

---

## BIBLIOGRAFIA

---

**Proposición de modificación de la norma de hormigón armado, ACI 318-63.**

ACI COMMITTEE 318. Proposed revision of ACI 318 - 63. Building code requirements for reinforced concrete. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings*, vol. 67, nº 2 (febrero 1970) pp. 77 - 186.

Este informe del Comité 318 del ACI es una proposición de revisión de la norma de hormigón armado, que anteriormente se había revisado en 1956.

Estas dos sucesivas revisiones, a intervalos de 7 años entre sí, son un índice de la rapidez con que se están produciendo cambios en el conocimiento del hormigón, en que se acentúa el tratamiento como material compuesto, concepto que abre el camino a una comprensión más precisa del modo de actuar de este material y en consecuencia reclama procedimientos de cálculo y disposiciones constructivas más ajustadas a ese mejor conocimiento.

Si bien esta norma no tiene carácter oficial en EUA, está redactada de manera que se pueda incorporar in extenso o por simple referencia a una ordenanza general de construcción o a contratos específicos.

La norma está compuesta de 6 partes, que contienen 20 capítulos, más 3 apéndices. Los temas incluidos constan de una introducción general, especificaciones y ensayos de materiales, requisitos de construcción, disposiciones e hipótesis de cálculo, modalidades de piezas o sistemas estructurales especiales, consideraciones especiales, un apéndice sobre disposiciones para cálculo sísmico, un apéndice de simbología y uno sobre e-

quivalentes métricos.

La estructura y el contenido global de esta versión son muy semejantes a los de la anterior, de 1963, pero hay modificaciones, supresiones y agregados. Felizmente, al término de la norma se da una extensa y generosa explicación y comentario de los cambios, que hace fácil referirse a los más importantes de ellos.

En el Capítulo 1 de generalidades hay una modificación sencilla pero muy importante y muy de actualidad, ya que se acepta la información entregada por computadores y los análisis por modelos en la presentación de planos y cálculos.

El Capítulo 4, calidad del hormigón, ha tenido muchos cambios. Por ejemplo, para elegir la razón agua-cemento se recomienda usar mezclas de prueba de preferencia a datos contenidos en tablas; otra innovación consiste en fijar la resistencia media para dosificar basándose en consideraciones estadísticas que aseguran, con un determinado grado de probabilidad, la tensión mínima o de cálculo. El hormigón se acepta si todas las medias de laboratorio de tres ensayos consecutivos igualan o exceden a la resistencia mínima y si, además, ningún valor individual es inferior al mínimo en más de 500 psi.

En el Capítulo 5, sobre mezcla y colocación del hormigón, hay pocos cambios, al igual que en el siguiente, sobre moldaje, cañerías embutidas y juntas de construcción.

El Capítulo 7 trata sobre detalles de la enfierradura y en él se han incorporado modificaciones sobre los diámetros de los ganchos y de las dobladuras, sobre condición superficial de los fierros, espaciado, empalmes, armadura transversal, armadura de retracción y de efectos de temperatura y recubrimiento de

las armaduras.

En la Parte 4, que comprende los capítulos 8 al 12, se presentan las hipótesis de cálculo, los requisitos de resistencia y aptitud para el servicio, tanto en el aspecto general, como para los casos particulares de flexión, compresión, cizalle y torsión, además se dan las longitudes de empalme de las armaduras.

El procedimiento de cálculo propuesto es de resistencia al límite o a la rotura, que ya estaba incorporado en la versión de 1963 a parejas con el procedimiento de cálculo basado en tensiones admisibles; en esta revisión este último procedimiento ha sido suprimido. Por otra parte, se establece que el cálculo debe hacerse con cargas aumentadas por un cierto factor y resistencias reducidas por otros factores, en lo cual se comparte el criterio del Comité Europeo del Hormigón, aunque con diferencias en la forma.

