes de entrar a él se necesita investigar varios problemas en relación con hormigones muy secos y seguramente muy frágiles. Las técnicas que hay que emplear para obtener resistencias superiores a 1000 kgf/cm<sup>2</sup> son todavía poco conocidas o imprácticas. Puede incluir el uso de pastas de muy baja porosidad; compactación por combinación de presión y vibración de ultrafrecuencia; aprovechamiento de la reacción sílica cal y uso de nuevos materiales.

### Posibilidades actuales de utilización de hiperfrecuencias en ingeniería civil. Estudio bibliográfico.

BAILLOT, C. *Rapport de recherche LPC n° 95*; Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, julio 1980, 68 pp.

Esta revisión bibliográfica reúne las aplicaciones puestas en conocimiento del autor hasta junio de 1979.

Está dividida en dos partes, la primera

engloba los principios básicos de física en que se funda el uso de microondas. Las leyes de propagación en diferentes medios permiten presentar las propiedades de las microondas y las aplicaciones en ingeniería civil que pudieran resultar. Se exponen nociones sobre la propagación guiada de las ondas electromagnéticas y de la generación y amplificación de las hiperfrecuencias. Estas nociones de carácter general permiten familiarizarse con una terminología y una tecnología especial.

En la segunda parte se hace una revisión de las actuales aplicaciones registradas en la documentación disponible. Se las clasifica en dos categorías según las propiedades físicas empleadas.

La primera se refiere a las aplicaciones asociadas con las propiedades de propagación. Estas propiedades podrían introducir nuevas soluciones a diversos problemas tales como la detección de los defectos de estructura, la medición de espesores o la caracterización geométrica de las superficies.

La segunda se refiere a los fenómenos de interacción radiación-materia. Existen posibilidades para medir la humedad o la temperatura de los materiales. Se citan numerosas aplicaciones energéticas de las microondas en campos tales como la fusión de los compuestos hidrocarbonados, el secado o la fragilización de los materiales.

En un apéndice se tratan los problemas que plantea el uso de microondas (contaminación electromagnética, protección contra riesgo de exposición) y la legislación que hay al respecto.

### Trabajabilidad y resistencia del hormigón superplastificado.

RAMAKRISHNAN, V.; COYLE, W.V. y PANDE, S.S. Workability and strength of superplasticised concrete. *Indian Concrete Journal*, vol. 54, n° 1 (enero 1980), pp. 23-27.

En este trabajo se presentan los resultados de una investigación experimental sobre la trabajabilidad de hormigón superfluido y

hormigón normal en términos comparativos. Se varió la razón agua cemento, la temperatura inicial del hormigón y el contenido de aire. Al hormigón fresco se le midió el descenso de cono, el tiempo en el ensayo de consolidación V-B, el contenido de aire y el peso unitario hasta 100 minutos después del mezclado.

La adición de superplastificantes aumentaba considerablemente el descenso de cono sin aumentar la segregación ni causar exudación excesiva.

Se producía pérdida de trabajabilidad con el tiempo tanto en el hormigón superfluido como en el hormigón normal y esa pérdida era proporcional al descenso de cono inicial y tenía una tasa mayor en el intervalo de 40 a 60 minutos. En un lapso de 80 minutos se perdía de 60 a 80% de descenso de cono. En un intervalo de 40 a 100 minutos—según el descenso inicial de cono, la temperatura inicial y el tipo de superplastificante— el descenso del hormigón superfluido caía al valor inicial del hormigón normal.

La tasa y la cantidad de decremento del descenso dependía del tipo de superplastificante usado.

Por último, las propiedades del hormigón endurecido, como resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, no parecían ser afectadas adversamente por la incorporación de superplastificantes.

### Trabajabilidad del hormigón fluido.

BANFILL, P.F.G. Workability of flowing concrete. *Magazine of concrete research*, vol. 32, n° 110 (marzo 1980), pp. 17 a 27.

Las características de trabajabilidad de los hormigones se definen por dos constantes, que son la fluencia inicial y la viscosidad, lo cual supone comportamiento de Bingham. En el aparato de Tattersall esas constantes están relacionadas con unos parámetros  $g$  y  $h$  respectivamente.

En este trabajo se ha estudiado el efecto de la dosis de aditivos superplastificantes en la trabajabilidad del hormigón por medio

del aparato de Tattersall.

Se estableció que el hormigón tiene características de fluido cuando  $g$  es menor que 2 Nm (equivalente a una tensión de fluencia inicial de 350 N/m<sup>2</sup>). El aumento de la dosis de aditivo reduce  $g$ , pero incrementa  $h$ , hasta una dosis de 0.7% en peso de la fracción sólida del aditivo en relación al cemento y con dosis más altas se producen mezclas inestables con mucha tendencia a la segregación. Un hormigón es autocompactante, o fluido, cuando su tensión de fluencia inicial es tan baja que puede ser vencida por su propio peso, la viscosidad sólo determina la velocidad de fluencia pero no influye en la fluencia inicial.