Respecto a los requisitos de resistencia y de aptitud para el servicio no hay muchos cambios con relación a la versión de 1963, solamente se hace especial hincapié en la necesidad de limitar las deflexiones y las aberturas de las grietas para las cargas reales de servicio. Este último aspecto está desarrollado en el Capítulo 10, sobre flexión y cargas axiales, en que se da una fórmula para calcular el ancho de las grietas y disposiciones para distribuir la enfierradura. En este mismo capítulo se introducen sustanciales modificaciones relativas a columnas esbeltas y a estabilidad lateral. En el capítulo sobre cizalle y torsión hay muchas nuevas proposiciones, lo que es consecuencia del hecho de que el problema del cizalle ha sido tema de muchas investigaciones que han aclarado algunos de los tantos puntos oscuros que se mantenían desde hace mucho tiempo en torno a ese problema.

El Capítulo 12 establece los requisitos de adherencia en términos de longitud de anclaje de las enfierraduras, dejando de lado las tensiones admisibles de adherencia, lo que simplifica el tratamiento.

En la Parte 5 se tratan elementos o sistemas estructurales. Aparecen los mismos capítulos de la versión anterior, a saber: losas continuas, muros, zapatas de fundación, hormigón prefabricado, piezas compuestas, hormigón pretensado, pero se

agrega un capítulo sobre cáscaras y placas corrugadas. En el capítulo 13, sobre losas, hay cambios importantes, que son consecuencia de un conocimiento más preciso del tema adquirido como resultado de abundantes investigaciones analíticas y experimentales realizadas en los últimos 15 años. Si bien el tratamiento está más actualizado, todavía no se ha llegado a incorporar el método de las líneas de rotura de Johansen que en la actualidad es el criterio básico para evaluar la capacidad de resistencia de las losas y que el Comité Europeo del Hormigón ha adoptado como hipótesis de trabajo en sus experimentaciones y discusiones.

La parte 6 es nueva y se refiere a la evaluación de la resistencia de estructuras existentes. Se acepta que esta evaluación se puede hacer por procedimientos analíticos, por pruebas de carga o por una combinación de ambos. Si se hace la verificación por cálculo, éste debe basarse en las dimensiones reales de la estructura, así como en las resistencias reales de los materiales, obtenidas ambas por muestreos realizados en la obra. En lo que se refiere a pruebas de carga se indica el procedimiento a seguir.

Se dan los criterios de aceptación y se indica lo que procede hacer cuando la prueba pone de manifiesto defectos o debilidades de la estructura.

El Apéndice A es también nuevo y se refiere a provisiones especiales para estructuras de hormigón armado en zonas sísmicas. El criterio sustentado es de reducir las fuerzas sísmicas valiéndose de sistemas estructurales dúctiles que contienen elementos que tienden a desarrollar articulaciones plásticas en su estado límite, de preferencia a aquellos que desarrollan tipos de rotura menos dúctiles como son por cizalle, por compresión.

Para terminar este comentario conviene hacer presente que muchos de los capítulos explicativos de las modificaciones se cierran con una lista de referencias de publicaciones en que aparecen tratadas y probablemente se basan las disposiciones nuevas de esta proposición de normas. De un total de 64 referencias, 53 son del año 1963 o posteriores, lo que señala que este Comité se ha mantenido muy al día en cuanto a la información utilizada.

**Una norma estructural con criterio probabilístico.**

CORNELL, C. A. A probability-based structural code. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings*, vol. 6, nº 12 (diciembre 1969) pp. 974 - 993.

Desde hace más de 20 años se empezó a reconocer en la literatura sobre temas estructurales la importancia fundamental de la teoría de las probabilidades en la seguridad y en el comportamiento de las estructuras. Sin embargo, salvo algunos intentos bastantes tímidos en algunas normas europeas, en general no se han incorporado los conceptos probabilísticos a las normas de cálculo.

Se han aducido muchas razones para justificar esta reticencia, y algunas de ellas son válidas. Está la falta de información estadística sobre muchas de las incertidumbres implicadas en el cálculo estructural; está la complejidad del cálculo basado en consideraciones probabilísticas en su actual estado de desarrollo; están ciertos dilemas legales que se abren al aceptar niveles de probabilidad de fallas, y por último, está el hecho de que los datos que se puedan reunir serán siempre insuficientes para obtener una estimación confiable de la probabilidad de falla: el tamaño de la muestra debe ser de varios millones.

Por estas razones, este trabajo propone una estructura básica de norma con fundamentación probabilística, en la cual se toman en cuenta las objeciones mencionadas previamente. Para ello se definen las cargas, las resistencias y los demás parámetros de cálculo en términos de sus valores más probables (medias) y de sus dispersiones (desviación estándar o coeficiente de variación), sea que sobre ellas se tenga información estadística o sea que solamente se tenga una estimación profesional de la incertidumbre. También, se acepta que es un aspecto fundamental de los procesos de la ingeniería el valerse de hipótesis simplificatorias, de manera que no se descartan - en el análisis probabilístico - aquéllas que permitan abordar problemas estructurales complejos. Además en el cálculo probabilístico mismo se introducen simplificaciones y aproximaciones. El aspecto legal se enfrenta fijando cargas y resistencias no-

minales. Por último no se hace ninguna suposición sobre la forma precisa de las distribuciones de frecuencia.

En este trabajo se presenta un bosquejo formal de la norma seguido de un ejemplo numérico, y en un apéndice se tratan los aspectos más analíticos, se exponen las hipótesis probabilísticas detalladas y se eligen algunos valores numéricos para los principales parámetros.

E. GOMEZ

\* \*

**Una hipótesis sobre el mecanismo de fluencia lenta del hormigón en relación con la compresión triaxial.**

GOPALAKRISHNAN, K. S., NEVILLE, M. A. y GHALI, A. A hypothesis on mechanism of creep of concrete with reference to multiaxial compression. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings*, vol. 67, nº 1 (enero 1970) pp. 29-35.

Se hace la sugerencia de que la fluencia lenta en el hormigón se debe a difusión orientada de la humedad interna, provocada por un gradiente de energía libre y a deformación lenta del esqueleto elástico del gel inducida por deformación viscosa del agua absorbida. El tipo de difusión de humedad que se sugiere hace pensar que las deformaciones por fluencia lenta pueden no ser superponibles en un régimen de tensiones multiaxiales. Se muestra que la recuperación de la fluencia depende a la vez del grado de fluencia en el momento de la descarga y de la magnitud de la deformación elástica.

Se propone un modelo reológico formado por tres elementos en paralelo. Uno de ellos corresponde a la deformación viscosa; otro a la difusión de humedad, y en él hay dos piezas de absorción según la idea de Powers, y el tercero, a la deformación elástica del cemento no hidratado.

Por último se presentan algunos datos experimentales que concuerdan bastante bien con las hipótesis expuestas.

E.G.

**Durabilidad de los muelles de hormigón armado en los puertos noruegos.**

GJØRV, O. E. Durability of reinforced concrete wharves in norwegian harbours. *Matériaux et constructions* vol. 2, nº 12 (noviembre - diciembre 1969) pp. 467 - 476

Recientemente se hizo una inspección en terreno de 219 muelles de hormigón armado construídos en Noruega en los últimos cincuenta años. Las estructuras representan más de 190.000 m<sup>3</sup> de cubiertas de hormigón armado soportadas sobre 5.000 pilares esbeltos de hormigón armado colocado bajo agua. La condición general por debajo del nivel de baja marea es buena, lo que prueba que el hormigón armado puede colocarse bajo agua con éxito, aun en secciones relativamente delgadas. Entre los niveles de mareas fluctuantes se observa que hay deterioro que progresa a un ritmo muy lento. Por encima de la alta marea las vigas de cubierta evidenciaron ser particularmente vulnerables a la corrosión del acero, pero en conjunto, ni las losas ni los muros expuestos al mar mostraron disminuciones serias de resistencias. En la discusión se hace ver que las vigas de cubiertas debieran ser o de poca altura o suprimirse en todas las estructuras de hormigón armado expuestas a ambientes marinos rigurosos.