En las experiencias se usaron dos tipos de aditivos, uno de formaldehído de melamina sulfonata y el otro de formaldehído de naftaleno sulfonado y ambos tuvieron igual comportamiento sobre la base de iguales concentraciones del componente activo (fracción sólida). Hubo diferencias, sin embargo, en el cambio de las propiedades reológicas con el tiempo según el tipo de resina empleada. En todos los casos, al transcurrir el tiempo crecen tanto la fluencia inicial como la viscosidad (el hormigón pierde trabajabilidad) pero con formaldehído de melamina sulfonata la velocidad de crecimiento es de dos a tres veces la que se produce con el otro aditivo o sin aditivo. Se recuperó la trabajabilidad inicial agregando una segunda dosis de superplastificante hasta dentro de 60 minutos con uno de los aditivos y hasta 160 minutos con el otro.

### Perfeccionamiento del ensayo de trabajabilidad por el método de los dos puntos y ampliación de su rango.

TATTERSALL, G.H. y BLOOMER, S.J. Further development of the two-point test for workability and extension of its range. *Magazine of concrete research*, vol. 31, n° 109 (diciembre 1979), pp. 202-210.

La medida de la trabajabilidad del hormi-

gón se ha hecho tradicionalmente por métodos empíricos de fácil aplicación práctica en obras. Pero para tener resultados que se puedan interpretar teóricamente y en los cuales basar el cálculo de las constantes reológicas del hormigón se necesitan viscosímetros o reómetros. Muchos aparatos de éstos han sido propuestos y utilizados y poco a poco se han ido resolviendo las fallas de las versiones preliminares.

En este trabajo se da cuenta de un modelo que mejora otro anterior de uno de los autores. El modelo previo es un mezclador cuya paleta de rotación planetaria se reemplazaba por un gancho y da buenos resultados con hormigones de trabajabilidad baja a media, pero no es apropiada para hormigones de alta trabajabilidad. Para cubrir este rango, los autores diseñaron un aparato que consta de un recipiente cilíndrico, donde se coloca el hormigón, en cuyo interior se hace girar coaxialmente una hélice segmentada movida por transmisión hidráulica. El torque se determina midiendo la presión del aceite.

Con este aparato se determina el torque necesario para producir un giro de la hélice sumergida en el hormigón a diversas velocidades. La curva torque-velocidad, asimilable a una recta para todos los fines prácticos da los dos puntos o valores que se necesitan para caracterizar la pasta fresca, supuesta con comportamiento de Bingham: tensión inicial de fluencia y viscosidad plástica.

Este aparato se está probando en laboratorios y en obras en Gran Bretaña y se espera que reemplace a los ensayos empíricos actuales, que son intrínsecamente incapaces de dar información cuantitativa de validez reológica.

### **Procedimiento para la inspección y recepción de obras de hormigón armado en altura.**

TERAN, L. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, junio 1980.

Esta memoria constituye un trabajo de in-

vestigación que ha tenido por objeto el estudio de la precisión en la ejecución de obras de hormigón armado en altura, en nuestro país.

Ha sido requisito en el desarrollo de este estudio, llevar a efecto un trabajo práctico en obras de construcción actual, en las cuales se han realizado mediciones geométricas dimensionales y se ha obtenido como resultado una estimación de las variaciones dimensionales típicas en la construcción, que han dado una primera aproximación del nivel de precisión existente en la actualidad en el proceso de ejecución de proyectos constructivos.

Conocidas estas variaciones dimensionales y el nivel de precisión existente, consecuentemente se han determinado valores porcentuales de efectos de sobre tensiones estructurales y las variaciones dimensionales mismas encontradas dan una tendencia para la fijación de valores límites.

Según lo anterior se concluye entonces que es posible establecer valores tolerables máximos y mínimos según sea el caso, con el propósito de mejorar la calidad de la construcción, lograr efectos de progreso y beneficio en la seguridad y en los costos de la construcción futura.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y fue dirigido por el Sr. Ernesto Gómez.

### **Estudio experimental de morteros de albañilería.**

NUSSER, J.M. y MUÑOZ, M.O. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, junio 1980.

El objetivo fue encontrar aquellos morteros para albañilería que den la mejor adherencia a la tracción y al cizalle para unidades de ladrillos arcillosos.

Se estudió una serie de dosificaciones incluyendo cal hidráulica Polpaico y aditivo incorporador de aire, evaluándose las propiedades del mortero en estado fresco y

endurecido.