\* \*

**Resistencia y deformación del hormigón en tracción y compresión simples.**

JOHNSTON, C. D. Strength and deformation of concrete in uniaxial tension and compression. *Magazine of concrete research* vol. 22, nº 70 (marzo 1970) pp. 5 - 16.

Se examina la influencia de los parámetros de la mezcla en la resistencia y en la deformación de hormigón simple sometido a solicitaciones de compresión o de tracción uniaxiales. Los parámetros considerados son la razón agua/cemento efectiva, la razón cemento/agregado, el tamaño máximo y la granulometría del árido definida en términos del tamaño medio de grano, y la resistencia, el módulo

elástico y el valor de aplastamiento del árido grueso. Se relacionan las resistencias a la tracción y a la compresión y las deformaciones a la rotura por tracción y al 50% de la tensión de rotura por compresión con cada uno de los parámetros, expresando los valores en forma relativa. De los resultados obtenidos con 94 mezclas se elaboraron diagramas que permiten predecir con bastante aproximación cualesquiera de las propiedades estudiadas para un conjunto de mezclas bastante amplio.

Se comprobó que la variación de la razón agua/cemento tiene más repercusión en compresión que en tracción, mientras que la influencia del cambio de tamaño medio del árido o de su módulo elástico es mayor en tracción. El aumento del tamaño máximo del árido y de la proporción del árido grueso disminuye tanto la resistencia a tracción como a compresión. Las resistencias aumentan, pero las deformaciones disminuyen, al aumentar el módulo elástico del agregado. La curva de tensiones-deformaciones en tracción es independiente de los parámetros de la mezcla si las tensiones y deformaciones se expresan como porcentajes de los valores de rotura.

E.G.

\* \*

**Hormigón en masa para presas y otras estructuras masivas.**

ACI COMMITTEE 207. Mass concrete for dams and other massive structures. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings*, vol. 67, nº 4 (abril 1970) pp. 273-309.

Este es un informe en que se analizan las prácticas empleadas en la preparación de hormigón en grandes masas y las propiedades resultantes, con el propósito de proporcionar una guía a aquellos que proyectan o construyen obras donde se utiliza hormigón masivo.

Se hace primero una historia del desarrollo del hormigón en masa, en EUA, que señala la evolución desde antes de 1.900 hasta nuestros días. Al comienzo todo el

procedimiento de obtención del hormigón se basaba en reglas empíricas muy toscas y los materiales mismos eran de precaria calidad. Desde esa etapa inicial se avanzó en forma lenta al principio y rápidamente después hasta llegar a la actualidad, en que se pueden obtener propiedades prefijadas del hormigón masivo, y se sabe controlar el desarrollo de calor, prevenir los agrietamientos indeseables y evitar, casi, las juntas de construcción.

La actual práctica en EUA consiste en usar dosis bajas, inferiores a 200 kg de cemento/m<sup>3</sup>, en grandes presas gravitacionales y algo más en presas altas del tipo de arco. Se usa preenfriamiento del agua de amasado y de los agregados, asegurando una temperatura del hormigón fresco no superior a 10° C. Se ha abandonado la resistencia a 28 días como índice de calidad y se la reemplaza por la resistencia a 1 y a veces a 2 años. Se usan puzolanas en proporción de 1 parte por cada 2 o 3 de cemento para mejorar la trabajabilidad y reducir el desprendimiento de calor. Se usan también aditivos incorporadores de aire, reductores de agua y retardadores de fraguado.

El informe desarrolla en los capítulos siguientes todos los temas de interés. Se presentan primero los requisitos que deben cumplir los materiales usados (cementos, puzolanas, aditivos, árido, agua) los principios generales para dosificar y las recomendaciones para reducir el desprendimiento de calor. Después se tratan los factores de que dependen las propiedades del hormigón, como son: resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y de Poisson, fluencia lenta, cambios de volumen, permeabilidad, resistencia al cizalle, propiedades térmicas y durabilidad; en este capítulo se presentan 7 tablas con las propiedades del hormigón de las presas más importantes de EUA y de Europa. En el capítulo sobre construcción se señalan las modalidades y precauciones especiales que exige el hormigón en masa, en lo que se refiere a medición de los materiales, mezclado, colocación, curado, moldaje, alturas de capas de hormigonado, enfriamiento y control de temperatura y "grouting" de las juntas de construcción. El último capítulo se refiere al comportamiento del hormigón en masa, en que se hace hincapié sobre las tensiones de origen térmico y la preven-

ción de grietas, se analizan los cambios de volumen y el desarrollo y la disipación del calor; en este capítulo se dan curvas, tablas y ábacos para calcular la elevación de temperatura y se ilustra su aplicación con varios ejemplos de cálculo del tiempo de enfriamiento en diversas condiciones.

Por último se presenta una lista de 52 referencias bibliográficas.

E.G.

\* \*

#### *Propiedades de pastas de cemento preparadas por compactación a alta presión.*

SKALNY, J. P. y BAJZA, A. Properties of cement pastes prepared by high pressure compaction. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings*, vol. 67, n° 3 (marzo 1970) pp. 221 - 227.

Se presentan algunas informaciones relacionadas con las propiedades físicas de pastas de cemento de muy baja porosidad, que se obtuvieron por compactación a gran presión. En ellas se determinaron las resistencias a la compresión y al hendidamiento, el módulo de elasticidad, la densidad, la porosidad y la cantidad de agua no evaporable en relación con la relación agua cemento y con la presión aplicada. Se hicieron también algunas determinaciones con mortero. Los resultados se analizan y se comparan con los de otros autores.

Las razones agua-cemento usadas en las pastas fueron muy bajas, 0.06 y 0.10, y las presiones de compactación, de 500, 1.000 y 1.500 kgf/cm<sup>2</sup>. Se obtuvieron algunas resistencias superiores a 2.000 kgf/cm<sup>2</sup> en pasta de cemento y módulos de elasticidad de hasta 600.000 kgf/cm<sup>2</sup> en mortero.

Se considera que esta es una etapa preliminar de la investigación y que pronto será posible usar las técnicas desarrolladas para preparar pastas de cemento de alta calidad y, posiblemente, morteros para aplicaciones especiales.

### **Instalación de una red de acelerógrafos en Chile.**

SANHUEZA, P. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, 1969, 107 pp.

Chile es un país eminentemente sísmico por lo que es de gran importancia para la investigación, la instrumentación adecuada del país para los estudios de ingeniería sísmica y de sismología. En este caso el instrumento apropiado sería el acelerógrafo, y es indispensable el estudio de la ubicación de estos instrumentos para su aprovechamiento.

Este trabajo reúne la mayor cantidad de antecedentes de los lugares en los cuales se encuentran instalados los acelerógrafos en cuanto a condiciones del subsuelo, calidad de éste, composición de los estratos y profundidad del basamento rocoso.

También se estudia la posible ubicación de futuros instrumentos tomando en cuenta el riesgo sísmico de distintas zonas del país y el subsuelo.

A la fecha de este trabajo existían en Chile los siguientes acelerógrafos: Antofagasta, Copiapó, Valparaíso, Santiago, Concepción (2) y San Vicente.

Simultáneo a este estudio, se distribuyeron otros diez instrumentos, como sigue: Arica, Chuquicamata, Vallenar, La Serena, Santiago, Talca, Temuco, Valdivia y Puerto Montt.

El criterio de instalación de los instrumentos es obtener a lo menos un registro para un sismo que ocurra en cualquier punto de zonas sísmicamente activas del país. Además, en ciudades importantes en que se cuente con instrumentos en distintos tipos de suelos, obtener registros en cada uno de ellos.

En este trabajo se dan las estratigrafías de aquellos lugares ya mencionados, que cuentan con acelerógrafos y los correspondientes espectros de amplificación de cada lugar.

El trabajo está dividido en los siguientes capítulos:

1. Introducción
2. Características de los acelerógrafos. En este capítulo se presentan las bases teóricas y mecánicas de estos instrumentos.