Algunas de las conclusiones más importantes son:

Se recomienda la utilización de la serie de morteros 1:3 (aglomerante:arena) con una fluidez del 135%.

La cal que se emplea en nuestro país en reemplazo del cemento no mejora la adherencia, disminuyendo la resistencia mecánica de los morteros y mejorando sólo en forma limitada la retentividad.

El aditivo plastificante - incorporador de aire utilizado actúa como retardador de fragua, pero las resistencias se mantienen prácticamente constantes hasta para un 27% de aire incorporado. Se origina un mortero de alta trabajabilidad, pero no se observan mejorías en la adherencia.

La calidad de las albañilerías en obra se ve mejorada mediante un estricto control en lo que respecta a verificar la trabajabilidad y la dosificación de los morteros.

En morteros de obra en que se controló su ejecución, los resultados fueron superiores a los no controlados.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y fue dirigido por el Sr. Federico Delfín.

### Soluciones sólidas de alumina-cromita; cinética de formación entre 700 y 1.300°C.

DIAZ, A. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil de Minas. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, agosto 1980.

En el presente trabajo se aborda el estudio de la reacción entre óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) y óxido de cromo III ( $Cr_2O_3$ ) en el rango de temperaturas de 700 a 1.300°C, para contenidos de alumina entre 70 y 90%.

El procedimiento utilizado consistió en medir el desarrollo y evolución experimentado por las soluciones sólidas formadas durante los tratamientos térmicos de probetas de alumina con adiciones de cromita, utilizando difracción de rayos X.

Los resultados obtenidos indican que el transporte y transferencia de masa inter- e intra-granular es el factor que predomina en el proceso global de sinterización y compactación.

Mediciones de la porosidad y la densidad aparente mostraron variaciones menores que 3,8 y 1,5% respectivamente, lo que indica que no son afectadas por la formación de las soluciones sólidas. Mediciones de resistencia a la compresión dieron valores comprendidos entre 65 y 2428,8 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una variación significativa y proporcional a la formación de las soluciones sólidas.

Los modelos difusionales que muestran un alto grado de correlación con los resultados experimentales, no permiten discriminar cuál de ellos representa el proceso global involucrado.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y fue dirigido por el Sr. Germán Piderit.

### Empujes sobre elementos de contención por compactación de rellenos.

MEZA, M. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, septiembre 1980.

Las presiones laterales sobre elementos de contención al existir compactación de rellenos detrás de ellos resultan mayores a las supuestas tradicionalmente en los cálculos de ingeniería.

Para abordar el problema se analizan algunas experiencias en las cuales se midieron las presiones laterales de tierra generadas durante la compactación en muros de contención y estribos de puentes. Además se estudian varios métodos empíricos y teóricos para predecir presiones cuyos valores se comparan con los obtenidos experimentalmente.

Se concluye que el método de Froms es el más adecuado para predecir las presiones laterales remanentes en muros rígidos y

flexibles. Además se demuestra que la altura del muro y el equipo de compactación son factores relevantes en lo relativo a la importancia de las tensiones inducidas por la compactación. También se concluye que es recomendable arriostrar las estructuras deformables durante el proceso de compactación para luego quitar dicho arriostramiento con el fin de aliviar, en parte, las tensiones laterales atrapadas.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y fue dirigido por el Sr. Pedro Ortigosa.

### Recubrimientos de protección para estructuras de hormigón armado.

CAMPOS, D. y GIGLIO, M. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, septiembre 1980.

En este trabajo, se plantea una metodología para seleccionar un recubrimiento de protección de estructuras de hormigón, expuestas a condiciones ambientales agresivas.

Se consideraron como propiedades fundamentales de un recubrimiento las siguientes:

- Compatibilidad con las deformaciones y grietas del hormigón
- Adherencia
- Resistencia a tracción
- Ductilidad
- Durabilidad en condiciones de servicio

De estas propiedades, la primera demostró ser la más significativa para la evaluación de los recubrimientos epóxicos, ya que permite obtener indicaciones de la ductilidad del recubrimiento y adherencia al hormigón. En cuanto a la adherencia de las formulaciones epóxicas al hormigón, ésta resultó ser generalmente óptima.

Para que las formulaciones epóxicas soporten el agrietamiento de la base, deben tener alargamientos a la rotura mayores del 6%, medidos en ensayos de tracción.

En el estudio se incluye un programa de ensayos que permitirá la evaluación del recubrimiento después de 1 y 3 años de exposición natural. Los resultados obtenidos después de 4 meses de exposición demuestran que las propiedades mecánicas del recubrimiento no se alteran, aun cuando se observan alteraciones en cuanto a color y brillo.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y fue dirigido por el Sr. Federico Delfín.