3. Importancia de las características del subsuelo en la instalación de acelerógrafos. Criterio de instalación. Espectro de amplificación. Espectro de Fourier. Amplificación real.

4. Instalación en Chile. Aplicando los conceptos anteriores se describen las características del suelo de cada estación en Chile y se dan los espectros de amplificación además de la calibración hecha al instrumento.

5. Riesgo sísmico. Se da una lista de los sismos que han afectado al país desde 1543 a 1967 y se hace un cálculo del riesgo sísmico para cada estación instrumentada. Se usa una distribución logonormal y una distribución de Poisson.

Las principales conclusiones son: Las zonas de más alta sismicidad, que cuentan con un acelerógrafo son: Copiapó, Vallenar, Santiago, Arica, Valparaíso.

Los mejores modelos del subsuelo obtenidos en este estudio son: Santiago, Concepción y Valdivia.

Es necesario tener en una misma ciudad instrumentos en roca y en distintos suelos, para estudio de la amplificación.

Esta memoria fue realizada con el patrocinio de la Sección Mecánica de Suelos de IDIEM y dirigida por los profesores C. M. Duke de UCLA, Edgar Kausel y Peter Welkner del Departamento de Geofísica y Sismología y Eugenio Retamal de IDIEM.

R. LASTRICO

\* \*

### ***Ecuación de la fluencia lenta y de la retracción del hormigón basada en principios termodinámicos de sistemas polifásicos.***

BAZANT, Z. P. Constitutive equation for concrete creep and shrinkage based on thermodynamics of multiphase systems. *Matériaux et constructions*, vol. 3, nº 13 (enero-febrero 1970) pp. 3 - 36.

El problema de la fluencia lenta y de la retracción del hormigón ha sido abordado principalmente desde un punto de vista empírico y en condiciones de humedad y temperatura constantes. En tales condiciones se han establecido leyes que ligan

las tensiones con las deformaciones a lo largo del tiempo. Sin embargo, para conocer totalmente el fenómeno se requiere investigar la microestructura interna de la pasta del cemento y comprender los principios físicos que entran en juego.

En este trabajo se busca establecer un modelo para deducir el comportamiento macroscópico de la pasta. Se utilizan las ideas de Powers sobre la constitución de la pasta la cual se trata como un medio multifásico. Además de las condiciones de equilibrio estático entre fases se introducen las condiciones de equilibrio termodinámico entre varias fases de agua y se investiga la difusión local del agua a escala microscópica. Aunque la respuesta retardada de la deformación se describe en términos del agua adsorbida, la ecuación de constitución que se propone admite también el efecto del agua químicamente ligada y del agua capilar, así como el efecto de disolución de materia bajo carga y su recristalización. Además se estudia brevemente la difusión macroscópica en el hormigón y la distribución de humedad. Como término del trabajo se presentan los resultados del cálculo por computadora de varios ensayos de fluencia lenta, retracción y expansión térmica basándose en la ecuación de constitución.

### *Ingeniería antisísmica.*

WIEGEL, R.L., coordinador de la edición. Earthquake engineering. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1970, 518 pp.

A través de 20 artículos escritos por 15 prominentes geólogos e ingenieros especialistas se da un panorama del estado de avance de la ingeniería antisísmica.

Los primeros capítulos del libro tratan del conocimiento y origen de los terremotos, causas y características de las ondas elásticas y grandes desplazamientos tectónicos. Sigue a estos primeros artículos un detallado análisis de daños, comportamientos de estructuras y suelos durante un terremoto y tsunami, acompañado de una descripción de test dinámico que ayudarán a la concepción de modelos tendientes a interpretar los fenómenos dinámicos y facilitarán el diseño de estructuras que soporten este tipo de esfuerzos. El libro concluye con una serie de artículos dedicados al moderno diseño de estructuras, usando en estos análisis teorías lineales y no lineales.

La ordenación de los temas es tal que forma un todo como libro, pero cada artículo es una excelente descripción de la evolución y estado actual de cada tema tratado.

P. ACEVEDO

